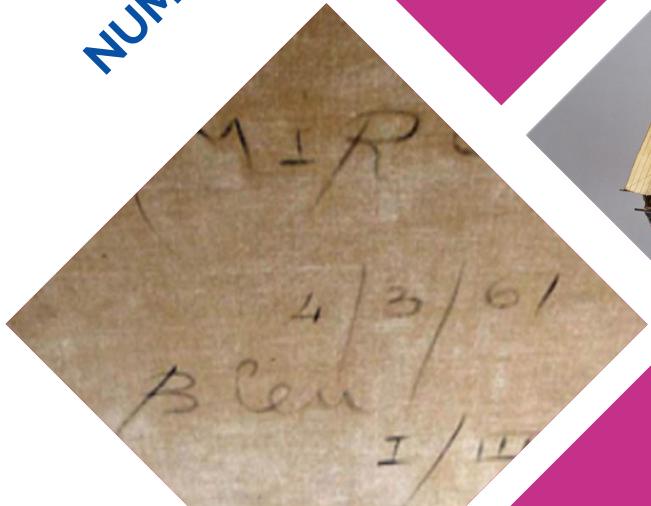




Conservation
Restauration
du patrimoine culturel

NUMÉRO 6 - NOUVELLE SÉRIE
SEPTEMBRE 2023



CoRé

Revue de la SFIIC
(Section française de l'Institut International de Conservation)
29 rue de Paris, 77420 Champs-sur-Marne
core@sfiic.com
Publication électronique
ISSN 2742-2062

Directeur de Publication : Mireille Klein

Comité de rédaction : Ann Bourgès, Isabelle Cabillic-Quardon,
Rémi Catillon, Lise Leroux, Lorraine Mailho,
Aude Mansouri, Dominique de Reyer

Coordination : Rémi Catillon, Lorraine Mailho

Réalisation : Céline Besson

Maquette : MkF éditions

CoRé

N° 6

Nouvelle série

Septembre 2023

Éditorial

Le mois de septembre est désormais devenu le second rendez-vous dans l'année des lecteurs de Coré, et permet de diffuser une sélection d'articles autour de l'activité de ses différents groupes.

L'année 2023 a pleinement retrouvé un rythme dynamique autour des journées d'études avec la tenue de sessions hybrides qui élargissent notre audience.

Dès le 3 février, le groupe Textile a examiné la thématique de la relation avec le papier, puis le 26 mai le groupe Pierre-Plâtre-Terre a présenté le fruit de plusieurs années de travail autour des albâtres, et le 23 juin, la section Peinture s'est interrogée sur le choix des matériaux de restauration. Suivra le 6 octobre une réflexion du groupe Bois autour des matériaux très dégradés, avant de clôturer avec une journée sur la dorure en fin d'année.

La création d'un groupe autour du patrimoine contemporain permettra de mettre en place une journée d'études en 2024. Enfin, la SFIIC a également été sollicitée pour accueillir une nouvelle branche autour de la peinture murale, selon une acception très large, englobant la notion de décor mural.

La création – ou re-création – de ces deux groupes supplémentaires montre à quel point la communauté professionnelle a besoin de cadres d'échanges et de partages des questionnements et des bonnes pratiques à un niveau national et dans un contexte associatif. Ces démarches sont probablement un indicateur de reconnaissance de la SFIIC, et ceci grâce à la qualité des communications présentées tout au long de l'année, et à l'engagement des coordinateurs. La revue espère pouvoir contribuer également à la diffusion de ces travaux !

Le numéro 6 publie des communications présentées lors des journées d'étude de l'année 2022, ainsi qu'un article proposé à la revue via le site Internet de l'Association, dans son appel permanent que nous incitons tous nos lecteurs à exploiter ! Ces articles soulignent combien l'évolution et l'innovation en matière de protocoles de conservation-restauration sont liées aux recherches menées par les scientifiques, permettant ainsi de toujours mieux objectiver les choix en s'assurant du respect des principes et de l'éthique de notre domaine.

Bonne lecture !

Mireille Klein
Présidente de la SFIIC

Sommaire

P.4

DES COLORANTS À L'ÉTUDE : UNE PARTICIPATION DU MUSÉE DES ARTS ET MÉTIERS AU PROJET *CHROMOTOPE*.

Irene BILBAO ZUBIRI, Anne-Laure CARRE, Agnès MEYNARD

P.19

FAÇONNER ET REFAÇONNER : UNE SECONDE VIE POUR LES TEXTILES EMPESÉS.

Anastasia OZOLINE, Romain BOURGEOIS

P.37

ÉVALUATION DE L'ALTÉRATION ET DES TRAITEMENTS DE CONSERVATION DES GRANITES : LE CAS DU SITE DE CAURIA.

Philippe BROMBLET, Solène CHATAIN, Jean-Marc VALLET

P.51

PROCESSUS D'ALTÉRATION DE LA KERSANTITE : UNE APPROCHE EN MÉCANIQUE DE LA RUPTURE.

Mathilde TIENNOT, Jean-Didier MERTZ, Ann BOURGÈS

P.61

CHÂSSIS À TENSION AUTORÉGULÉE, DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE.

Alain ROCHE

P.76

L'APOTHÉOSE DE SAINT-Louis : RETRAITABILITÉ D'UNE INTERVENTION GRÂCE À LA TENSION AUTO-RÉGULÉE.

Justine SIONNEAU, Antonio IACCARINO IDELSON

P.90

ALTÉRATIONS LIÉES À L'UTILISATION D'EAU JAPONAISE SUR LES MODÈLES DU MUSÉE NATIONAL DE LA MARINE.

Ariane THEVENIAUD

DES COLORANTS A L'ETUDE : UNE PARTICIPATION DU MUSÉE DES ARTS ET METIERS AU PROJET *CHROMOTOPE*¹

Irene BILBAO ZUBIRI, ingénierie d'études en chimie

Sorbonne Université, Projet Chromotope

irene.bilbao.zubiri@gmail.com

Anne-Laure CARRE, responsable des collections Matériaux

Musée des Arts et Métiers

anne-laure.carre@lecnam.net

Agnès MEYNARD, responsable du service de l'inventaire, administratrice de la base de données des collections

Musée des Arts et Métiers

agnes.meynard@lecnam.net

LE PROJET CHROMOTOPE

Le Conservatoire national des arts et métiers et le musée des Arts et Métiers participent au projet ERC *Chromotope, the 19th century chromatic turn*² qui a débuté en 2019 et qui associe Sorbonne Université et l'Université d'Oxford sous la houlette de Charlotte Ribeyrol, membre de l'Institut universitaire de France et spécialiste de littérature anglaise. Ce projet résolument pluridisciplinaire, explore la place de la couleur dans l'Angleterre victorienne sur le plan de la culture visuelle, de la littérature, mais aussi des sciences et techniques au tournant des années 1860 lorsque se développent les colorants de synthèse. Les attendus du projet sont multiples, l'un des principaux est une exposition intitulée *Colour Revolution: Victorian Art, Fashion and Design*, présentée de septembre 2023 à mars 2024 à l'Ashmolean Museum d'Oxford. Le projet comporte également des volets d'étude et d'analyse scientifiques, une base de données reprenant textes et modélisations 3D, au plus près des aspects matériels de la couleur, ainsi que deux colloques internationaux, à Oxford en décembre 2023 et à Paris en septembre 2024.

Bien moins connu que le laboratoire de Michel-Eugène Chevreul à la manufacture des Gobelins, que le milieu des manufacturiers mulhousiens ou celui des fabricants d'indiennes de Normandie, le Conservatoire des arts et métiers, par la personnalité de ses enseignants, la présence de laboratoires, les modèles et échantillons rassemblés dans les galeries du musée, apparaît comme l'un des lieux importants d'enseignement et de recherche sur la chimie des couleurs au XIX^{ème} siècle.

L'histoire des chaires fera l'objet d'une première partie, puis la collection proprement dite sera présentée et enfin la valorisation de celle-ci, par le biais de la base de données des collections, constituera la dernière partie de cet article.

L'ENSEIGNEMENT DE LA TEINTURE ET DE L'IMPRESSION AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS

Le Conservatoire national des arts et métiers est une institution originale et plus que bicentenaire, dont la création, en 1794, répondait au besoin de créer un instrument destiné à encourager l'innovation pour la mettre au profit du plus grand nombre. Placé sous la tutelle du ministère du Commerce pendant tout le XIX^{ème} siècle, le Conservatoire propose à partir de 1819, un haut enseignement technique de science appliquée, sans toutefois délivrer de diplômes ou de titres. Les leçons se déroulent en soirée, pour permettre aux ouvriers parisiens de pouvoir y assister. Les professeurs sont choisis pour leur contribution académique mais également pour leurs liens avec les industriels. La chaire de Chimie appliquée aux arts est l'une des trois premières chaires³. Celles-ci se multiplient, passant de neuf à quatorze à la fin du Second Empire. À la demande de la chambre de commerce parisienne, un cursus particulier dédié à la teinture, à l'impression et à l'apprêt des tissus est créé en 1852. Cet enseignement va perdurer jusqu'aux années 1970 et cinq professeurs vont s'y succéder.

Les enseignants

C'est Jean-François Persoz⁴ (1805-1868), chimiste et surtout praticien reconnu, qui est choisi en 1852 comme premier titulaire. Commis de pharmacie sans formation académique, Persoz se passionne pour la chimie, étudie en autodidacte et s'installe à Paris en 1825. Il suit les cours de Louis-Jacques Thénard au Collège de France qui le remarque et l'engage comme préparateur l'année suivante. En 1826, il isole l'alizarine et la purpurine de la garance, en même temps que Robiquet et Colin. Son mérite lui ouvre les portes de l'université et il est nommé professeur de chimie à Strasbourg en 1833 en ayant passé de manière accélérée tous les diplômes nécessaires. En 1846, il publie chez Masson, son ouvrage le plus célèbre : *Traité théorique et pratique d'impression des tissus* qui comprend quatre volumes et un atlas de planches. Le contenu de son cours au Cnam, qui est connu par l'intermédiaire d'un cahier manuscrit⁵, reprend largement le propos du Traité. En 1851 Persoz est désigné comme rapporteur de la classe Teintures et impressions à l'Exposition universelle de Londres. Il sera également rapporteur en 1855 lors de l'exposition parisienne ainsi qu'en 1862 à la seconde Exposition universelle de Londres. Il reconnaît immédiatement l'importance des colorants artificiels et parle d'une « révolution » dans l'art tinctorial et avertit que le savoir-faire et les recettes des praticiens teinturiers vont être largement remis en cause.



Fig 1 —

Charles Méneret, Société anonyme des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis, 1926 (imprimé sur papier, inv. 89.02.01).

© Musée d'art et d'histoire Paul Eluard / I. Andréani.

Suite au décès de Persoz, le Conservatoire confie en 1868 sa chaire à Victor de Luynes (1828-1904) dans un cadre élargi aux industries du verre et de la céramique, bien trop vaste pour rendre compte des changements profonds traversés par le secteur de l'impression. Néanmoins Luynes a joué un rôle lors de l'affaire du procès Renard sur les brevets de la fuchsine⁶.

La nomination de Daniel Rosenstiehl (1839-1916) en 1905, puis celle d'André Wahl (1872-1944) après la Grande Guerre marque le retour de praticiens renommés. Forts de leurs expériences industrielles, à l'étranger, mais surtout à la Société des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis, tous deux insistent alors sur la pratique du laboratoire et sur les travaux dirigés pour former une génération de chimistes coloristes français et étrangers (Fig.1). A partir de 1918, commence une période florissante pour l'enseignement de la chimie tinctoriale au Conservatoire. L'ambition d'André Wahl pour son enseignement passe par la mise en place de travaux de laboratoire poussés (Fig.2), le recrutement de nombreux étudiants étrangers, et une implication à tous les niveaux de la recherche, en particulier au travers des revues spécialisées, comme la *Revue générale des matières colorantes*, l'une des principales du domaine (Fig.3).

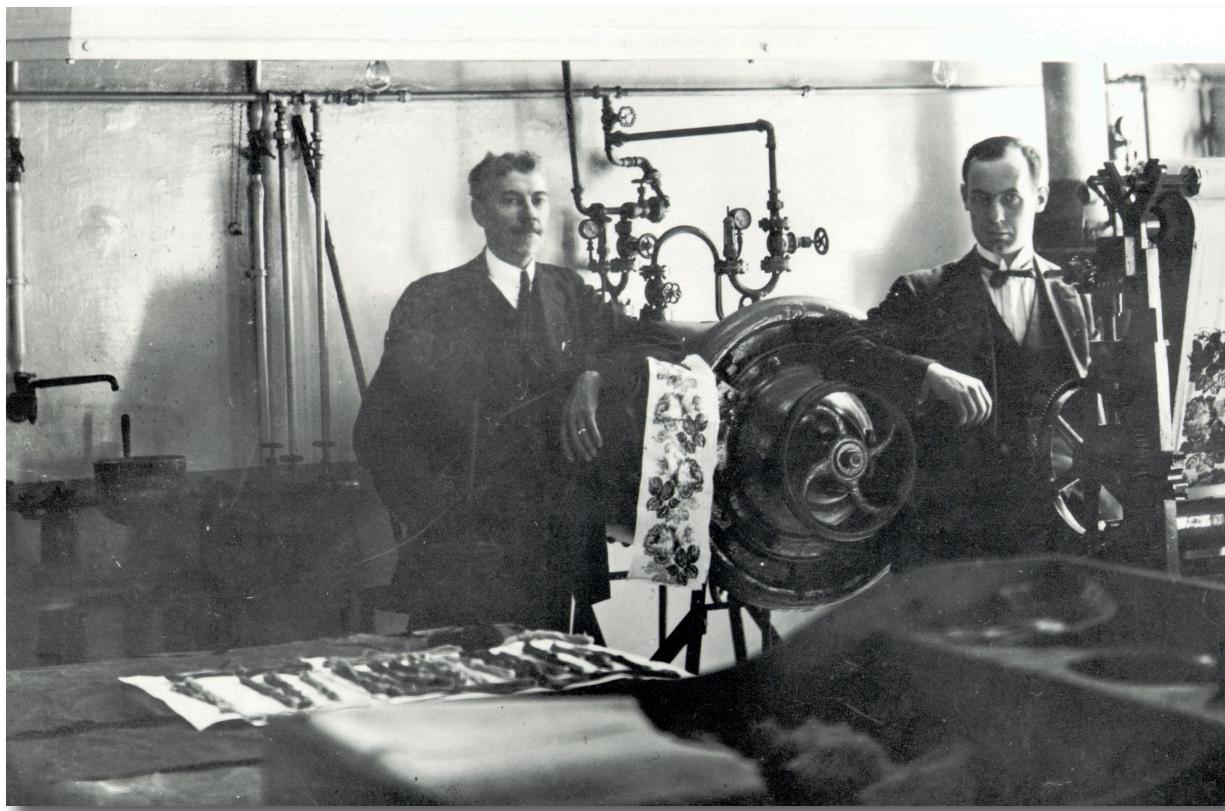
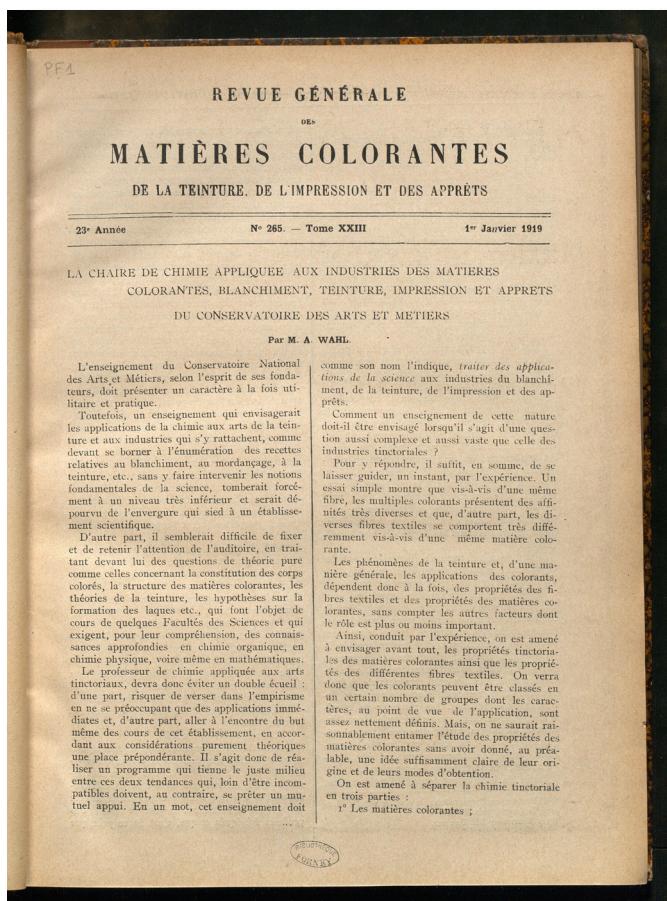


Fig 2 ■

André Wahl au laboratoire de Chimie tinctoriale, 1920-1925.

© Cnam.



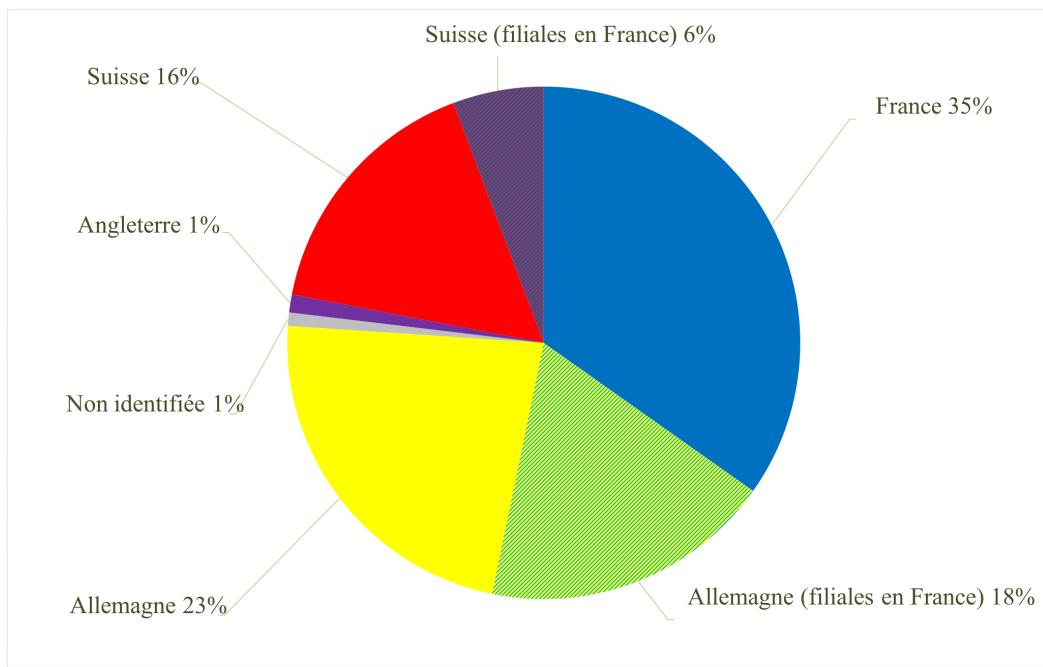
Wahl, comme Rosenstiehl, était passé par le laboratoire de la Société des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis et entretenait de nombreux liens avec les industriels du secteur. Il constitue une collection de produits colorants, régulièrement agrandie sous la responsabilité des préparateurs de la chaire.

Le dernier titulaire de la chaire, Léon Denivelle (1905-1992) est nommé dans des conditions dramatiques car André Wahl a été destitué par les lois anti-juives de Vichy, déporté et assassiné. Il abandonne la spécificité de la chaire au profit de thématiques plus générales de chimie organique, et se tourne en particulier vers la pharmacie.

Fig 3 ■

Revue générale des matières colorantes, 1919.

© Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers
- <http://cnum.cnam.fr/>.

**Fig 4**

Distribution de la provenance des flacons.

LA COLLECTION DE COLORANTS DU MUSÉE DES ARTS ET MÉTIERS

En 2001, la collection de colorants constituée par André Wahl est donnée au musée des Arts et Métiers lorsque la chaire de Chimie organique est obligée de quitter ses anciens locaux. Des flacons dispersés rejoignent l'ensemble en 2003, 2008 et encore 2011, ainsi que le répertoire qui les renseigne.

Une collection d'origine européenne

Cette collection, témoignage de l'évolution de l'industrie chimique au XX^{ème} siècle, a été constituée au laboratoire de Chimie tinctoriale de 1918 à 1970 et était destinée à la teinture et l'impression de tissus. La collection se compose de 2632 contenants provenant de quatre pays européens. Si l'on considère les sites de production, plus de la moitié des flacons ont été produits en France (60%), alors que 22% vient d'Allemagne. La production suisse quant à elle représente 16% de la collection. Enfin, la Grande-Bretagne est le pays le moins représenté avec moins de 1% des colorants (Fig.4). Ces quatre pays ont joué un rôle important dans la naissance et le développement de l'industrie des matières colorantes : pensons à la découverte en 1856 par W.H. Perkin en Angleterre du premier colorant de synthèse, la mauvéine, ou bien à celle de la fuchsine par le français F.-E. Verguin en 1858, commercialisée un an plus tard⁷.

Vingt-cinq manufactures ont produit les colorants de notre collection. Les plus représentées en nombre de flacons sont la Société pour l'Industrie Chimique à Bâle (386 flacons) et la Compagnie Française des produits chimiques et matières colorantes de Saint-Clair-du-Rhône (352 flacons), qui représentent chacune entre 13 et 15%. Se trouvent ensuite la Farbenfabriken vormals F. Bayer & Co. (288 flacons), les Etablissements Kuhlmann (284 flacons) et la Manufacture lyonnaise des matières colorantes (281 flacons) qui représentent chacune 11% de la collection. A l'inverse, dix sociétés sont très peu présentes, de l'ordre de 1 ou 2%, comme la SOPI, filiale française d'I.G. Farbenindustrie, avec seulement 3 flacons.

■ Fig 5

Containants en verre, en métal et en plastique de la collection.

© Musée des Arts-et-Métiers, Cnam/Irene Bilbao.



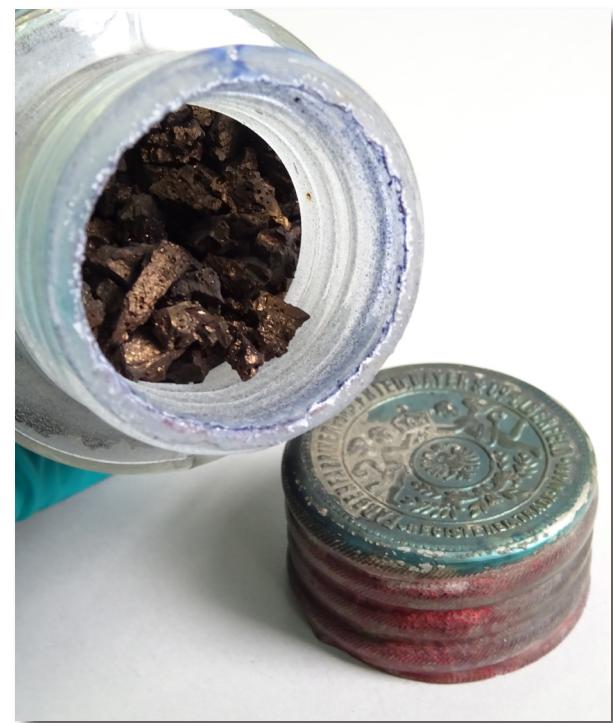
Dans le cadre du projet Chromotope, une étude systématique consistant à effectuer des mesures, des pesées, des descriptions et des photographies de chaque flacon a été réalisée. La quasi-totalité des 2632 contenants, soit 97% de la collection, est constituée de flacons en verre, mesurant entre 8 et 26 centimètres. Les 3% restants sont les 76 contenants métalliques de la manufacture suisse Durand & Huguenin et les 15 contenants plastiques provenant de Francolor (Fig.5). Chaque contenant porte une étiquette avec le nom du colorant, celui de la manufacture et, dans la moitié des cas, le site de production. Enfin, une pastille crantée avec un numéro manuscrit est également collée sur chaque objet. Les colorants sont pour la majorité en poudre, cependant 69 se présentent sous la forme d'amas, 17 sont sous forme de cristaux, comme la Fuchsine diamant petits cristaux de Bayer (Fig.6), et quelques rares colorants sont sous forme liquide.

■ Fig 6

Exemple de colorant sous la forme d'amas :

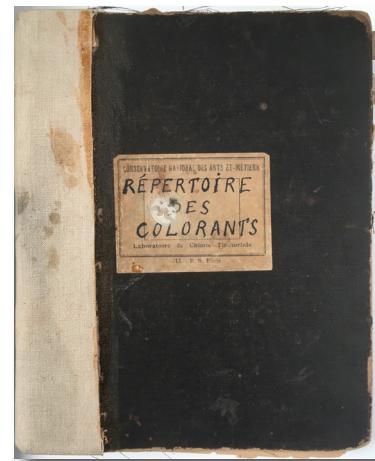
Bleu pour papier RP (Bayer n° 263).

© Musée des Arts-et-Métiers, Cnam/Irene Bilbao.



■ Fig 7

Couverture du Répertoire des colorants.
© Musée des Arts-et-Métiers, Cnam/service de l'inventaire.



Une étude interdisciplinaire, entre histoire et chimie

La collection a été listée dans un cahier manuscrit non-paginé, intitulé le *Répertoire des colorants*, dont nous ne savons de façon exacte ni l'année de constitution, ni l'identité des auteurs. Une étiquette apposée sur sa couverture mentionne le Conservatoire national des arts et métiers et le Laboratoire de Chimie Tinctoriale (Fig.7). La reliure, fragile, est en demi-toile et assemble des cahiers cousus avec un fil épais. Les tranches supérieure, inférieure et de gouttière sont quant à elles dérégées et les bords sont particulièrement émoussés. Le *Répertoire* a été notre point de départ dans l'étude de la collection malgré le peu d'informations dont nous disposons sur sa constitution. À chaque colorant est associé, en marge gauche de la page, un numéro qui correspond aux numéros sur les étiquettes crantées mentionnées ci-dessus, que nous appelons numéro de substitution, et qui permet d'identifier chaque flacon lorsque l'étiquette est dégradée, perdue, ou bien pour distinguer les différents exemplaires d'un même colorant (Fig.8). De courtes languettes avec les noms des manufactures, dépassant du bord des pages, permettent de circuler facilement dans le *Répertoire*. Pour chaque

entreprise, les colorants sont classés à la suite avec parfois des annotations qui renseignent sur leur nature chimique ou sur leur numéro d'identification dans le *Colour Index* de 1924⁸. Ce cahier mentionne 3196 références alors que le travail d'inventaire a révélé 2632 flacons présents au musée. Ainsi 82% de la collection a été conservée.

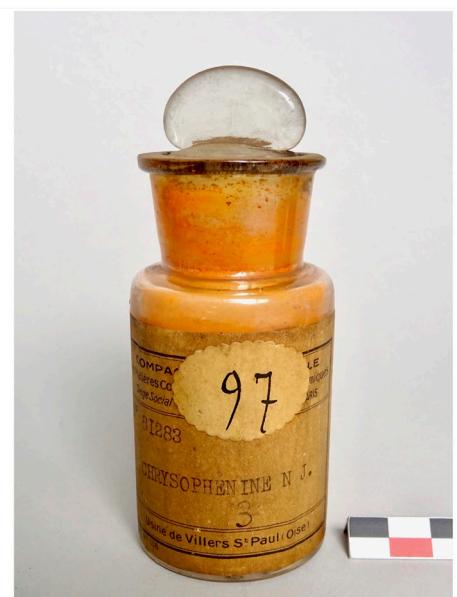
Nous avons précisé pour chaque colorant identifié la nature chimique du composé en recherchant leur numéro CAS⁹, ainsi que leur nom générique et leur numéro de constitution dans le *Colour Index* actuel. La formule brute, le poids moléculaire et enfin la formule topologique ont aussi été relevés. En plus de ces recherches sur les propriétés chimiques, un travail bibliographique a également été mené pour retrouver l'année de découverte ainsi que le chimiste ou la manufacture à l'origine de la synthèse. Ces recherches ont permis de dater plus précisément les colorants et la collection à partir de sources de la fin du XIX^{ème} et du début du XX^{ème} siècle. Ce sont les catalogues des manufactures¹⁰, les revues spécialisées, notamment la *Revue Générale des Matières Colorantes*¹¹, et enfin l'édition du *Colour Index* de 1924.

■ Fig 8

Page du Répertoire des colorants et flacon de Chrysophénine NJ (Établissements Kuhlmann n° 97).

© Musée des Arts-et-Métiers, Cnam/
service de l'inventaire.

| | |
|-----|--------------------------|
| 46 | Brun au chrome acide N.S |
| 43 | " de résorcin N.R.N. |
| 31 | " " |
| 27 | Catichine diazol N.B |
| 42 | " " N.J |
| 33 | Croccine brillante N.3.B |
| 34 | Chromotrope N.F.4.B |
| 37 | " N.F.B |
| 75 | " N.Z.R |
| 165 | " N.Z.B |
| 38 | Garmoisine N.S |
| 44 | Chrysoidine N.R extra |
| 51 | " N |
| 97 | Chrysophénine N.J |
| 26 | Coumine sulfanil N.P |
| 220 | " solide N.B (base de) |
| 76 | Cachou sulfanil N.5.J |
| 81 | " " N.Z.R |
| 201 | " " N.R |



L'expansion de l'industrie des colorants européenne

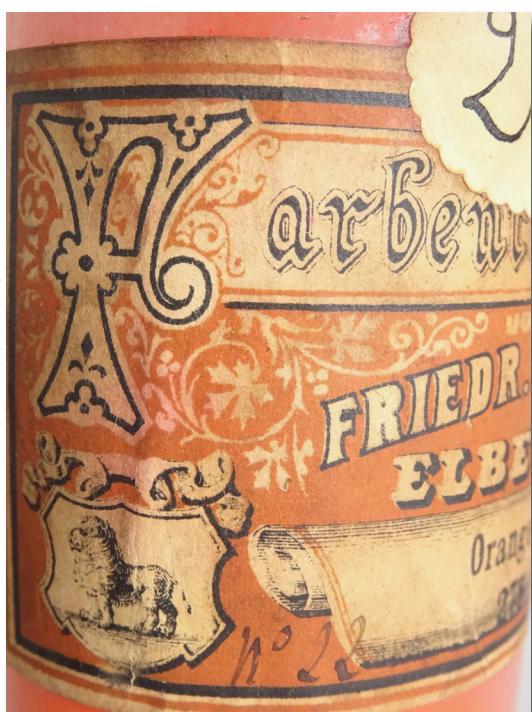
Connaître l'histoire des manufactures, des maisons mères, de leurs filiales, ainsi que celle des usines, est indispensable pour comprendre la provenance de la collection¹². Notons également que ce sont les mêmes manufactures qui ont développé la production de colorants, l'industrie pharmaceutique et l'industrie photographique, devenant ainsi des conglomérats industriels importants tels que Bayer, AGFA ou la Société Chimique des Usines du Rhône (SCUR) qui deviendra par la suite Rhône-Poulenc¹³. Dès la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, les manufactures européennes se sont développées à travers des filiales à l'étranger, parfois sous des noms différents comme la maison mère allemande Meister Lucius & Brüning, basée à Hoechst-sur-le-Main, qui a racheté une usine française pour fonder la Compagnie Parisienne des Couleurs d'Aniline en 1883¹⁴. Parmi celles qui ont conservé leur nom lors de leur extension à l'étranger, citons le cas significatif de Bayer, fondée en 1863 à Wuppertal en Rhénanie du Nord-Westphalie.

Deux sites de production apparaissent sur les étiquettes des flacons de Bayer de la collection : Elberfeld en Allemagne et Flers en France, où une usine de la firme s'installe en 1882¹⁵. Cette installation à l'étranger avec le nom de la maison mère témoigne de la volonté de Bayer de dominer la production européenne des matières colorantes. Dans les années 1870, l'Allemagne domine l'industrie tinctoriale sans que la guerre franco-prussienne n'ait eu de répercussions sur le marché des colorants¹⁶. Elle exporte les produits intermédiaires en France jusqu'à la Première Guerre mondiale, moment où l'importation s'interrompt brusquement¹⁷. Les flacons de Bayer fabriqués à Elberfeld ont des étiquettes rédigées en français, ce qui signifie qu'ils étaient également destinés au marché hexagonal. Par ailleurs, la différence de conception des contenants et des étiquettes entre les deux pays est notable¹⁸. Contrairement aux sobres étiquettes françaises, bicolores à encre noire sur fond blanc, les étiquettes du site allemand, richement exécutées et au caractère ornemental, portent une lettre capitale, un cartouche dans lequel figure le nom du colorant et une armoirie qui représente un lion, symbole de la manufacture à la fin du XIX^{ème} siècle (Fig.9). Ces différences de conception restent à ce stade de l'étude inexplicables, peut-être est-ce une adaptation au marché ou aux ressources disponibles sur le site, ou bien est-ce le symbole de deux logiques marchandes et deux stratégies de publicité.

Au regard des informations succinctes que nous avons collectées sur la constitution de cette collection, il est difficile de savoir si elle était destinée à l'origine à des industriels comme échantillons ou à des professeurs pour l'enseignement de la teinture au Conservatoire. Cette dernière option semble tout de même la plus plausible.

Fig 9 —

Etiquette type provenant de l'usine Bayer d'Elberfeld en Allemagne.
© Musée des Arts-et-Métiers, Cnam/Irene Bilbao.



■ Fig 10

Reconditionnement du colorant Flavanthrène R
(Badische Anilin & Soda Fabrik n° 57).

© Musée des Arts-et-Métiers, Cnam/Agnès Chouinet.

**Les problèmes de conservation**

L'ensemble de la collection est en bon état de conservation. Les bouchons en verre, majoritaires, sont pour la plupart bien conservés, ceux en métal présentent quelques cas isolés de déformation et enfin les bouchons en liège, minoritaires, quelques fractures très ponctuelles. Pour la quasi-totalité des flacons provenant des manufactures AGFA, BASF et SCUR les étiquettes sont pulvérulentes sur l'ensemble de leur surface, très probablement en raison de la qualité du papier et des mauvaises conditions de conservation. Une cinquantaine de flacons de Bayer ont perdu leurs étiquettes principales, mais aussi celles contenant le numéro de substitution. Nous avons donc fait des hypothèses sur leur composition à partir des fragments d'étiquettes encore visibles et des teintes du produit en présence, mais aussi en se référant au Répertoire. Cependant, ces hypothèses reposent souvent sur un nombre restreint d'éléments et ne sont pas satisfaisantes pour pouvoir identifier ces produits avec certitude.

Durant l'inventaire, nous avons rencontré 46 flacons cassés, fissurés ou corrodés qui n'ont pas été conservés pour la patrimonialisation car leur manipulation présentait un risque chimique. Dans la mesure où il n'était pas possible de les conserver, le choix a été fait de réaliser un prélèvement afin d'en garder un échantillon (Fig.10).

Environ 17% des flacons conservent leur bouchon d'origine en verre, recouvert d'une cire, d'un papier ou d'un cuir attachés avec une ficelle, et n'ont jamais été ouverts. Ces matériaux de protection sont souvent déchirés ou lacunaires. Par ailleurs, même si la majorité des colorants semblent en bon état de conservation, des dégradations spécifiques à certaines familles de colorants comme les indigoïques ou les colorants au soufre sont apparues, comme par exemple le Carmin d'indigo de Saint-Denis (Fig.11) : des composés secondaires, qui n'ont pas été analysés à ce stade, sont issus de la dégradation des colorants et se sont développés à la jonction entre le col du flacon et le bouchon, jusqu'à parfois se propager tout autour du flacon. Enfin, une minorité d'objets présente des signes légers de corrosion du verre avec des zones blanchies sur leurs parois internes, qui est probablement due au contact prolongé du verre avec un colorant acide.

■ Fig 11

Altération pulvérulente du Carmin d'indigo (S.A. des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis n° 8).

© Musée des Arts-et-Métiers, Cnam/Irene Bilbao.



INTÉGRER LES DONNÉES DE CETTE ÉTUDE DANS L'OUTIL DE GESTION DES COLLECTIONS : POURQUOI ET DANS QUEL CADRE ?

Le statut de cette collection, et le souhait de l'équipe de recherche du musée de la voir affectée au sein d'une collection nationale conservée par un musée labellisé « Musée de France », a largement orienté la manière dont a été réalisée cette étude, et nous a amené à intégrer dès le début de ce projet la question du versement de ces informations dans l'outil de gestion des collections.

Le contexte

D'un point de vue juridique, cette collection est considérée comme du « matériel d'études », ensemble d'objets nécessitant d'être triés et étudiés par les responsables scientifiques avant leur intégration, ou non, aux collections patrimoniales et leur affectation au musée. En l'absence de ce statut patrimonial, elle ne peut donc être inscrite à l'inventaire réglementaire du musée, registre papier infalsifiable¹⁹. Par contre, la gestion des objets, quel que soit leur statut, étant informatisée au sein d'une base documentaire, nous souhaitions pouvoir y intégrer toutes les données disponibles sur chacun des colorants. En effet, un système informatique a été mis en œuvre dès les années 1980 et, depuis 2007, le progiciel TMS (The Museum System) permet d'agrégner tout type de données sur les objets ainsi que sur leur « vie au sein des collections », cette centralisation facilitant par la suite la recherche, le partage et la diffusion de l'information. Pour chaque objet, sont ainsi reportées, au sein d'une notice, les mêmes informations que celles renseignées dans un inventaire réglementaire : des données relatives au

statut juridique du bien et aux conditions de son acquisition ainsi que d'autres mentions portant sur sa description (désignation, inscriptions, matériaux et techniques, dimensions, état général) et son identification (auteurs, date ou époque, fonction et usage, provenance géographique, anciens numéros d'inventaire). Elles sont également enrichies d'autres informations telles que sa localisation, l'historique des mouvements, les dossiers de prêt, de dépôt ou d'exposition, des rapports d'expertise, de restauration, une bibliographie, des photographies, de la documentation...

Cette intégration était d'autant plus indispensable qu'un des objectifs de ce travail de recherche est d'en avoir une meilleure appréhension permettant de justifier, auprès des commissions compétentes, de l'intérêt de lui attribuer un statut patrimonial, de l'inscrire à l'inventaire réglementaire du musée, et de la rendre ainsi inaliénable et imprescriptible. Deux précédents chantiers, beaucoup plus courts, ont été menés en 2007 puis en 2016 afin de classer les colorants par société productrices et d'établir un premier listing comparatif avec le *Répertoire des colorants* évoqué précédemment. Cependant, l'inventaire restait très parcellaire, et seule une notice contenant peu d'informations était disponible dans TMS. Crée en 2016, elle ne signalait qu'une quarantaine de colorants, sélectionnés dans le cadre de l'exposition temporaire *Les Meilleurs Ouvriers de France*²⁰. Que ce soit pour des raisons de statut, d'identification ou de gestion, le volume et la qualité des données disponibles s'avéraient donc insuffisants.

■ Fig 12
Notice objet dans TMS.

L'intégration des données au sein du système de gestion des collections

Au vu des connaissances et de l'information disponible sur ces colorants, il était indispensable de pouvoir intégrer, efficacement et massivement, dans TMS un maximum de données concernant cette étude. Nous avons donc conçu un tableau Excel offrant à la fois la possibilité de pouvoir manipuler et traiter automatiquement les données, et de les intégrer rapidement dans TMS. Pour chaque flacon, 29 champs étaient ainsi à compléter. Pour certains, la saisie libre était possible; pour d'autres l'utilisation de listes ou thésaurus a été privilégiée pour simplifier par la suite le traitement et l'exploitation des données. Cela a permis d'automatiser la création de 2 633 notices dans TMS : une « fiche-mère » présentant l'ensemble de la collection de colorants et, pour chaque flacon, une notice objet avec un constat d'état.

FLACON DE COLORANT : ALIZARINE IRISOL R

Inv. C-2021-0017-009-
Numéro dans le répertoire des colorants : 33



© Musée des arts et métiers, Cnam / Photo Irénée Bilbao

| | |
|--|---|
| Fabrication: | 1916-1970 |
| Auteur matériel: | Bayer |
| Donateur par don: | CNAM - Chaire de chimie tinctoriale |
| Provenance: | CNAM - Chaire de chimie tinctoriale |
| Département | Objet Cnam |
| Nature de l'objet | Objet grandeur réelle |
| Type d'objet | Unique, 1 objet |
| Description | Flacon bouché portant une étiquette. Colorant bleu-violacé |
| Observation inventaire | Dans le répertoire des colorants, le numéro d'identification dans le Colour Index est annoté à la main à droite de certains noms de colorants : "1073". Il s'agit du numéro d'identification d'une classification ancienne. |
| Matériaux | Colorant (poudre). Verre Papier |
| Dimensions | 8,2 x 4 cm, 100 g. (2022-01-05) |
| Conditionnement | Colorant entreposé dans la caisse n° 4 |
| Etat de l'objet | Bon état (Constat d'état - Etude et pré-inventaire de la collection, Irene Bilbao Zubiri, 04/01/2022) Le colorant présente certaines zones bleues et d'autres violet-noir. |
| Emplacement actuel | CNAM, Saint-Denis, Réserves, Restauration - Laboratoire de chimie |
| Historique des emplacements | But |
| 19/01/2022 CNAM, Non renseigné | Non renseigné |
| 29/09/2021 CNAM, Saint-Denis, Réserves, Restauration - Laboratoire de chimie | Non renseigné |

Une prise de vue ayant été réalisée pour chaque flacon, les photographies ont été intégrées après un travail de renommage et d'ajout des métadonnées nécessaires. Enfin, en fonction des exports souhaités pour l'étude et l'analyse des données, des rapports d'extraction spécifiques ont été conçus aussi bien sous la forme de fiches que de tableurs et de graphiques (Fig.12, 13).

Collection de flacons de colorants de la chaire de chimie tinctoriale du Cnam Fabricants identifiés

| Société pour l'Industrie chimique | 387 | 14,82% |
|---|--------------|--------|
| Compagnie française des produits chimiques et matières colorantes de Saint-Clair du Rhône | 383 | 14,67% |
| Bayer | 288 | 11,03% |
| Manufacture de produits chimiques du Nord | 285 | 10,92% |
| Manufacture lyonnaise de Matières colorantes | 281 | 10,76% |
| Société anonyme des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis | 170 | 6,51% |
| Chemische Fabrik Kalle | 138 | 5,29% |
| B.A.S.F. | 118 | 4,52% |
| Durand Huguenin et Cie | 105 | 4,02% |
| Sandoz | 89 | 3,41% |
| Compagnie parisienne des couleurs d'aniline | 86 | 3,29% |
| Farbwerke vorm Meister, Lucius und Brüning | 77 | 2,95% |
| Griesheim-Elektron | 57 | 2,18% |
| Société chimique des usines du Rhône (S.C.U.R.) | 41 | 1,57% |
| I.G. Farbenindustrie AG | 27 | 1,03% |
| Steiner | 19 | 0,73% |
| Imperial Chemical Industries | 18 | 0,69% |
| Agfa Gevaert | 11 | 0,42% |
| Organico | 8 | 0,31% |
| Compagnie Française des Extraits Tinctoriaux et Tannants (CFETT) | 7 | 0,27% |
| John Leitch and Co., Ltd. | 6 | 0,23% |
| R.A.L. | 5 | 0,19% |
| SOPI | 3 | 0,11% |
| Leopold Cassella et Cie | 1 | 0,04% |
| Rhône Poulenc (Société des usines chimiques) | 1 | 0,04% |
| TOTAL | 2 611 | |

■ Fig 13

Export de données chiffrées extraites de TMS.

Les objectifs

L'absence d'inventaire sur cet ensemble de plus de 2 500 flacons provenant de 25 sociétés différentes n'en facilitait pas la gestion par les équipes du musée : comment les identifier ? les localiser ? les conserver correctement ? les diffuser et les valoriser auprès des publics ?

Le travail de recherche mené sur ce matériel d'études va permettre de répondre aux obligations du Service des Musées de France. En constituant un socle de référence, essentiel pour la connaissance de la collection, il offre aux équipes scientifiques du musée les éléments justifiant de l'intérêt de lui attribuer un statut patrimonial auprès de la commission d'acquisition. De plus, chaque flacon portant un numéro d'inventaire unique et ayant été photographié, ils sont tous clairement identifiables, et ont pu tous être équipés d'un code à barres. Tous leurs mouvements, qu'ils soient liés à la gestion de l'objet au sein des réserves et du musée, à un prêt ou à un dépôt, seront donc enregistrés au sein du système de gestion des collections. Grâce à la réalisation systématique d'un constat d'état, il est maintenant possible de suivre leur état de conservation, et de mettre en place un plan de conservation préventive ou curative pour chacun d'entre eux, ou par lots. Des préconisations et informations spécifiques pourront également être ajoutées. Concernant sa valorisation et sa diffusion auprès des publics, les notices vont pouvoir être diffusées sur le site web institutionnel où elles pourront être consultées en ligne comme téléchargées²¹. Il est également prévu de réaliser un portfolio thématique²² afin de mettre en valeur cette collection sur le site.

Enfin, un des intérêts de cet ensemble est qu'il s'agit d'une collection rare en France de produits synthétisés par les différents producteurs de colorants français et européens, et qu'elle permet ainsi une approche comparative de cette branche ; ce que le volume et la qualité des données désormais disponibles dans l'outil de gestion des collections rendent possibles. Grâce à la structure et l'architecture des données, et aux fonctionnalités de TMS, des exports peuvent être programmés sous des formats très divers. Il est ainsi possible d'extraire automatiquement des statistiques croisées selon différents critères, simplifiant l'analyse comparative, l'étude et la diffusion d'une telle collection de référence ; comme par exemple, faire une étude comparée du nombre de couleurs par fabricant.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'informatisation des données collectées sur cette collection de colorants, étant intégrée dès le début de ce projet, a pu être pensée et organisée en fonction des objectifs de recherche des équipes scientifiques du musée. Elle répond ainsi aux enjeux de cette étude tout en permettant désormais une meilleure conservation, gestion et diffusion de ces objets.

Inventoriée et accessible par de multiples champs, la collection de colorants du musée des Arts et Métiers offre des perspectives d'étude et de recherche complémentaires. Pour réattribuer les colorants de Bayer sans étiquettes, des analyses par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier et par spectrométrie de masse restent à mener. Ces analyses permettront de collecter les informations sur leur composition, peut-être même de les identifier avec précision.

Enfin, si la collection du musée des Arts et Métiers présente un caractère original et propre à l'histoire du Conservatoire, elle entre en résonnance avec d'autres collections européennes. Celle de la Hochschule Niederrhein ou celle de l'Université de Dresde en Allemagne, toutes deux étudiées dans le cadre du projet *Weltbunt*²³ et pour la première en partie visible au Textil Technikum²⁴ de Mönchengladbach (Fig.14), offrent de nombreux points de comparaison et d'échanges. Grâce au projet *Chromotope*, des contacts ont été pris et pourront déboucher, nous l'espérons, sur des mises en commun de ressources. Mieux faire connaître cet ensemble parisien permet d'en valoriser la place et l'originalité dans le périmètre des enseignements de la chimie en Europe.



Fig 14 —

Exposition des colorants étudiés par le projet *Weltbunt*, Textiltechnikum, Mönchengladbach, Allemagne.
© Musée des Arts-et-Métiers, Cnam/Irene Bilbao.

Notes

- 1- Communication présentée le 28 janvier 2022 au Musée des Arts Décoratifs de Paris dans le cadre de la journée d'études organisée par le groupe Textiles de la SFIIC intitulée « L'Univers de la couleur ».
- 2- Ce projet est financé par le European Research Council (ERC) dans le cadre du projet recherche innovation Horizon 2020 de l'Union européenne (grant agreement No 818563). Voir <https://chromotope.eu/project/> (Consulté le 05/09/2020).
- 3- Les deux autres sont la chaire de Physique appliquée aux arts et celle d'Économie industrielle.
- 4- Fontanon, Grelon 1994, p. 389-398.
- 5- Remerciements à Marie-Anne Sarda d'avoir signalé et transmis les notes de cours 1864-1867 conservées aujourd'hui à la SIM à Mulhouse (667.SEL.3).
- 6- Pour une approche synthétique des enjeux de ce procès, voir Ott 1999, p. 283-287.
- 7- Bensaude-Vincent, Stengers 2001, p. 232.
- 8- *Colour Index*. Society of Dyers and Colourists, 1924.
- 9- Numéro d'identification unique d'une substance chimique au Chemical Abstract Service de l'American Chemical Society.
- 10- Conservés au département des Estampes et Photographies de la Bibliothèque Nationale de France.
- 11- Numéros de la revue consultés de 1897 à 1930 et conservés à la bibliothèque Centrale du Cnam et à la Bibliothèque Forney à Paris.
- 12- Les rivalités économiques nationales, dans un contexte de capitalisme industriel, ont eu des conséquences sur ces entreprises familiales : que ce soient des rachats, des fusions, ou bien des faillites. De plus, plusieurs manufactures de France et d'Allemagne ont été restructurées par la volonté des états. C'est le cas avec la fondation en 1925 d'I.G. Farbenindustrie en Allemagne dans l'entre-deux-guerres ou celle de Francolor en France en 1942 sous le régime de Vichy (Joly 2009).
- 13- Sakudo 2011, p. 53.
- 14- Langlinay 2009, p. 121.
- 15- Ibid.
- 16- Cussac 2019, p. 11.
- 17- Sakudo 2011, p. 24.
- 18- La forme des flacons est plutôt arrondie pour le site de Flers et anguleuse pour les flacons provenant d'Allemagne. De plus, les bouchons français sont en verre tandis que ceux venant du site allemand sont métalliques. Ces derniers sont gravés du nom de l'entreprise et le métal porte la couleur obtenue à la fin du processus de teinture.
- 19- Service des musées de France de la direction générale des patrimoines et de l'architecture. Inventorier et recoller les collections des musées de France, Ministère de la Culture. Paragraphe « Inventaire et base documentaire » <https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/Musees/Pour-les-professionnels/Conserver-et-gerer-les-collections/Gerer-les-collections/Inventorier-et-recoller-les-collections-des-musees-de-France>
- 20- *Les Meilleurs Ouvriers de France*, exposition présentée au musée des Arts et Métiers du 30 mai au 5 novembre 2017, Paris.
- 21- Catalogue du musée des Arts et Métiers : <https://collections.arts-et-metiers.net/>
- 22- Quelques exemples de Portfolios mis en ligne : <https://collections.arts-et-metiers.net/?queryId=01dc1b47-f8fb-4b8e-8cd9-c5e6a74d92f4>
- 23- https://www.th-koeln.de/hochschule/weltbunt-die-welt-wird-bunt-bedeutung-der-historischen-farbstoffsammlung-fuer-die-entwicklung-der-textil-und-chemischen-industrie-und-der-alltagskultur_58142.php (Consulté le 26/10/2022).
- 24- <https://textiltechnikum.de/location/> (Consulté le 31/10/2022).

Bibliographie

BENSAUDE-VINCENT Bernadette, STENGERS Isabelle. La bataille des colorants. In : BENSAUDE-VINCENT Bernadette, STENGERS Isabelle. *Histoire de la chimie*. Paris : La Découverte, 2001, p. 231-240.

Colour Index. Bradford : Society of Dyers and Colourists, 1st edition, 1924.

CUSSAC Eglantine. *L'offensive des colorants allemands en France 1881-1914*. Paris : Publishroom, 2019.

DERE Anne-Claire. La chaire des colorants. In : 1794-1994 : Le Conservatoire des arts et métiers au cœur de Paris. Paris : DAAP, 1994, p.108-113.

EMPTOZ Gérard. « Les maîtres de la couleur. » *Musée des Arts et Métiers – La Revue*, 1998, n°22, p. 30-40.

FONTANON Claudine, GRELON André. *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1794-1955*. Paris : INRP, 1994, 2 volumes.

- notice PERSOZ, par Bernadette BENSAUDE-VINCENT et Roger CHRISTOPHE, volume 2, p. 389-398.
- notice DE LUYNES par Gérard EMPTOZ, volume 2, p. 151-158.
- notice ROSENSTIEHL par Anne-Claire DERE, volume 2, p. 483-495.
- notice WAHL par Odile ZVENIGORODSKI, volume 2, p. 667-676.

GIRARDIN Jean. *Leçons de chimie élémentaire appliquées aux arts industriels*. Paris : V. Masson, 1860-1861. 2 volumes.

JOLY Hervé. Les relations entre les entreprises françaises et allemandes dans l'industrie chimique des colorants des années 1920 aux années 1950, entre Occupation, concurrence, collaboration et coopération. In : ECK Jean-François, MARTENS Stefan, SCHIRMAN Sylvain. *L'économie, l'argent et les hommes : Les relations franco-allemandes de 1871 à nos jours*. Paris : Institut de la gestion publique et du développement économique, 2009, p. 225-239.

LANGLINAY Erik. Apprendre de l'Allemagne ? Les scientifiques et industriels français de la chimie et l'Allemagne entre 1871 et 1914. In : ECK Jean-François, MARTENS Stefan, SCHIRMAN Sylvain. *L'économie, l'argent et les hommes : Les relations franco-allemandes de 1871 à nos jours*. Paris : Institut de la gestion publique et du développement économique, 2009, p. 113-129.

OTT Florence. *La Société industrielle de Mulhouse 1826-1876, ses membres, son action, ses réseaux*. Strasbourg : Presses universitaires de Strasbourg, 1999, p. 283-287.

PAETZ gen. SCHIECK Annette, FLEISCHMANN-HECK Isa. *Zeitkolorit. Mode und Chemie in Farbenrausch 1850 bis 1930*. Oppenheim am Rhein : Nünerich-Asmus Verlag, 2019.

RIBEYROL Charlotte, WINTERBOTTOM Matthew, HEWITSON Madeline (ed). *Colour Revolution: Victorian Art, Fashion, and Design*. Oxford : Ashmolean Publishing, 2023.

SAKUDO Jun. *Les entreprises de la chimie en France de 1860 à 1932*. Bruxelles : PIE Peter Lang, 2011.

FACONNER ET REFACONNER : UNE SECONDE VIE POUR LES TEXTILES EMPESÉS

Anastasia OZOLINE, conservatrice-restauratrice textile

Palais Galliera, musée de la Mode de la ville de Paris

anastasia.ozoline@paris.fr

Romain BOURGEOIS, directeur

Ecomusée de la Bintinais-Rennes Métropole

r.bourgeois@rennesmetropole.fr

INTRODUCTION

En faisant dialoguer différentes approches scientifiques et culturelles, conservateurs et restaurateurs enrichissent leurs réflexions au service des œuvres et des objets. Le cas des textiles empesés a permis aux auteurs de partager expériences et pratiques. Les essais de substitution à l'empesage à l'amidon menés sur des pièces de collections du Palais Galliera puis appliqués sur des coiffes traditionnelles ont ouvert la voie à de nouveaux protocoles par le biais d'expérimentations de restitution, adaptées aux normes muséales.

AMIDONNAGE TRADITIONNEL : SAVOIR-FAIRE ET PROBLÉMATIQUE

Les influences riches et parfois réciproques entre modes urbaines et modes rurales disent la complexité du vestiaire au XIX^{ème} siècle. En lien avec l'histoire des mentalités, le vêtement et la façon de s'habiller engagent aussi bien des enjeux esthétiques qu'identitaires, sociaux et sociétaux. Bourgeois s'adaptant parfois aux codes de la campagne, nouveaux ruraux cherchant à masquer leurs origines paysannes ou au contraire portant leur identité dans leurs habits, tous se vêtent en fonction de leurs moyens et de l'économie du textile. La coiffe féminine constitue un des principaux marqueurs

des costumes traditionnels. Confectionnée dans des étoffes empesées et façonnées, elle symbolise à elle seule ces évolutions au cours du XIX^{ème} siècle, tant par ses matériaux constitutifs que par leurs mises en œuvre. Le « repassage » des coiffes, transmis oralement sur plusieurs générations, a fait l'objet de nombreuses enquêtes ethnologiques dans différentes régions de France. Il s'agit en premier lieu d'élaborer un empois (préparation à base d'eau et d'amidon), à froid ou à chaud, suffisamment liquide pour en imprégner l'étoffe, parfois humide. Le tissu est ensuite partiellement séché avant d'être mis en forme au moyen de différents fers à repasser (fers plats, à tuyauter, fers à coque, fers girafe...). La chaleur du fer interagit avec l'empois (amidon de riz ou de blé, borax ou borate de sodium, bleu outremer destiné à azurer les vêtements blancs, cire vierge), qui conserve une rigidité plus ou moins recherchée en séchant. Il faut donc maîtriser les recettes d'empois, les techniques d'empesage, la chaleur des fers ainsi que leur manipulation. Ce même savoir-faire de repasseuse ou lingère s'appliquait aisément à tous les vêtements de coton blanc (gilets, chemises, robes, cols, manchettes...), ainsi qu'aux ruchers de dentelles qui ornaient abondamment la lingerie et les robes du XIX^{ème} siècle et qui s'entretenaient tout comme les coiffes. Avant toute mise en forme, les repasseuses et lingères nettoyaient le linge, dégageant ainsi toutes traces liées à la transpiration, à l'empois ou aux repassages précédents.

En effet, outre la rigidification souhaitée de l'étoffe, l'amidon avait également pour rôle de protéger le linge de la pénétration de la transpiration dans les fibres en formant, par imprégnation, comme une gangue de protection autour d'elles. Ainsi, le glaçage des poignets de manchettes, des cols et des plastrons donnait un aspect brillant à ces pièces, tout en préservant les fibres textiles. Les recettes d'empois se transmettaient oralement, plus ou moins appuyées sur les pratiques courantes au XIX^{ème} siècle, que l'on retrouve dans les livres de ménagères. L'entretien du linge amidonné a quelque peu perduré en s'adaptant aux outils modernes jusqu'aux années d'après-guerre dans la vie domestique. Quelques associations liées aux groupes folkloriques où l'on entretient encore les coiffes traditionnelles sont devenues parfois les derniers conservatoires de ces pratiques de repassage à l'amidon et aux fers qui nécessitent un soin méticuleux et la précision du geste. Très récemment encore, quelques restauratrices textiles intéressées par les techniques de « tuyautage » faisaient volontiers appel à des repasseurs de coiffes traditionnelles pour la mise en forme de collections ethnographiques.

Dans un contexte muséal, sans empois ni savoir-faire inhérent à leur mise en forme, la présentation de ces pièces de costume se résume en général à une masse informe, dont l'aspect s'éloigne de l'objet usuel à la mode. Exposer des garnitures en dentelle, d'anciennes robes amidonnées ou des coiffes non « repassées » n'a généralement pas de sens. Cette mise en forme s'avère indispensable pour proposer une lecture cohérente de l'objet et participe pleinement autant à son aspect esthétique qu'à son contexte socio-économique, en tant que savoir-faire attaché à un objet. Mais pour les collections « musées de France », comment allier techniques anciennes et pratiques déontologiques de restauration ? La mise en forme des coiffes traditionnelles à

l'amidon constitue une option possible dans les musées d'ethnographie à partir du moment où les gestes sont maîtrisés et que l'apport de la chaleur des fers destinés à mettre en forme les coiffes, n'intervient que sur des textiles propres, préalablement lavés et amidonnés. Dans le cas précis des coiffes, c'est l'empois qui réagit en premier lieu en surface à la chaleur du fer et joue un rôle de couche protectrice de l'étoffe.

Pour ce qui est de la chaleur des fers, certains repasseurs experts, comme Francis Millerand (qui a longtemps travaillé pour le musée des Arts et Traditions populaires) ont su adapter leur pratique en la modérant à des températures n'excédant pas celle d'une spatule chauffante, sur un linge propre et empesé. D'autres adaptations à l'aune des enjeux de la conservation ont d'ailleurs déjà permis de faire évoluer la pratique pour s'adapter au mieux aux collections de musées. Ainsi, la liste des produits entrant dans la composition des empois a été allégée. On peut facilement supprimer le bleu outremer, le borate de soude ou borax (dont les propriétés de rigidité n'ont pas d'intérêt pour les pièces de musées et dont l'aspect répulsif pour les insectes peut être remplacé par une veille sanitaire régulière), la poudre adragante et autres produits durcissant, ainsi que la cire qui permet aux différents fers de mieux glisser sur l'étoffe. L'empois se résume alors à une composition d'eau et d'amidon, telle que l'Institut de conservation canadien le propose pour les montages des œuvres sur papier¹.

Mais il faut se rendre à l'évidence, les restaurateurs textiles ont parfois encore recours au savoir-faire des repasseurs traditionnels, tant le maniement des fers demande une certaine maîtrise et beaucoup de temps pour l'acquérir. On évoque souvent un temps d'apprentissage de plus de trois ans pour commencer à maîtriser les techniques de repassage traditionnel des coiffes.

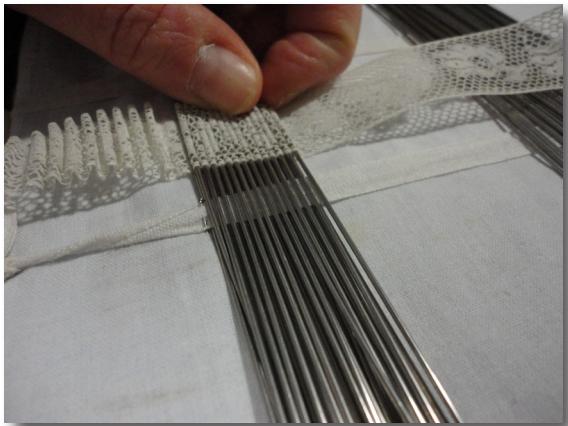


Fig 1 ■

Le paillage d'une dentelle.

© Romain Bourgeois, collection de l'auteur.

Jusqu'aux années 1840 environ, les dentelles des coiffes traditionnelles sont fréquemment décousues pour être « paillées ». Il s'agit alors de placer des tiges rondes (tout d'abord des pailles végétales type molinie bleue, remplacées avec le temps par des broches métalliques) en alternance sur et sous la dentelle, mise à plat et empesée. Les pailles sont maintenues à la planche à repasser au moyen de lacets et d'épingles (Fig.1). Un passage du fer plat chaud permet de figer ainsi la dentelle, qui forme alors un « 8 » au démontage des pailles. La dentelle peut alors être remontée sur la coiffe.

Plus tardivement et jusqu'à la disparition de la mode des coiffes dans l'entre-deux-guerres (notamment en Bresse), les rangs de dentelles sont mis en forme au moyen de fers à tuyauter, sorte de ciseaux dont les tiges sont arrondies. La technique de tuyautage (qu'on appelle encore frisage) consiste à former des arrondis au moyen du fer chaud, dont une tige passe sous la dentelle, avant qu'elle ne soit rabattue pour être maintenue par l'autre tige. On parle alors de « rangs de ruches » ou de « rucher » pour ces dentelles mises en forme, qui ne sont pas sans évoquer les alvéoles réalisées par les abeilles (Fig.2).

Le ruban de toile ou de sergé qui constitue l'armature de la coiffe, est empesé lui aussi. Il peut être mis en forme et rigidifié au moyen d'un fer girafe (forme proche d'une sonnette de vélo montée sur une tige métallique). L'empois saisi permet ainsi de glacer le ruban, lui assurant sa rigidité tout en évitant que la transpiration ne s'imprègne dans la coiffe, à l'instar des plastrons, cols et manchettes glacés des chemises au début du XX^{ème} siècle.

Ces différentes étapes de repassage n'assèchent pas la coiffe pour autant. Le séchage définitif s'effectue après une dernière mise en forme sur une tête en carton, appelée parfois « poupée » ou « tête de modiste ». Les rangs de dentelle sont alors repris au fer à tuyauter afin de les égaliser, avant qu'ils ne soient contraints par une pièce d'étoffe épingle sur la coiffe.



Fig 2 ■

Le tuyautage d'une dentelle.

© Romain Bourgeois, collection de l'auteur.



Fig 3 —

Robe de Mme Laferrière 1890.

© Anastasia Ozoline, collection Galliera.

La déperdition de ce savoir-faire correspond à différents facteurs, parmi lesquels la raréfaction du port de la coiffe, une transmission essentiellement orale, et des enquêtes parfois menées par des personnes non spécialistes de ce domaine bien particulier. Ainsi, un collectage manuscrit sur le repassage des coiffes à Romenay (en Saône-et-Loire) évoque un « *amidon cuit* » (en fait un empois, constitué d'amidon de blé ou de riz, dilué dans de l'eau, et que l'on porte à ébullition), dans lequel la coiffe est immergée, ce qui laisse supposer que cet empois soit suffisamment liquide. Après avoir laissé l'empois agir « *un moment* », les dentelles garnissant le bord de la coiffe sont reprises à l'amidon cru, qui humecte également « *un peu* » le fond de la coiffe. La coiffe est ensuite pressée pour en évacuer le trop-plein d'empois. L'eau amidonnée recueillie peut servir à empeser de nouveau la coiffe, si elle a « *besoin d'être rigide* »².

Les limites de ces recueils d'informations se font bien sentir, et seule la confrontation à d'autres recettes d'empois d'une part et la mise en expérimentation d'autre part, permettent de mieux comprendre à quoi correspondent ces indications.

L'emploi de l'amidon pour la mise en forme du linge et des vêtements des collections muséales semble davantage problématique quand il s'agit de pièces composites et que les ornements de dentelles ne peuvent être démontés pour être plongés en bain (Fig.3).



■ Fig 4

Gilet en coton blanc, fin XIX^{ème} siècle.
© Anastasia Ozoline, collection Galliera.

Les tests que nous présentons en seconde partie montrent que l'amidon ne se dissout facilement qu'en bain à l'eau chaude, alors que les traitements de nettoyage en atelier ne se font quasi-exclusivement qu'à l'eau froide, donc l'amidon peut poser des problèmes de réversibilité. De même, la lecture des collectes et les avis des personnes ressources nous ont fait comprendre que le secret d'un amidonnage réussi se conjugue immanquablement à la chaleur des fers. Un amidonnage à froid ne représente qu'un pis-aller sans tenue, dans la mesure où c'est vraiment l'action de la chaleur sur l'amidon qui garantit une mise en forme réussie. Il convient d'ajouter que sur des matériaux anciens encrassés, qui ne peuvent être préalablement traités en bain, mais bénéficient seulement d'un nettoyage local sur table aspirante, un restaurateur textile ne pourra avoir recours à la chaleur d'un fer.

A l'atelier du Palais Galliera, nous avons été amenées à intervenir sur le linge amidonné qui a bruni dans le temps, suite à une forte oxydation de l'empois due à l'humidité³. Parfois, cette oxydation est si importante que le linge est « piqué » sur toute sa surface de taches jaunes ou rousses (Fig.4). Or, si le lavage du textile atténue, voire supprime ces taches, le vêtement perd toute sa tenue, son tombé ou sa rigidité. L'enjeu a donc consisté à rechercher un empois de substitution plus facile d'utilisation, moins sensible à l'oxydation, utilisable et réversible à froid.

MÉTHODE D'EMPESAGE À FROID COMPATIBLE AVEC LES PRINCIPES DE CONSERVATION RESTAURATION

Origine de la recherche et premiers tests

Des objets non-inventoriés sur lesquels nous pouvions faire nos expériences furent mis à disposition de l'atelier : une guimpe jaunie légèrement amidonnée et des manchettes très rigides, fortement amidonnées. Un premier test de lavage selon la méthode Wolbers⁴ a démontré des différences de résultat dans l'aspect, selon les degrés d'empesage. La guimpe légèrement amidonnée a perdu toute consistance après le bain de lavage qui l'a déjaunie. Les manchettes très empesées, quant à elles, sont restées relativement rigides après lavage et nous avons pu observer que finalement, l'empois d'amidon quand il est abondant, ne se désagrège pas si facilement dans un bain d'eau froide.

Pour mettre en œuvre nos tests d'empesage de manchettes nous avons dû dans un premier temps ôter au maximum l'apprêt précédent. Avec de l'eau bouillante, l'empois d'amidon se serait dilué aisément, mais nous avons procédé délibérément à l'eau froide pour respecter la température usuelle des bains pratiqués dans les ateliers de restauration et tester la résistance de l'apprêt dans ces conditions. Après deux lavages à froid, une dizaine de rinçages et d'essorages manuels ont été nécessaires pour que le coton des manchettes perde sa rigidité. Il est ainsi apparu qu'un substitut de l'amidon est indispensable surtout pour les textiles fins et souples dont l'apprêt disparaît au lavage. Restait à déterminer quel serait le bon substitut et en quelles proportions l'utiliser. Le sodium de carboxyméthylcellulose (CMC) est utilisé dans les bains de lavage en faible quantité (0,05 g/l d'eau déminéralisée) comme anti-redéposant lorsqu'il s'agit de traiter des

tissus rendus gris par la poussière. Il nous arrive de l'utiliser également depuis plusieurs années dans les bains de rinçage en guise de léger apprêt, pour donner un meilleur tombé au tissu de coton. Ainsi nous est venue l'idée d'expérimenter comme substitut à l'amidon la CMC, en solution plus concentrée. Pour déterminer la concentration de la solution, nous nous sommes appuyés sur le travail des restaurateurs d'arts graphiques qui utilisent une solution de CMC à 1% (1g/ 100 ml) pour le ré-encollage.

Les essais d'empesage ont été réalisés avec des solutions à 1% et 0,5% (g/ml) de CMC. Les solutions ont été appliquées au pinceau plat sur les manchettes. Une manchette non désapprêtée a servi de témoin.

Après séchage des deux échantillons à l'air tiède, nous avons constaté que la manchette enduite avec la solution de CMC à 1% était devenue plus rigide que la manchette témoin amidonnée. Elle était totalement « cartonnée » au toucher et il était devenu pratiquement impossible de la courber autour d'un poignet.

La manchette enduite avec la solution de CMC à 0,5 % était rigidifiée mais en deçà de la manchette témoin, elle gardait trop de souplesse.

Suite à ces observations, nous avons donc appliqué au pinceau plat et à l'Eco-spray (brumisateur) cette même dilution à 0,5 % sur le plastron de la guimpe dont le coton fin était devenu mou après lavage, et cet empois, une fois sec, lui a rendu toute sa tenue et son tombé.

Enfin, nous avons fait un essai de réajustement de dilution à 0,8 % sur une troisième manchette. Cette dilution appliquée au pinceau s'est trouvée être tout à fait adaptée pour restituer la rigidité, néanmoins souple, d'une manchette amidonnée selon la méthode traditionnelle.

Quelques principes généraux peuvent être déduits de ces premiers tests en atelier :

1. Le substitut d'apprêt avec de la CMC, contrairement à l'empois d'amidon qui est traditionnellement repassé au fer, s'applique quant à lui, à froid.
2. Tout comme dans la méthode traditionnelle, cet empesage à froid s'effectue sur un textile propre ou préalablement lavé.
3. Une préparation préliminaire d'empesage se fait au moment du lavage des vêtements de coton en incorporant dans l'eau de rinçage 0,05 g de CMC / litre d'eau déminéralisée utilisée.
4. La mise en forme d'un vêtement peut se faire, à plat, sur une table de verre, avec mise sous presse sous une couche de Sympatex® humidifiée, maintenue par des plaques de verre lestées de poids, lorsqu'il s'agit de lisser la surface du tissu, en guise de repassage. Cette opération peut également se faire en volume, en travaillant les détails aux doigts ou sur mannequin, pour un traitement d'ensemble, en apprétant le tissu soit légèrement au brumisateur (Eco-spray) soit fortement, par imprégnation au pinceau. L'air tiède du séchoir électrique fige le tissu « en forme ».
5. Les dilutions de CMC à 0,8 % et 1% (g/ml) donnent des résultats satisfaisants pour restituer l'aspect rigide de textiles très amidonnés. La solution s'applique généreusement au pinceau plat.
6. La dilution de CMC à 0,5% (g/ml) donne des résultats satisfaisants pour restituer un beau tombé et une certaine tenue au coton fin et léger ou à la dentelle. La solution s'applique au pinceau plat ou au brumisateur (Eco-spray).

Conditions de mise en œuvre et premières applications sur des pièces de la collection du musée Galliera.

Première utilisation de l'apprêt de substitution sur un coton fin.

Un modèle de légèreté

En 2019, lors de la préparation de l'exposition *Gabrielle Chanel, Manifeste de mode*, une robe en mousseline de coton, datant de 1924 a été sélectionnée pour y être présentée. Véronique Belloir, en charge des collections haute-couture et commissaire de l'exposition, nous a apporté un cliché de Man Ray à l'atelier (Fig.5), en attirant notre attention sur la silhouette particulière de cette robe, telle que l'avait imaginée Gabrielle Chanel. Le contraste entre l'aplat du corsage à bretelles tout simple et le « frou-frou » en volume des volants de la jupe était visiblement l'effet recherché. Sur ce cliché, reconstituant en studio une sorte de « garden-party » estivale, les volants de la robe de la demoiselle sont impertinemment retroussés. On retrouve dans ce détail tout le non-conformisme de Coco Chanel qui ne veut pas de modèle « sage comme une image » en robe apprêtée au tombé empesé. Tout au contraire, les volants semblent virevolter au vent dans un joyeux désordre, les ballons de baudruche, tout indique un hymne à la jeunesse, au mouvement, à la légèreté. C'est cela même qu'il nous fallait restituer.

Mise en forme et « mise en plis » des volants

La robe lavée au préalable avec la méthode Wolbers a été disposée sur la table de verre pour un pré-séchage entre des serviettes éponges suivi d'un séchage à l'air froid, puis, encore un peu humide, sur un mannequin Stockman®, protégé par une housse de polyester.

Nous avons abordé cette « mise en forme » dans l'état d'esprit d'un coiffeur qui souhaiterait donner du gonflant aux cheveux par une mise en plis aux bigoudis. Imitant son savoir-faire, nous avons fabriqué de courts cylindres en film de polyester rigide de 10 cm environ et de 3 cm de diamètre. Nous avons retroussé chaque volant en les enroulant par tronçon autour de ces cylindres et en les fixant provisoirement par des épingle d'entomologistes. Puis nous avons pulvérisé l'apprêt (CMC à 0,5 %) avec un brumisateur (Eco-spray) qui jouait le rôle de laque de fixation en quelque sorte. Le séchage sur mannequin s'est fait avec de l'air tiède. Nous avons fait en sorte que l'air soit projeté par-dessous les volants de manière à les maintenir relevés et qu'ils viennent par intermittence mouler les cylindres, ce qui a créé un mouvement (Fig.6).



Fig 5 ■

Photographie de Man Ray 1924 de deux modèles portant des robes Chanel.

© Man Ray 2015 Trust/Adagp, Paris 2023.

■ **Fig 6**

Robe Gabrielle Chanel collection été 1924.

© Anastasia Ozoline, collection Galliera.

Mise en forme des 5 premiers volants en cours

et robe mannequinée dans l'exposition.



Première utilisation de l'apprêt de substitution
sur un coton très rigide.

Une autre robe CHANEL datée de 1967, sélectionnée pour l'exposition du Palais Galliera, nécessitait un recours à l'apprêt pour sa restauration. Cette robe en crêpe fin Lurex™ entièrement plissée, à large encolure ronde, sans manches, se présentait au premier abord comme une robe de sportswear, soit une élégante robe de tennis.

Cependant, 5 camélias, en toile enduite blanche, grisés de poussière et jaunis, tous déformés dont 2 en pièces détachées, attendaient sur le côté d'être replacés sur l'encolure.

La présence des camélias, fleur emblématiques de la maison Chanel, conférait instantanément à cette robe l'élégance d'une robe très habillée, du soir, ou même d'une mariée.

Il était donc impératif de restaurer ces fleurs, et de les replacer sur l'encolure, pour rester fidèle au chic de la silhouette, voulu par Coco Chanel en première intention (Fig.7).



■ Fig 7

Robe avant restauration.

© Anastasia Ozoline, collection Galliera.

Robe et son modèle en 1967.

© Archives du Patrimoine Chanel.



■ **Fig 8**

Robe avec les camélias avant restauration
et vue d'ensemble des camélias restaurés.
© Anastasia Ozoline, collection Galliera.

Photographie d'inventaire de la robe datée de 1870, l'année de son acquisition par la Société d'Histoire du Costume en 1972.
© Archives du Palais Galliera.

■ Fig 9



Application sur un ensemble féminin du XIX^{ème} siècle.

En raison de son apparence très défraîchie, cette robe datée de 1870 n'avait jamais encore été exposée. Son acquisition par la Société de l'Histoire du Costume (SHC) en 1972, a précédé la fondation du musée de la Mode et du costume de la Ville de Paris, au Palais Galliera, en 1977.

Le parcours permanent et son exposition inaugurale *Histoire de la mode* ont donné l'occasion de la redécouvrir dans les réserves. Grâce à la documentation, nous avons pu mieux l'imaginer, tant son aspect jauni, grisâtre et froissé rendait difficile la lecture de sa silhouette d'origine.

Il s'agit d'un ensemble de deux pièces : une robe et une sur-jupe d'aspect vaporeux (aussi appelée pouf).

La robe est longue, cintrée à la taille. La jupe est courte devant, en traine dans le dos. Le corsage à un col rond et des manches longues (Fig.9).

La jupe comporte 4 panneaux et la partie basse se termine en balayeuse. Le dos est froncé (pour le volume) La jupe est décorée de 3 bandes de ruches horizontales. Un volant est ajouté dans le bas de la jupe, avec des ruches sur sa partie supérieure.

L'ensemble des ruches et des volants sont découpés à l'emporte-pièce.

La jupe est cousue au corsage à partir du milieu droit et dans le dos. Elle se ferme par une agrafe sur le côté gauche.

La sur-jupe faite d'un unique panneau reprend la forme en traîne ovale de la jupe : plus courte devant et longue derrière, avec le dos froncé. Une ruche festonnée à l'emporte-pièce décore la bordure extérieure. La sur-jupe se ferme par une agrafe sur le côté gauche.

Les deux pièces sont taillées dans le même matériau : coton en armure toile, transparent comme de la mousseline, coupé dans le droit fil. Cette mousseline de coton était très souvent remplacée à la même époque, dans

sa version plus éphémère et bon marché, par de la tarlatane très transparente et plus rigide. Ici, la mousseline est très apprêtée et rigidifiée et blanchie à l'amidon.

La doublure est faite dans un tissu plus épais : toile de coton, toujours très apprêtée (amidonnée).

Les bonnets du buste sont faits de deux pièces de coton rembourré.

Le ruban de la ceinture est en coton en armure toile.

Le rôle déterminant mais distinct de la CMC dans les bains de lavage et de rinçage

Une fois de plus, nous étions confrontés au jaunissement de l'ancien apprêt d'amidon mais il était, de plus, grisé de poussière.

Le lavage constitue, dans ce cas, l'étape préliminaire indispensable à l'empesage de substitution si le textile à traiter n'est pas propre.

Durant le lavage, on observe l'éclaircissement progressif du tissu par les lavages successifs, on se débarrasse de la poussière qui l'avait grisé, et de l'acidité de l'apprêt oxydé. La CMC à 0,05 g/l dans le bain de lavage joue le rôle d'anti-redéposant de la poussière surnageant à la surface du bain.

Au dernier rinçage, le pH avoisine 7, le coton est déjauni, il a été désacidifié.

Le coton a bénéficié d'un premier empesage léger à chaque bain de rinçage successif car nous n'omettons pas d'y ajouter 0,05 g de CMC/ litre d'eau déminéralisée.



Fig 10 ■

Mise en forme de la robe sur table de verre.

© Anastasia Ozoline, collection Galliera.

Mise en forme de la robe

Une première mise en forme du volant inférieur se fait à plat sur table de verre, à la place du repassage, par un coton légèrement humidifié au contact du Sympatex® (interface d'intissé molletonné) (Fig.10).

Puis l'apprêt de substitution (CMC à 0,5%) est appliqué au pinceau sur les volants aux extrémités festonnées à l'emporte-pièce (Fig.11).

Sur mannequin, la mise en forme des ruches, des volants, se fait au pinceau avec une solution de CMC à 0,5% et celle du reste de la robe (notamment les manches du corsage et les grands pans de la sur-jupe) à l'Eco-spray, avec une solution CMC plus diluée (0,25%). Le séchage se fait à l'air froid ou tiède (Fig.12).



■ **Fig 11**

Remise en forme des volants par imprégnation au pinceau d'une solution de CMC à 0,5%.

© Anastasia Ozoline, collection Galliera.



Fig 12 ■

Robe après restauration,
vues de face et de côté.

© Anastasia Ozoline, collection Galliera.

Mise en forme d'une coiffe traditionnelle (collection privée)

La symbiose entre les méthodes traditionnelles et la démarche de conservation par la substitution de l'empois d'amidon avec une solution de CMC, apporte une alternative de premier choix. Même si, dans l'absolu, rien n'égale la régularité d'un rang de godrons tuyautés aux fers par une main experte, la méthode de substitution par paillage en pièce et empesage à froid, donne des résultats tout à fait probants et conformes aux normes de la conservation préventive.

Pour la mise en œuvre technique, l'étoffe à « pailler » se travaille humide, généreusement badigeonnée d'empois selon son épaisseur, pour la rendre malléable et facile à enrouler autour des pailles. Une fois le paillage formé et fixé par de fines épingle (Fig.13), le séchage s'effectue soit à l'air libre soit, plus rapidement, sous l'air tiède d'un séchoir électrique.

Les gestes contemporains doivent aider à préserver ceux du passé. Ainsi, lors du paillage, il est nécessaire d'observer les plis des godets et d'en marquer, par deux fils de couleurs distinctes, le creux et la crête, afin de respecter le plus fidèlement possible le rythme et les proportions des godrons alignés dans le droit-fil.

Il s'agit également de déterminer le bon diamètre et la bonne conformation des embouts des pailles qui serviront à la mise en forme. Différents types de supports (baguettes de bois alimentaires, pailles en carton ou en fibres végétales) peuvent être employés.

Concernant la mise en forme de cette coiffe bressane de type « coiffetaz » (Fig.14) comportant un rang de dentelles en bordure et un fond en tulle brodé de petits motifs, la dilution de CMC à 0,8 g / 100 ml semble adéquate. Le tulle était très souple et mou après lavage et avant empesage, la solution de CMC a fortement rigidifié les godrons alignés serrés obtenus par moulage sur de fines baguettes de bois (2 mm de diamètre).

La mise en forme de cette coiffe traditionnelle s'est faite au cours de deux journées de travaux pratiques⁵ organisées à l'atelier du Palais Galliera, comme un élargissement du champ d'application des travaux en cours.

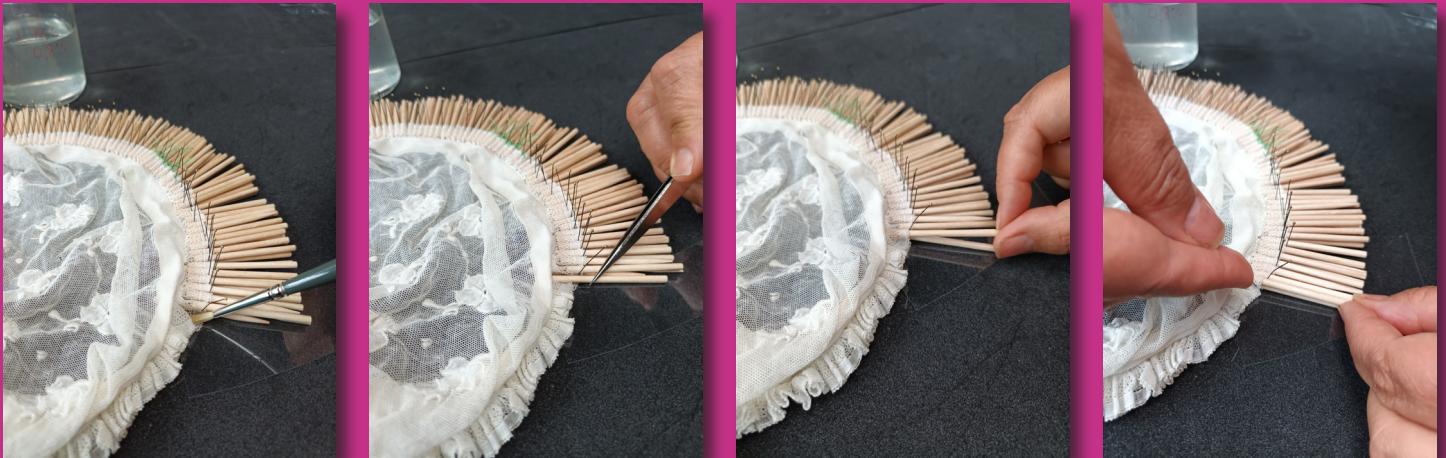


Fig 13

Le paillage de la coiffe en 4 étapes.

© Mohamed Sakho aux ateliers Galliera, collection Romain Bourgeois.

Fig 14 ■

Marquage et paillage des godrons de la coiffe.

© Anastasia Ozoline, collection Romain Bourgeois.



CONCLUSION

La recherche menée à Galliera depuis 2019 d'un substitut à l'empois d'amidon a donné lieu à des échanges fructueux.

Une partie de ces résultats ont été exposés lors de la journée d'étude du groupe Textile de la SFICC en janvier 2022, ainsi qu'au cours de la visite des ateliers de restauration du Palais Galliera par la promotion Daniel Cordier des conservateurs du Patrimoine, en avril de la même année. Cette visite a favorisé l'échange entre les deux auteurs sur leurs expériences respectives de la mise en forme des textiles empesés.

Les pratiques des personnes effectuant le repassage traditionnel des coiffes ont régulièrement évolué, au gré des transmissions et des enjeux. Ceux liés à la conservation des collections n'ont cependant pas résolu l'oxydation de l'amidon, qui amène au brunissement progressif des objets au fil des années.

En écartant l'usage de l'amidon et son possible jaunissement dans le temps au profit d'un substitut très stable chimiquement et facilement réversible au lavage, un pas de plus a été franchi en faveur de la conservation préventive, pour la présentation des textiles empesés.

La CMC permet un usage très large, car il est possible de restituer soit un apprêt léger sur du voile de coton par exemple, soit un empois très rigide, comme nous avons pu le vérifier au cours de l'empesage des fleurs artificielles ou des godrons de la coiffe, avec toute la gamme de densités intermédiaires suivant les concentrations employées. De plus, la CMC est très facile d'utilisation car elle se dilue à froid, au repos, la veille pour le lendemain. Elle entre en action comme apprêt dès le bain de rinçage à très faible dilution, ou localement à des concentrations plus fortes par application au pinceau ou en spray.

Dans les réserves du Palais Galliera, des mètres linéaires de bonnets civils attendent d'être exposés un jour, de même que de nombreux vêtements de coton et de pièces de lingerie jadis systématiquement amidonnés. Nos travaux pratiques sur les coiffes traditionnelles, conjugués à la recherche préliminaire d'un substitut de l'amidon appliquée à ce type de textiles empesés, ont tenté d'apporter une réponse satisfaisante aux plus strictes exigences des normes muséales.

Remerciements :

Cette étude plaide pour le dialogue interprofessionnel et intergénérationnel autour des techniques anciennes et de leur restitution en milieu muséal. Nous remercions Francis Millerand, qui a soutenu et soutient encore largement la restauration des coiffes traditionnelles dans de nombreuses régions en France, en mettant en œuvre son savoir-faire et ses talents. Nous remercions également Véronique Belloir, responsable du service des collections du Palais Galliera, qui a permis, par les questionnements soulevés au sujet de la présentation des costumes amidonnés du XIX^{ème} siècle, cette recherche menée à partir de 2019, d'un substitut conforme aux normes de conservation.

Notes

- 1- ICC 1993.
- 2- Enquête vers 1940.
- 3- CCQ 2007.
- 4- Wolbers 2013.
- 5- Bourgeois, Ozoline 2023.

Bibliographie

ARZALLUZ Miren, BELLOIR Véronique (dir.). *Gabrielle Chanel Manifeste de Mode. Catalogue d'exposition.* (Paris, Musée de la Mode et du costume, Palais Galliera, 1^{er} octobre 2020-14 mars 2021). Paris : Paris-Musées, 2020.

ARZALLUZ Miren, BELLOIR Véronique. *Gabrielle Chanel Manifeste de Mode. L'Album de l'exposition.* Paris : Paris-Musées, 2020.

ARZALLUZ Miren, GUTTON Marie-Laure (dir.). *Une histoire de la Mode au Palais Galliera. Catalogue d'exposition* (Paris, Musée de la Mode et du costume, Palais Galliera, 1^{er} octobre 2020-14 mars 2021). Paris : Paris-Musées, 2021.

BLONDEL Madeleine. *Bourgogne en coiffes. Coiffes mâconnaises et bressanes.* Catalogue d'exposition (Dijon, Musée de la Vie bourguignonne-Perrin de Puycousin, 2 décembre 2009-22 février 2010). Dijon : Musée de la Vie bourguignonne-Perrin de Puycousin, 2009.

BLONDEL Madeleine. *Bourgogne en coiffes. Coiffe ou bonnet... Allez savoir !* Catalogue d'exposition (Dijon, Musée de la Vie bourguignonne-Perrin de Puycousin, 14 septembre-30 décembre 2013). Dijon : Musée de la Vie bourguignonne-Perrin de Puycousin, 2013.

BOURGEOIS Romain, CULAS Adeline, RIVIERE Dominique. *Guide du Musée du terroir-Ferme du Champ bressan. Pierre-de-Bresse : Écomusée de la Bresse bourguignonne-Conseil départemental de Saône-et-Loire,* 2015.

BOURGEOIS Romain, OZOLINE Anastasia. « Étude croisée sur la conservation et la restauration des textiles empesés ». *Patrimoines, revue de l'Institut national du patrimoine*, n°18, 2023, p.142-150.

BOUVIER Jean-Claude. *Mémoire vivante. Dires et savoirs populaires.* Catalogue d'exposition (Lyon, Bibliothèque municipale, 26 octobre-11 décembre 1982). Lyon : Centre national de la recherche scientifique, Association des Amis de la Bibliothèque municipale de Lyon, 1982.

CUISENIER Jean. *Costume, coutume.* Catalogue d'exposition (Paris, Galeries nationales du Grand Palais, 15 mars-15 juin 1987). Paris : Editions de la Réunion des musées nationaux, 1987.

CUZIN Marthe. « La coiffe bressane ». *Bulletin de la Société des naturalistes de l'Ain*, 1927, pp. 53-58.

JEANTON Gabriel. *Costumes bressans et mâconnais.* Tournus : Amis des arts et des sciences, Mâcon : Renaudier, 1937.

DE KEGHEL Maurice. *Traité général de la fabrication des colles, des glutinants et matières d'apprêts.* Paris : Gauthier-Villars, 1959.

LARCHE-MILLON Carole, BOURGEOIS Romain. *Coiffes entre Bresse et Bourgogne.* Châtillon-sur-Chalaronne : La Taillanderie, 2006.

LENNUYEUX-COMNÈNE Sophie, ROCHE Alain. Le doublage des dessins de grand format sur non-tissé polyester étudié en fonction d'une série d'adhésifs . In : *ICOM CC Triennial Meeting (12th), Lyon, 29 Août-3 Septembre 1999. Preprints.* Londres : James & James, 1999, p. 517-524.

TORTILLET Marius. *Le Costume bressan. Le chapeau, la coiffe, le grand costume.* Bourg-en-Bresse : impr. Berthod, 1929.

WILLS Paul. La fabrication et l'emploi des colles japonaises à base d'amidon de blé dans le traitement des objets d'art pictural d'Extrême-Orient. In : *Adhésifs et Consolidants, Xème Congrès International, Paris, 2-7 septembre 1984. Section française de l'IIC (SFIC).* Champs-sur-Marne : SFIC, 1984, p. 128-131.

WOLBERS Richard. *Le nettoyage des surfaces peintes, Méthodes aqueuses.* Trad. Sigrid Mirabaud et Laetitia Desvois, sous la direction de Nathalie Palmade-Le Dantec. Paris : Eyrolles, 2013.

Notices techniques

Institut Canadien de Conservation, « Colle d'amidon de blé » [en ligne], Note de l'ICC 11/4, Ottawa, ICC, 1993, disponible sur : <https://www.canada.ca/content/dam/cci-icc/documents/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/11-4-fra.pdf?WT.contentAuthority=4.4.10> (consulté le 03/04/2023).

Centre de conservation du Québec « Colle d'amidon P0116 » [en ligne], Fiche produit Préserv'Art Conservation préventive, Québec, CCQ, 2007, disponible sur : <https://preservart.ccq.gouv.qc.ca/rptFicheProduit.aspx?NoProduit=P0166> (consulté le 27/07/2022).

Inédit

Enquête manuscrite par Andrée Manziat auprès de madame Rivat, repasseuse de coiffes à Romenay, vers 1940. Romenay, Ferme du Champ bressan-musée du Terroir, hors collection.

ÉVALUATION DE L'ALTÉRATION ET DES TRAITEMENTS DE CONSERVATION DES GRANITES : LE CAS DU SITE DE CAURIA¹

Philippe BROMBLET, géologue, scientifique de la conservation du patrimoine
Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine
philippe.bromblet@cicrp.fr

Solène CHATAIN, conservatrice-restauratrice de sculptures, Gentilly
solene_chatain@yahoo.fr

Jean-Marc VALLET, géologue, scientifique de la conservation du patrimoine
Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine
jean-marc.vallet@cicrp.fr

Genèse, classification, composition et utilisation.

Les granites sont des roches cristallines qui se forment par refroidissement et cristallisation d'un magma en fusion. Ils font partie des roches silicatées magmatiques, mais se différencient de la grande famille des roches volcaniques dites éruptives, par un refroidissement lent à quelques dizaines de kilomètres de profondeur sous la croûte terrestre. Le magma remonte et s'insère dans les roches préexistantes dites encaissantes qu'il transforme. Il refroidit en formant un massif granitique que les géologues appellent un pluton. La cristallisation lente du magma permet la formation de cristaux de grande taille qui confèrent à la roche un aspect grenu. Ces roches grenues sont appelées des roches plutoniques ou intrusives pour les distinguer des roches volcaniques, dites éruptives, qui naissent de laves magmatiques épandées à la surface du globe à l'occasion d'éruptions sous-marines ou continentales. Les granites sont généralement constitués d'un assemblage de cristaux grisâtres et translucides, les quartz, de cristaux blancs ou rosés, les feldspaths alcalins et les plagioclases calcoalcalins, et enfin de cristaux feuilletés noirs ou blancs à éclat métallique, les micas. Si les granites au sens strict correspondent à des proportions bien définies de ces trois principaux types de minéraux, le vocable recouvre dans la

GÉNÉRALITÉS SUR LES GRANITES

Après une introduction générale sur les spécificités du granite et ses altérations, cet article présente la succession des études et des interventions de restauration qui se sont déroulées depuis une trentaine d'années sur le site de Cauria et le constat auquel ces travaux ont abouti.

Fig 1
 Carrière ancienne de granite (Vinça, Pyrénées orientales) montrant l'état fissuré de la roche dans une exploitation moderne.
 © Philippe Bromblet.



pratique une plus large gamme de roches que les géologues rassemblent sous le terme de granitoïdes (20% de quartz au minimum) et qui sont constitués d'associations minéralogiques plus complexes². Selon la composition chimique du magma, des minéraux accessoires peuvent aussi cristalliser en faibles proportions dans les granites (magnétite, amphiboles, pyroxènes, cordiérite, grenat, zircon, apatite, etc.). Ces granitoïdes, parmi lesquels on peut citer les diorites, tonalites, granodiorites, etc., sont toutes des roches cristallines grenues, intrusives ou plutoniques (parfois filoniennes). Dans le détail, la terminologie est riche car les géologues se sont plu à distinguer les granites selon divers critères : leur grain (aplite à grain très fin, pegmatite à gros grain, granite porphyroïde à grands cristaux de feldspaths), leur couleur (leucogranite blanc sans micas noirs, granite rose), leur composition minéralogique (granite à deux micas, granite à amphibole, monzogranite à feldspath alcalin (orthose) et plagioclase calcoalcalin, syénite à feldspath alcalin dominant) ou géochimique (granite alcalin, granite calcosodique...). Enfin, dans des classifications chimiques anciennes, le granite est qualifié de roche silicatée acide, c'est-à-dire sursaturée en silice, ce qui se traduit par la présence du quartz (SiO_2) dans sa composition (à l'opposé des roches silicatées sous-saturées en silice, dites alcalines ou basiques, dans lesquelles le quartz est absent).

Formés dans les profondeurs de la croûte terrestre, le granite et les granitoïdes n'affleureraient pas à la surface de la terre, si l'érosion superficielle (associée au principe d'isostasie et de subsidence) ne faisait pas monter vers la surface ces plutons étendus qui constituent les reliefs des massifs anciens (Bretagne, Limousin, Vosges...) et le cœur des massifs montagneux alpins récents (chaîne interne).

Dans l'antiquité romaine, un nombre limité d'exploitations a connu une large diffusion sur le pourtour méditerranéen : granite rose d'Assouan d'Egypte, granite de Troade ou de Mysie en Asie Mineure, granites de l'île d'Elbe, de Sardaigne et de Corse, du désert Est égyptien (granite du Mons Claudianus). Certains de ces granites s'identifient aisément à l'œil nu (granite rose d'Assouan, granite de Troade à phénocristaux de feldspath violacés...). Des travaux récents ont montré que la mesure de la susceptibilité magnétique, c'est-à-dire de l'orientation magnétique des minéraux, liée en grande partie à la présence en plus ou moins grande quantité de magnétite (Fe_3O_4), permet de distinguer ces différents granites antiques³.

Depuis le Moyen-Age, les formations granitiques ont été exploitées régionalement pour la construction et la sculpture partout où elles affleuraient. En France, la Bretagne, le Limousin, le Sidobre, les Vosges, une partie des Pyrénées et des Alpes, la Corse, etc. sont des régions connues pour l'usage des granites dans le patrimoine bâti et sculpté.

Aujourd'hui, à l'exception de quelques exploitations qui persistent en Bretagne (ex. granite rose de la Clartée), dans le Sidobre, les Vosges pour la réalisation de mobiliers funéraires ou urbains, la plupart des granites utilisés sont importés de Chine ou d'ailleurs.

Propriétés et altération des granites exploités

L'assemblage compact des minéraux silicatés du granite sain cristallisé dans les profondeurs de l'écorce terrestre ménage une très faible porosité et confère à la roche des résistances mécaniques particulièrement élevées. Il s'agit d'un matériau compact, dense, à la durabilité reconnue, symbole d'éternité et qui constitue un des matériaux privilégiés du mobilier funéraire. Les techniques actuelles (sciage, découpe thermique ou au jet d'eau haute pression...) permettent d'extraire et de polir sans difficulté ce matériau très dense et dur. Cependant les affleurements granitiques d'où l'on a extrait dans le passé des pierres pour la construction ou la sculpture ont généralement subi une longue altération climatique (pluies, soleil, gel, vent, activité biologique, etc.), parfois précédée d'une altération hydrothermale due à des circulations d'eaux plus ou moins chaudes en profondeur. Au fur et à mesure du temps, ces affleurements produisent

des formes d'altération particulières que les géomorphologues ont bien décrites : ils sont découpés par des fissures (diaclasses) (Fig.1), qui en s'élargissant, forment un chaos granitique constitué de blocs plus ou moins arrondis (Fig.2) et un sable grossier, l'arène granitique. A l'échelle microscopique, les minéraux les moins stables (micas, feldspaths...) ont évolué pour former des nouvelles phases (oxyhydroxydes de fer, argiles...) qui confèrent au matériau des colorations jaunâtre, brunâtre, ocre ou rouge marquées (Fig.3). La roche a déjà perdu une partie de sa cohésion mécanique. Une microporosité s'est développée entre les grains qui va permettre aux solutions (parfois chargées en sels) de circuler. Colorés, relativement poreux et tendres, ces matériaux déjà partiellement altérés s'avèrent plus faciles à extraire, tailler et sculpter qu'un granite sain et « frais », et leur exploitation a été privilégiée.

Fig 2 ■

Modèle granitique avec un élargissement des fissures (diaclasses) en cours. L'érosion glaciaire est responsable de la surface arrondie de ce relief (massif du Carlit dans les Pyrénées orientales).

© Philippe Bromblet.



■ Fig 3

Blocs de granite blanchâtre et de microgranodiorite jaune de Logonna Daoulas sur la façade

de l'église de Crozon, Finistère.

Certains blocs sont couverts de thalle de lichens blancs.

La statue centrale de la Vierge est en kersantite ainsi qu'un bloc à la face carrée sombre à proximité.

© Philippe Bromblet.



**Fig 4 ■**

Erosion différentielle à la surface d'un bloc de granite rose
(église de Lampaul Ploudalmezeau, Finistère).
© Philippe Bromblet.

Les dégradations des granites sur les monuments, les sculptures de plein air

Sur les monuments et les sculptures exposées en plein air, les granites sont fréquemment affectés par des altérations⁴ qui peuvent être intenses, même si elles restent superficielles. L'érosion (Fig.4) et la pulvérulence liée à un processus de désagrégation granulaire, une forte rugosité, l'alvéolisation, la desquamation en plaques (Fig.5) et le *contour-scaling*⁵ (Fig.6), les colonisations biologiques (Fig.7), l'oxydation plus ou moins étendue des minéraux ferromagnésiens, biotites, magnétite, etc. (Fig.8) sont autant d'indices d'une dégradation de la pierre exposée aux intempéries. Les pertes de matière causées par ces dégradations peuvent être considérables.

Contrairement à la calcite et à la dolomite qui constituent les roches carbonatées (calcaires), la solubilité des minéraux silicatés des granites est extrêmement faible et les phénomènes de dissolution ou d'hydrolyse ne jouent pas un rôle prépondérant dans l'altération des pierres granitiques en œuvre ou sculptées. Les cristallisations de sels solubles sont une des principales causes de l'altération des granites dans les monuments comme on va le voir dans l'étude de cas rapportée ci-après.

■ Fig 5

Desquamation en plaques sur le parement au chevet de la basilique du Folgoët (Finistère).

© Philippe Bromblet.





■ Fig 6a ■

Contour-scaling à la base de trois colonnes antiques en granite de Mysie (colonnade de Riez, Alpes de Haute Provence).
© Philippe Bromblet.

■ Fig 6b ■

Contour-scaling avec une succession d'écailles dites en pelures d'oignon sur un sphinx sculpté en granite rose d'Assouan (musée de plein air d'Alexandrie, Egypte).
© Philippe Bromblet.



■ Fig 7 ■

Colonisations biologiques (algues, mousses, lichens, plantes) sur une sculpture de la façade de l'église de Saint Nic (Finistère).
© Philippe Bromblet.



■ Fig 8 ■

Taches rouilles et coloration ocre d'oxydation autour des minéraux ferromagnésiens (biotite, magnétite...) à la surface d'une sculpture en granite rose d'Assouan (musée de plein air, Alexandrie, Egypte).
© Philippe Bromblet.



■ Fig 9a

Alignement des mégalithes d'I Stantari (faces Est, 2012) avec en arrière-plan les reliefs granitiques affleurants (chaos).
© Philippe Bromblet.



LA CONSERVATION DES MÉGALITHES DU SITE DE CAURIA (CORSE DU SUD) : DU DIAGNOSTIC AU TRAITEMENT

Le pianu (plateau) de Cauria est un vaste site archéologique néolithique d'une soixantaine d'hectares situé à moins de deux kilomètres de la mer vers l'ouest, au sud de la commune de Sartène. Partiellement fouillé, il comprend les alignements d'I Stantari et de Renaghju et le dolmen de Funtanaccia. La roche est un granite à feldspaths alcalins roses, quartz et biotite (monzogranite porphyroïde) daté du Carbonifère⁶.

Les pierres levées (I Stantari) ont été mises au jour par l'archéologue Roger Grosjean dans les années 1960-70. Les pierres sont alors redressées (et pour certaines stabilisées sur des bases en béton) et l'alignement est recréé sur une courte longueur (Fig.9 a et b). Ces mégalithes granitiques présentent une érosion générale que l'on perçoit bien sur les faces gravées. Les arêtes de la pierre sont toutes émoussées, arrondies. Elles sont couvertes d'abondantes colonisations biologiques (lichens, mousses, algues principalement) sur la face ouest tournée vers les vents dominants soufflant de la mer. Les gravures encore présentes sont usées et difficilement visibles.

Alarmés par cette lente dégradation et soucieux de préserver les gravures encore lisibles, les services en charge de cet alignement célèbre ont permis à un géologue universitaire basé à Nice, Lucien Casta, d'appliquer en 1993 un traitement acrylique expérimental Primal AC261 K (copolymère acrylate de butyle et méthacrylate de méthyle) en émulsion dans l'eau pour consolider ces statues. La résine associée à un agent matifiant⁷ a aussi été utilisée pour combler les fractures apparentes⁸.

Dix ans plus tard, en 2004, le directeur des fouilles du site d'I Stantari, André D'Anna, préoccupé par la conservation des mégalithes, incitera la collectivité corse à solliciter l'assistance du CICRP, d'une part pour étudier l'état de conservation des statues menhirs et évaluer le rôle du traitement effectué en 1993 (doit-il être éliminé, conservé, réitéré ?) et d'autre part pour proposer des interventions de conservation appropriées.

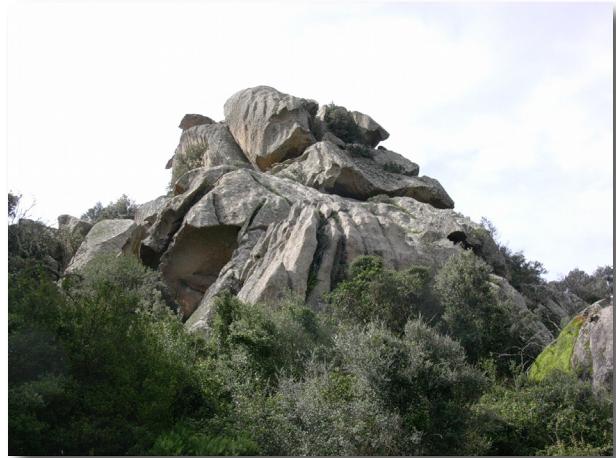
■ Fig 9b

Vue des faces gravées usées de certains mégalithes (faces Est, 2010).
© Philippe Bromblet.



■ Fig 10

Chaos granitique du plateau de Cauria à proximité de l'alignement d'I Stantari.
© Philippe Bromblet.



L'examen approfondi du site et des surfaces des statues-menhir est réalisé au cours de deux missions du CICRP en 2005 et 2007⁹. Les principaux faits notés sont les suivants :

- Les blocs utilisés proviennent vraisemblablement d'un chaos granitique proche du site où des blocs de taille et de forme comparables sont visibles (Fig.10). Les pierres n'ont pas été extraites dans un granite frais et sain mais dans un matériau soumis depuis longtemps à l'altération climatique.
- Des altérations actives, entraînant des pertes de matières affectent les blocs. Elles évoluent toujours et affectent l'intégrité du matériau. On note notamment de nombreuses desquamations boursoufflées (Fig.11 a et b) et une désagrégation granulaire (pulvérulence) qui se développent principalement sur la face Est des dalles. Des colonisations biologiques recouvrent la pierre et se sont insérées entre les grains. Des incendies de végétation ont rubéfié l'épiderme de certains monolithes.

- Le traitement acrylique est bien visible, épais et couvrant sur les faces ouest tournées vers la mer. Il semble avoir quasiment disparu côté Est, ce qui est probablement lié à un violent épisode pluvieux survenu quelques jours après le traitement.



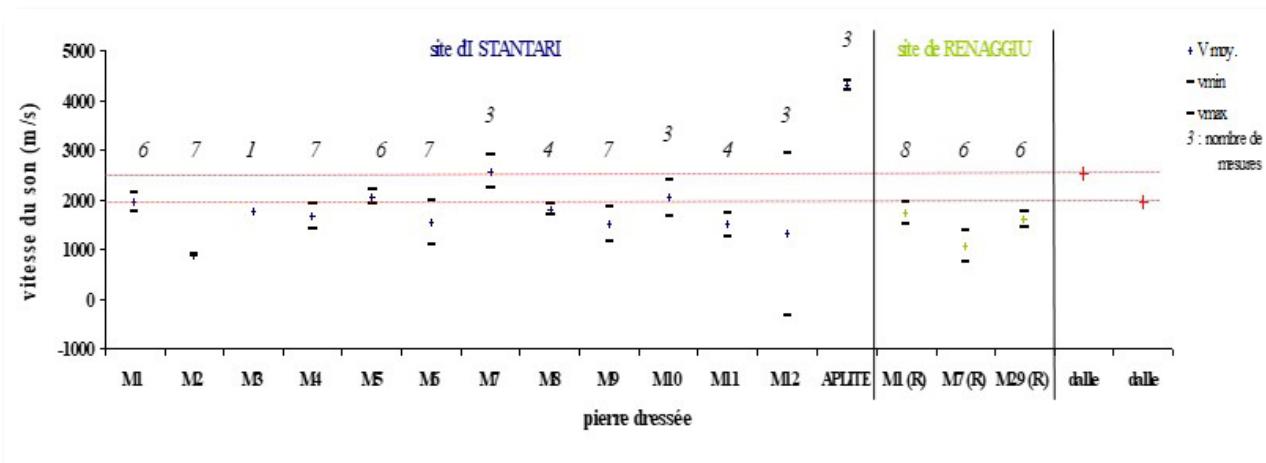
■ Fig 11a

Boursouflure en cours de formation à la surface d'un mégalithe.
© Solène Chatain.



Fig 11b ■

Trace d'une boursouflure qui s'est détachée de la surface du granite (face Est d'un mégalithe).
© Philippe Bromblet.

**Fig 12**

Relevé des vitesses du son en mètre/seconde sur les mégalithes M1 à M12 du site d'I Stantari, M1, M7 et M29 du site de Renaggiu et sur des dalles naturelles du chaos granitique voisin.

© Jean-Marc Vallet.

Quelques analyses ont été menées pour approfondir cet examen :

- mesure de la vitesse du son dans l'épaisseur des dalles à trois hauteurs pour évaluer la cohésion globale du matériau. Les valeurs mesurées sont basses ($<3000\text{m/s}$) et correspondent à un granite dégradé, très différent d'un granite sain ($>4500\text{m/s}$). Les valeurs sont du même ordre de grandeur que celles qui seront mesurées sur le site très proche mais non consolidé de Renaghju et comparables aussi à celles que l'on a pu mesurer sur les dalles du chaos voisin (Fig.12).
- des échantillons de poudre sont prélevés par perçage à différents profondeurs (0 à 5mm, 5 à 10mm et 10 à 20mm) sur les deux grandes faces de chaque mégalithe dans le but de mettre en évidence par dosage une éventuelle contamination par des sels solubles. Les teneurs en sels solubles s'avèrent très faibles (anions $< 0,05\%$), bien en-dessous des seuils admissibles, quelles que soient la profondeur et la localisation du prélèvement. Malgré la proximité de la mer, les sels ne se concentrent pas dans ces sculptures qui sont très exposées aux pluies et donc régulièrement lavées.

On suppose alors que les altérations observées, qui existent aussi sur les affleurements naturels, témoignent plutôt du fort état de dégradation de la roche employée, déjà en cours d'altération au moment de son utilisation.

Le traitement acrylique ne paraît pas avoir eu d'impact négatif ou positif notable : un petit mégalithe n'a pas été traité et son état de conservation n'est pas différent des autres. Par conséquence, il n'est pas jugé nécessaire d'éliminer systématiquement le film acrylique, mais uniquement là où sa présence peut gêner l'application requise d'un nouveau consolidant.

A partir de ces conclusions, il est préconisé d'une part un suivi régulier en étant attentif à l'apparition de nouveaux désordres et d'autre part la consolidation locale des écailles et soulèvements en cours. La collectivité territoriale corse (CTC) fait appel à une restauratrice de sculpture, Solène Chatain, à cinq reprises (2008, 2010, 2013, 2017 et 2021). Les premières interventions d'urgence sont réalisées au cours des campagnes de fouille d'octobre 2008 et de mars 2010¹⁰. Elles consistent en une consolidation au Paraloid B72 en dilution de 10 à 20% dans un mélange acétone/éthanol des surfaces en cours de désagrégation granulaire et en la réalisation de petits solins à la chaux au niveau des boursouflures. Dès la seconde intervention de 2010, il apparaît que la consolidation ne permet pas de stabiliser durablement le processus de desquamation (boursoufflure). Un nouveau traitement à base de Paraloid B72 est appliqué par infiltration et des comblements de soutien sont réalisés à nouveau à la chaux avec des retouches au lait de chaux teinté en pigments naturels.

■ Fig 13

Alvéolisation en cours avec des efflorescences blanches bien visibles au sommet d'un des orthostates du dolmen de Fontanaccia.
© Philippe Bromblet.



En 2009, le service archéologique de la collectivité territoriale de Corse missionne le LRMH et le CICRP pour une étude diagnostic du dolmen de Fontanaccia situé à quelques centaines de mètres de l'alignement et constitué du même type de granite. L'étude menée en 2010¹¹ met en évidence sans aucun doute possible une forme d'alvéolisation par désagrégation granulaire sur le sommet des orthostates protégés des pluies par la table horizontale qui les surmonte (Fig.13). Les efflorescences visibles sont prélevées et un sel soluble, l'halite (NaCl), vraisemblablement apporté par les embruns marins, est identifié par diffraction des rayons X.

Le travail de suivi et de restauration démarre dès 2013¹² et va consister à relever dans le détail toutes les dégradations. Par exemple seront notées et repérées à l'aide de gommettes de différentes couleurs les desquamations anciennes stabilisées, les desquamations anciennes en cours d'évolution et les desquamations nouvelles (Fig.14). En parallèle, seront réalisés des tests d'application de différents consolidants ainsi qu'une documentation photographique détaillée face par face de chaque mégalithe.

Les boursouflures paraissent stabilisées par rapport à 2008 et 2010 sur les faces Ouest de 7 monolithes et évoluent peu sur les autres. Par contre, la dégradation progresse considérablement sur 45% des points traités en 2008 et 2010 sur les faces Est de 5 monolithes (M2, M4, M5, M7 et M12), notamment dans leur moitié inférieure. Des boursouflures déjà consolidées en 2008 et 2010 continuent à se dégrader. Les colonisations biologiques (mousses et lichens pour l'essentiel) se propagent dans la partie haute des pierres. Après concertation avec l'ensemble des participants, il est décidé de remplacer, dans les injections à la seringue, le Paraloid B72® par la résine acrylique Primal AC33® en dispersion aqueuse (dilution 50%) plus adaptée pour l'extérieur. Une grande partie des solins à la chaux est éliminée. L'usage de la chaux est abandonné au profit d'un mélange de sable fin, de poudre de granite local et de la résine Primal diluée à 5-10% dans l'eau pour les comblements à l'arrière des boursouflures, lorsque ces boursouflures ne peuvent pas être réappliquées contre la pierre. D'autres solutions sont testées sur 2 mégalithes (M7 et M12) avec du sable fin, de la poudre de granite local et du silicate d'éthyle élastifié Funcosil 500STE® pur pour les comblements et des consolidations des surfaces désagrégées, au pinceau et au pulvériseur avec du silicate d'éthyle Estel 1000 (CTS)® et du silicate d'éthyle Funcosil 500STE®.



Fig 14 ■

Repérage des différents stades de boursouffrage par des gommettes colorées (active, inerte, nouvelle) sur la face Est d'un mégalithe d'I Stantari.
© Philippe Bromblet.

**Fig 15 ■**

Réalisation en cours d'un solin autour d'une boursouflure.

© Philippe Bromblet.

En mai 2017, une nouvelle intervention de suivi et restauration est effectuée¹³ et une réunion est organisée pendant l'intervention, avec le CICRP et la collectivité de Corse. Les essais de consolidation de 2013 des surfaces désagrégées et des boursouflures avec différents silicates d'éthyle s'avèrent moyennement concluants. Ces essais sont abandonnés. Le processus de dégradation reste actif et force est de constater que l'altération affecte même certaines des surfaces plusieurs fois consolidées (2008, 2010 et 2013) sur les faces Est. Six mégalithes voient leur face Est particulièrement dégradées : M2, M4, M5, M7, M9 et M12. Les restauratrices soulignent qu'il s'agit des monolithes aux vitesses du son les plus basses mesurées (rapport CICRP) et donc les plus poreux, que l'on peut supposer plus microfissurés. La consolidation des zones en cours de désagrégation est assurée une nouvelle fois par des injections de résine acrylique Primal AC33 en phase aqueuse (dilution 50%). Les boursouflures sont aussi traitées avec cette résine diluée à 50% et les comblements sont réalisés avec un mélange de sable fin, poudre du granite rosé local et résine acrylique Primal AC33 (Fig.15). Des essais de traitement biocide sont faits suite à l'observation du rôle possible de certains lichens dans la progression de la décohésion granulaire (notamment les microlichens noirs). Le produit Net'toit® est appliqué dilué à 5% dans l'eau sur le mégalithe M6.

Deux petites boursoufflures en cours de détachement sont prélevées sur l'un des mégalithes (M6) et ramenées au laboratoire pour rechercher d'éventuelles cristallisations salines. Les dosages en sels solubles ont montré que les teneurs étaient inférieures à 0,05% sur tous les prélèvements mais il est possible que quelques cristallisations salines limitées expliquent la formation régulière de nouvelles boursoufflures et la reprise de certaines boursoufflures consolidées. Les observations en microscopie électronique à balayage couplées à des micro-analyses élémentaires (MEB/EDS) n'indiquent pas de contamination généralisée du granite mais la présence très localisée de chlorure de sodium dans la porosité intergranulaire du granite¹⁴. Ainsi, dans ces roches cristallines magmatiques, on peut faire le même constat que sur les marbres blancs : il ne faut pas se fier aux teneurs en sels solubles déduites d'une extraction en phase aqueuse à partir d'un échantillon de pierre réduit en poudre¹⁵. Les teneurs en sels extraits sont toujours très faibles quel que soit le degré d'altération de la pierre échantillonnée. Il semble qu'en fait des concentrations salines très localisées dans la microporosité du matériau sont capables de provoquer une altération significative. L'examen associé à des microanalyses élémentaires (MEB/EDS) est donc recommandé pour mettre en évidence la présence de sels solubles. Des essais de dessalement par compresses sont suggérés pour les campagnes à venir.

En 2019, au cours d'une réunion organisée à Ajaccio avec le LRMH, le CICRP et la restauratrice, tous les participants s'accordent sur la nécessité de dessaler les six mégalithes qui subissent des altérations actives. L'idée est de réaliser ce dessalement plutôt par bains, malgré les difficultés d'une telle opération, que par compresses pour pouvoir éliminer les sels dans toute la masse des blocs.

Le suivi a continué en 2021¹⁶. Les restauratrices font encore le constat d'une altération active sur les faces ouest des monolithes M2, M4, M5, M7, M9 et M12 malgré les multiples consolidations effectuées depuis 2008. Le bilan met aussi en évidence la durée de vie limitée des consolidations réalisées sur les zones soumises aux pressions des sels solubles (environ 7 ans). Le biocide appliqué en 2017 a fait régresser la colonisation biologique sur les 2 faces traitées. Mais la récente mise en évidence des sels solubles conduit à chercher un traitement n'apportant pas de sels d'ammonium (et des chlorures). Il est alors décidé de tester sur un autre mégalithe de l'éthanol à 30% dans l'eau comme biocide.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Fin 2022, après la crise sanitaire, la collectivité corse a repris contact avec les autres intervenants et il est possible que le programme de l'opération de dessalement se mette en place en 2023 pour une réalisation qui démarrerait dans le meilleur des cas en 2024. Plusieurs inconnues demeurent encore : où réaliser ces opérations de dessalement, sur le site en pleine campagne ou dans un hangar vers Sartène ? comment transporter les blocs en leur faisant courir le moins de risques possibles ?

Le bilan, après 15 ans de surveillance et d'interventions ponctuelles sur les mégalithes, est riche même s'il n'est globalement pas satisfaisant puisque les processus de desquamation (boursoufflure) et de désagrégation granulaire identifiés n'ont pas été stoppés par les divers traitements essayés, y compris celui appliqué par Lucien Casta en 1993, filmogène et propice à la rétention d'eau et aux colonisations biologiques. Ils ralentissent toutefois le processus sans l'endiguer. Le diagnostic est néanmoins enfin posé : des cristallisations d'halite d'origine marine, sont responsables des dégradations observées. Les mégalithes n'ont pas été extraits d'un affleurement sain, mais proviennent d'un chaos granitique qui résulte d'une longue altération climatique du massif et qui se compose d'un amoncellement de blocs de granite naturellement découpés et usés par l'érosion. Ces blocs n'ont pas les qualités mécaniques d'un granite sain fraîchement extrait : ils sont érodés et microporeux. Les solutions chargées en sels circulent dans cette nouvelle porosité capillaire et les cristallisations salines sont à l'origine des phénomènes de désagrégation et de desquamation observés.

Une fois qu'ils auront été dessalés, il n'est évidemment pas envisageable de repositionner les mégalithes à leur emplacement d'origine sur le site exposé aux embruns. Ils devront nécessairement être mis à l'abri dans un lieu de réserve ou d'exposition à définir (le musée archéologique de Sartène ?). Il faudra alors envisager d'effectuer des copies (moulage, copie numérique, restitution moulée en microbéton, en résine ou sculptée dans des blocs de granite sain... ?) pour combler les vides qui auront été créés dans l'alignement après l'enlèvement des pierres dressées les plus menacées par l'altération.

Notes

- 1- Communication présentée le 8 avril 2022 à la Médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine à Charenton-le-Pont dans le cadre de la journée d'étude du groupe Pierre-Plâtre-Terre de la SFIIC « Du granite à la kersantite. Identification et problématiques de conservation des roches magmatiques ».
- 2- Foucault et al. 2020.
- 3- Williams-Thorpe 2008. Rochette et al. 2022.
- 4- Vergès-Belmin 2008.
- 5- Ce terme désigne une desquamation qui se développe parallèlement à la surface de la pierre sculptée en suivant son modelé.
- 6- Marre et al. 1994.
- 7- Agent matifiant référencé Degussa 412.
- 8- Casta 1993. Casta, Poli non daté.
- 9- Bromblet, Vallet 2006, 2007.
- 10- Chatain 2008. Chatain 2010.
- 11- Touron, Bromblet, 2010. Vergès-Belmin 2013.
- 12- Chatain, Bois 2013.
- 13- Chatain, Bois 2017.
- 14- Bromblet 2017.
- 15- norme NF EN 16455, 2014.
- 16- Chatain, Bois 2021.

Bibliographie

FOUCAULT et al. *Dictionnaire de géologie*. Paris : Dunod, 2020.

MARRE et al. *Carte géologique n°1126 au 1/50000 de Roccapina*. Orléans : Editions du BRGM, 1994.

ROCHETTE et al. « Systematic sourcing of granite shafts from Gallia Narbonensis and comparison with other western Mediterranean areas ». *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2022, 42, 103372.

VERGES-BELMIN Véronique (coordination). *Illustrated glossary on stone deterioration patterns, English-French version*. ICOMOS XV International Scientific Committee for Stone (ISCS), 2008.

WILLIAMS-THORPE Olwen. « A thousand and one columns: observations on the Roman granite trade in the Mediterranean area ». *Oxford Journal of Archaeology*, 2008, 27, 1, p.73-89.

Inédits

BROMBLET Philippe, VALLET Jean-Marc. *Evaluation des effets du traitement de conservation appliquée par L. Casta en 1993. Alignement de statues-menhirs d'I Stantari, Sartène. Etat de conservation des statues-menhirs d'I Stantari*. Rapport de mission. Marseille : CICRP, 2006.

BROMBLET Philippe, VALLET Jean-Marc. *Etat de conservation des statues-menhirs d'I Stantari, Essais de prélèvements, rebouchage. Alignement de statues-menhirs d'I Stantari, Sartène*. Rapport de mission. Marseille : CICRP, 2007.

BROMBLET Philippe. *Etude de petites écailles de desquamation prélevées sur le mégalithe M6*. Rapport d'étude. Marseille : CICRP, 2017.

CASTA Lucien. *Opération de sauvetage du site archéologique de Cauria, Sartène (Corse du Sud)*. Rapport de restauration. Rapport de fin de mission, 1er tranche-année 1993. CNRS, laboratoire de géologie du quaternaire, 1993.

CASTA Lucien, POLI E. *Opération de sauvetage du site. Rapport final. Site archéologique de Stantari Sartène-Cauria (Corse du Sud)*. Rapport de restauration. Rapport LAPMO-UA 164 du CNRS, s.d.

CHATAIN Solène. *Rapport d'intervention. Alignement de statues-menhirs, Site d'I Stantari, Sartène*. Rapport de restauration. 2008.

CHATAIN Solène. *Rapport d'intervention. Alignement de statues-menhirs, Site d'I Stantari, Sartène*. Rapport de restauration. 2010.

CHATAIN Solène, BOIS Fabienne. *Rapport d'intervention. Alignement de statues-menhirs, Site d'I Stantari, Sartène*. Rapport de restauration. 2013.

CHATAIN Solène, BOIS Fabienne. *Rapport d'intervention. Alignement de statues-menhirs, Site d'I Stantari, Sartène*. Rapport de restauration. 2017.

CHATAIN Solène, BOIS Fabienne. *Rapport d'intervention. Alignement de statues-menhirs, Site d'I Stantari, Sartène*. Rapport de restauration. 2021.

TOURON Stéphanie, BROMBLET Philippe. *Fontanaccia. Lecture et description du monument, diagnostic sanitaire, Dolmen de Fontanaccia*. Rapport de mission. Paris-Marseille : LRMH-CICRP, 2010.

VERGES-BELMIN Véronique, TOURON Stéphanie. *Analyse d'efflorescences salines. Cauria, site archéologique, dolmen de Fontanaccia, Sartène-2A Corse du Sud*. Rapport d'étude. Paris : LRMH, 2013.

PROCESSUS D'ALTÉRATION DE LA KERSANTITE : UNE APPROCHE EN MÉCANIQUE DE LA RUPTURE ¹

Mathilde TIENNOT, chercheur post-doctoral

Centre de Recherche sur la Conservation (CRC), Museum national d'Histoire naturelle,
CNRS, Ministère de la Culture, Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques
mathilde.tiennot@culture.gouv.fr

Jean-Didier MERTZ, ingénieur de recherche

Centre de Recherche sur la Conservation (CRC), Museum national d'Histoire naturelle,
CNRS, Ministère de la Culture, Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques
jean-didier.mertz@culture.gouv.fr

Ann BOURGÈS, ingénieure de recherche

Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France

ann.bourges@culture.gouv.fr

INTRODUCTION

La kersantite mise en œuvre dans de nombreux édifices finistériens voisins du site d'extraction, à Loperhet (Finistère), et soumise aux conditions d'exposition, présente très souvent des altérations sous forme de desquamation en plaques. Les minéraux argileux sont mis en cause dans ce phénomène naturel, qui est une forme de dégradation de la pierre monumentale fréquemment observée. Afin de mieux comprendre les mécanismes en cause dans ces altérations impliquant une fissuration subparallèle à la surface, une approche en mécanique de la rupture a été proposée. Le comportement mécanique de ces pierres est étudié pour différentes sollicitations semblables aux conditions d'exposition. L'objectif de cette étude est de comprendre comment la saturation en eau (sollicitation hydrique) et l'humidité relative (sollicitation hygrique) peuvent à long terme entraîner une altération de cette kersantite.

La kersantite est la dénomination d'une roche locale qui provient du terme *kersanton* ou *kerzanton*, hameau de la rade de Brest². Il s'agit d'une variété de lamprophyre, une roche magmatique filonienne microgrenue. Cette roche ornementale et de construction dont il existe plusieurs faciès allant du noir intense au grès métallique, est plutôt rare et il n'existe actuellement plus de carrière en exploitation. C'est l'abondance des micas noirs qui confère à cette roche sa teinte et sa texture superficielle assez caractéristiques.

**Fig 1 —**

Jambage en kersantite du portail principal d'entrée à La Martyre (Finistère, 29). Aspect de la desquamation localisée de la statuaire, rapidement colonisée par des lichens, révélateur d'un état récurrent d'humidité superficielle.

© Jean-Didier Mertz.

**— Fig 2**

Morphologie caractéristique des surfaces desquamées affectant les décors sculptés et les parements de la chapelle

Saint Jean Balanant à Plouvien (Finistère, 29).

© Xavier de Saint Chamas / DRAC Bretagne.

L'altération macroscopique de la kersantite est conditionnée par divers facteurs, notamment intrinsèques à cette roche. Sur les monuments de notre patrimoine architectural, que ce soit à La Martyre (Fig.1) ou encore à Plouvien (Finistère) (Fig.2), les faciès d'altération correspondent, en dehors des effets liés à la cristallisation des sels solubles, à de la desquamation³. Le plus souvent, l'épaisseur de la plaque desquamée, quasi-constante de 1 cm, reproduit le plus souvent la morphologie des modénatures (Fig.3).

L'obtention d'un état macroscopiquement dégradé de ces pierres particulièrement denses, et significatif de la réalité *in situ*, étant difficilement reproductible dans les conditions de laboratoire, on se propose ici d'imposer une contrainte thermo-hydro-mécanique sur des lots représentatifs de kersantite saine afin d'appréhender, à différentes échelles, l'implication de sa minéralogie dans le processus d'altération. Un focus est fait sur l'implication de certains minéraux phylliteux primaires ou hérités de l'altération, dans le processus de fissuration. Des résultats complémentaires issus de cette étude ont été présentés dans de précédentes publications⁴.

**Fig 3 —**

Chapelle Saint Jean Balanant à Plouvien (Finistère, 29).

L'épaisseur constante des plaques desquamées de kersantite témoigne de l'altération de la pierre pour les conditions environnementales et microclimatiques locales.

© Xavier de Saint Chamas / DRAC Bretagne.

CARACTERISATION MINERALOGIQUE ET STRUCTURALE DE LA KERSANTITE

Par la nature chimique du magma originel et des conditions de sa mise en place à l'échelle des temps géologiques, la kersantite (un lamprophyre) se caractérise généralement par l'abondance de micas noirs, d'olivine et de minéraux phylliteux, inclus dans une pâte riche en feldspaths plagioclases calco-sodiques (type andésine, labrador ou anorthite) présentant eux-mêmes une certaine sensibilité à l'altération météorique (dissolution). La relativement grande taille de ses minéraux traduit une mise en place plutôt lente des intrusions filoniennes. Les minéraux constitutifs de la kersantite les plus fragiles sont les phyllites, comme les micas, mais aussi d'autres minéraux comme la séricite, dont l'origine est primaire, c'est-à-dire qu'elle a cristallisé dès le début du processus de formation de la roche, ou secondaire, c'est-à-dire dans ce cas en lien avec un processus d'altération puis de néoformation qui s'effectue préférentiellement au détriment des plagioclases. Ces minéraux sont généralement riches en fer et/ou magnésium. A l'échelle millimétrique, les micas forment des plaquettes empilées sous forme de feuillets et sont donc déformables.



Selon les affleurements, les compositions minéralogiques peuvent varier. Pour cette étude, la kersantite utilisée provient de Loperhet (Finistère). Elle contient des pyroxènes, de l'olivine, des feldspaths plagioclases ainsi que du quartz et des micas noirs de type biotite, présents en quantité importante (*Fig.4*). Les phénocristaux de mica sont bien identifiés. Ces minéraux se trouvent dans un état d'altération peu avancé mais côtoient de nombreux amas de séricite et de talc, produits en partie issus de la dégradation des plagioclases matriciels, identifiés en microscopie optique et par diffractométrie des rayons X. Les feldspaths et les biotites présentent des degrés d'avancement différents de leur altération intrinsèque, mais ces deux phases sont toujours imbriquées et constituent ensemble la matrice de la kersantite. Bien qu'une analyse statistique d'une éventuelle orientation préférentielle des micas n'ait pas été menée, l'appréciation visuelle et macroscopique de cette roche permet de la considérer comme isotrope.

La porosité accessible de la kersantite mesurée par injection de mercure sous pression selon la norme ASTM D44-04⁵ est très faible, inférieure à 2 %, rendant difficile la caractérisation d'un rayon moyen de pore réellement significatif.

Fig 4 ■

Observation pétrographique d'une lame mince de kersantite en lumière polarisée, où les biotites et la séricite (zones blanches) issue de la dégradation des feldspaths, sont visibles.

© Mathilde Tiennot.

METHODOLOGIES POUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT HYDROMECHANIQUE DE LA PIERRE

Propriétés mécaniques

Des blocs de kersantite de Loperhet de 10x20x30 cm ont été mis à notre disposition. Des carottes de 40 mm de diamètre et 80 mm de longueur sont prélevées dans ces blocs sans orientation particulière du fait du caractère isotrope de cette roche.

Les propriétés élastiques dynamiques sont quantifiées grâce à l'appareil Grindosonic, analysant la vitesse de propagation des ondes élastiques au sein des éprouvettes cylindriques préparées, et permettant de déterminer le module d'Young E , le module de cisaillement G et le coefficient de Poisson ν à partir de mesures non destructives⁶.

Afin d'étudier les mécanismes de fissuration impliqués dans la dégradation macroscopique de la kersantite, une approche en mécanique de la rupture a été mise en œuvre sur des échantillons préparés à partir de carottes. Parmi les nombreuses configurations à notre disposition pour évaluer la ténacité K_{IC} des roches, soit leur capacité à résister à l'initiation de la fissuration, l'essai de type « Semi-Circular Bending (SCB) », qui est un essai classique utilisé en géosciences pour déterminer le comportement mécanique des roches, consistant à préparer des demi-lunes (Fig.5) à partir de carottes prélevées sur site, et à les entailler pour étudier les mécanismes de fissuration, avait au préalable été validé pour nos échantillons de 40 mm de diamètre⁷. Pour cet essai SCB, des échantillons semi-circulaires sont sollicités en flexion 3-points par une force F appliquée à une vitesse de $0,2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Les échantillons utilisés pour cette étude mesurent $D = 40 \text{ mm}$ de diamètre ($R = 20 \text{ mm}$) pour une épaisseur de $t = 20 \text{ mm}$, afin de respecter un ratio $t/R = 1^8$, et la distance entre les appuis $2S$ est telle que $S/R = 0,6$. Pour nos mesures de ténacité (en mode I), une entaille est préparée à l'aide d'une scie diamantée dans l'échantillon, alignée avec l'axe de la sollicitation F . Cette entaille mesure 1 mm de largeur et $a = 4 \text{ mm}$ de longueur, pour obtenir un ratio $a/t = 0,2$.

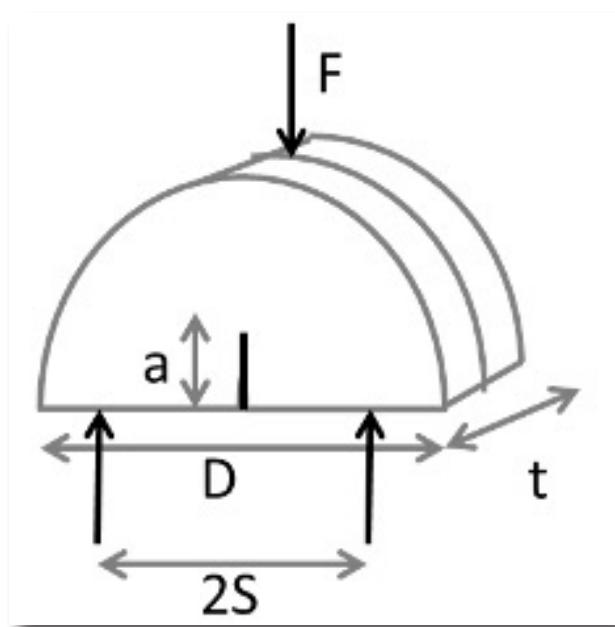


Fig 5 ■

Schéma et paramètres des échantillons utilisés pour les essais de type Semi-Circular Bending (SCB).

© Mathilde Tiennot.

Conditionnement hygrique et hydrique

Des échantillons de roche sont soumis à des sollicitations hydriques (eau liquide) et hygriques (variations d'humidité relative) afin d'étudier l'impact de l'eau sur l'évolution de leur comportement hydromécanique.

L'état initial sec des échantillons, constituant la référence pour cette étude, est obtenu par séchage à l'étuve à 60°C jusqu'à masse constante. On considère que cette température n'est pas suffisante pour modifier et dégrader de manière irréversible les minéraux phylliteux les plus sensibles de la kersantite.

Les échantillons (éprouvettes cylindriques et échantillons SCB) soumis aux sollicitations hygriques répétées sont placés dans une enceinte où ils sont soumis à 3 et 7 cycles de variation d'humidité relative en condition isotherme ($T = 20^{\circ}\text{C}$), chaque cycle répétant une phase d'humidification de 25 à 97 % pendant 96 heures suivie d'une phase de séchage jusqu'à 25 % pendant 72 heures.

La saturation en eau liquide, permettant d'étudier le comportement hydrique des échantillons, est préparée selon le protocole de saturation progressive en eau à pression atmosphérique, pendant 48 heures⁹. Les éprouvettes sont placées dans de l'eau, jusqu'au quart de leur hauteur. Après 1 h, de l'eau est ajoutée jusqu'à mi-hauteur. Au bout de 24 h, les éprouvettes cylindriques sont immergées et le restent pendant les 24 h suivantes.

| | Module élastique (GPa) | Ténacité K_{IC} (MPa. \sqrt{m}) |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Etat Initial Sec | 46.2 (± 0.54) | 1.08 (± 0.21) |
| Variation hygrique 3 cycles | 46.0 (± 0.94) | 1.09 (± 0.17) |
| Variation hygrique 7 cycles | 46.9 (± 0.21) | 1.05 (± 0.12) |
| Saturation en eau liquide | 48.38 (± 0.62) | 0.66 (± 0.07) |

ETUDE DU COMPORTEMENT HYDROMECHANIQUE DE LA PIERRE RESULTATS

Propriétés élastiques, ténacité et cinétiques de fissuration

Les analyses ont permis de quantifier expérimentalement la ténacité (mode I) et les propriétés élastiques dynamiques de la roche à l'état initial, et de suivre l'évolution de ces propriétés face à des sollicitations hydriques et hygriques. Les valeurs obtenues sont présentées dans le tableau Fig.6.

Les modules élastiques évoluent peu avec les sollicitations hydriques et hygriques, et aucun endommagement mécanique significatif n'est à noter pour cette pierre.

■ **Fig 6**
Propriétés mécaniques de la kersantite de Loperhet pour différentes sollicitations hydriques et hygriques.

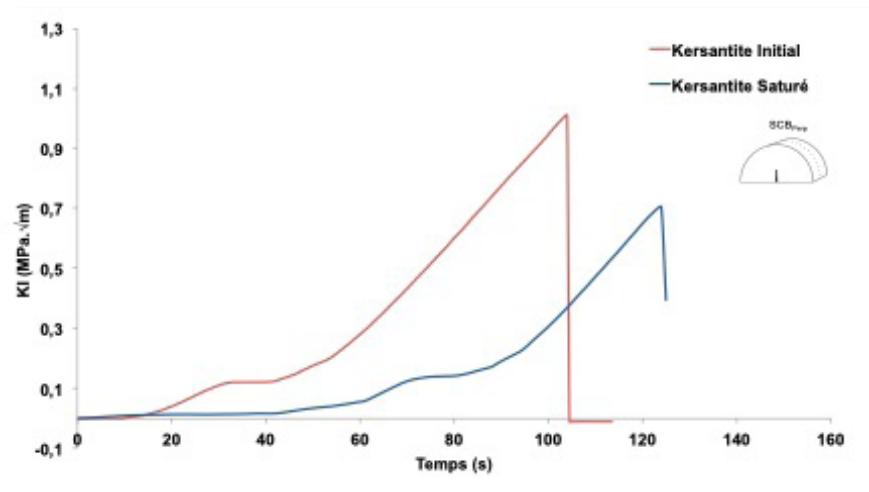
La ténacité de la kersantite est plus sensible aux diverses sollicitations. Les 3 cycles de variations hygriques répétées n'ont pas d'impact sur le comportement à fissuration. La ténacité K_{IC} de la kersantite présente de premiers signes de diminution après 7 cycles de variation d'humidité relative. La saturation en eau liquide est la sollicitation qui affecte le plus la ténacité de la pierre, avec une chute significative mesurée à $K_{IC} = 0,66 \text{ MPa.}\sqrt{\text{m}}$.

La kersantite présente un comportement fragile, avec une fissuration instable très rapide. Après saturation en eau liquide, la fissure macroscopique s'initie après une sollicitation mécanique plus longue, modifiant la cinétique de fissuration au sein de cette roche (Fig.7). La présence d'eau liquide au sein de la kersantite entraîne une perte de sa capacité à résister à l'initiation de la fissuration, et modifie la cinétique de fissuration.

■ **Fig 7**

Comportement de la kersantite de Loperhet à l'état initial et après saturation en eau liquide, lors d'un essai de type SCB.

© Mathilde Tiennot.



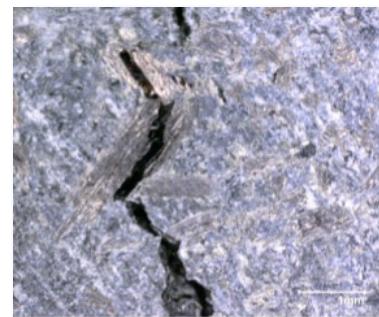
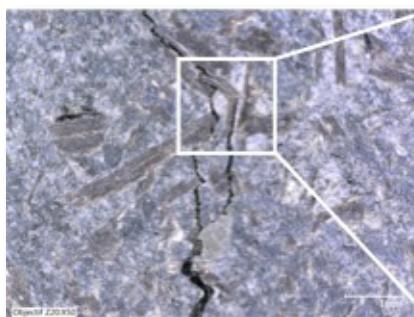


Fig 8 —

Trajet de fissuration dans un échantillon à l'état initial.

© Mathilde Tiennot.

Fig 9 —

Trajet de fissuration dans un échantillon après 3 cycles de sollicitation hygrique.

© Mathilde Tiennot.

INFLUENCE DES PHYLLOSILICATES SUR LES PROCESSUS DE FISSURATION

Les trajets suivis par la fissure apportent des informations sur les fragilités locales et les orientations privilégiées. Les parcours suivis par la fissure sont en effet fortement influencés par la nature des minéraux rencontrés. Les zones plus brillantes correspondent à la séricite, petits cristaux blancs clivés présentant une morphologie de paillettes aciculaires ou d'aiguilles flexueuses. A l'état initial, la fissure contourne les minéraux les plus rigides, tels que les grains de quartz, tandis que les biotites, micas noirs aisément identifiables dans cette pierre, subissent des déformations de cisaillement et des délaminations importantes dans le sens de leur clivage naturel. Ces délaminations locales apparaissent notamment au niveau de zones de fragilité que sont les interfaces entre les feuillets et les zones blanches de silice cristallisée au sein des biotites (Fig.8). Le cisaillement de ces minéraux a en effet lieu le long de ces cristallisations, dont de fines particules se détachent par décohésion après propagation de la fissure.

Après 3 cycles de variations d'humidité relative, peu de différences sont à noter pour les échantillons de kersantite. Comme pour l'état initial, les trajets de fissuration suivent les grains les plus durs, qui sont contournés, tandis que les biotites se délaminent et/ou se fragmentent selon leur plan préférentiel de clivage. Les feuillets, ainsi individualisés, peuvent présenter des déchirures, indiquant une fragilisation de ces minéraux (Fig.9).

La fragilisation des phyllosilicates est notamment observée après la saturation en eau liquide pendant 48 heures, traduisant l'effet d'un état de saturation croissant en eau sur la dégradation intrinsèque de ces minéraux et la chute des propriétés élastiques de la pierre. Dans ces conditions, des biotites fissurées perpendiculairement aux feuillets et à leur plan de clivage naturel sont visibles (Fig.10). La sensibilité à l'eau liquide de ces phyllosilicates est ainsi mise en évidence.



Fig 10 —

Trajet de fissuration dans un échantillon après saturation en eau liquide.

Les biotites sont fragilisées et la fissuration se propage dans la direction perpendiculaire au plan naturel de clivage.

© Mathilde Tiennot.

CONCLUSION

Les processus impliqués dans l'altération de la kersantite de Loperhet, en particulier dans la desquamation en plaque, ont été étudiés par une approche en mécanique des matériaux. L'évolution des propriétés mécaniques, et notamment de la ténacité, suite à des variations d'humidité relative et lors de la saturation en eau liquide, a pu être caractérisée. Les faciès de rupture ont également été analysés pour appréhender les paramètres déterminants dans l'initiation de la fissuration au sein de cette roche magmatique. Les résultats indiquent que la nature des phases minérales présentes dans la roche, notamment des phyllosilicates, leur répartition ainsi que leur degré de dégradation chimique sont impliqués dans la dépendance du comportement mécanique macroscopique de la kersantite aux conditions naturelles d'exposition. Ces phases présentent une grande sensibilité à l'eau liquide ainsi qu'aux phénomènes d'adsorption, et sont insidieusement fragilisées et fatiguées mécaniquement lors des sollicitations hydriques et hygriques périodiquement répétées. Les minéraux argileux, primaires ou néoformés, ont ainsi été identifiés comme des facteurs clés de la dégradation, favorisant l'endommagement et la fissuration de la pierre, par décohésion intragranulaire influençant leur microstructure.

Sur les édifices exposés aux sollicitations météoriques, le vieillissement puis l'altération des pierres de kersantite résultent de l'influence conjointe de deux facteurs essentiels, les apports météoriques de sels, et la constitution minéralogique et notamment la présence des argiles, reconnues pour leur caractère particulièrement délétère dans la dégradation de la pierre.

Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement Christine Jablonski, Maël Kervillec et Joël Kerhervé pour la mise à disposition des blocs de kersantite de Loperhet.

Notes

1- Cette publication fait suite à la communication présentée dans le cadre de la journée d'étude du groupe « Pierre-Plâtre-Terre » de la SFIIC, sur le thème « Du granite à la kersantite : Identification et problématiques de conservation des roches magmatiques », qui s'est tenue le 8 avril 2022 à la Médiathèque de l'architecture et du patrimoine, à Charenton Le Pont.

2- Chauris 2010.

3- Icomos 2008.

4- Tiennot 2017. Tiennot, Mertz, Bourgès 2018.

5- ASTM D44-04 2010.

6- Tiennot 2019.

7- Ouchterlony 1990. Hateway 2009. Tutluoglu, Keles 2011. Tiennot, Bourgès 2016.

8- Lim, Johnston, Choi 1993.

9- Hirschwald 1908.

Bibliographie

ASTM D44-04. Standard Test Method for Determination of Pore Volume and Pore Volume Distribution of Soil and Rock by Mercury Intrusion Porosimetry, 2010. ASTM International, West Conshohocken, 2010.

CHAURIS Louis. *Le kersanton, une pierre bretonne*. Rennes/Quimper : PUR/Société archéologique du Finistère, 2010.

HATEWAY Allen. *The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006*. Rapport technique. Salzburg : International Society of Rock Mechanics, 2009.

HIRSCHWALD Julius. *Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit*. Berlin : Verlag von Wilhelm Ernst and Sohn, 1908.

LIM Wilson, JOHNSTON Ian, CHOI Xavier. « Stress intensity factor for semi- circular specimens under three-point bending ». *Engineering Fracture Mechanics*, 1993, 44, p.363-382.

OUCHTERLONY Finn. « Fracture toughness testing of rock with core based specimens ». *Engineering Fracture Mechanics*, 1990, 35, p.351–366.

TIENNOT Mathilde. *Influence des propriétés physico-mécaniques des minéraux argileux dans l'altération de la pierre monumentale*. Thèse de doctorat, sous la direction de Ann Bourgès : Physique et Chimie des Matériaux. Paris : Université Pierre et Marie Curie, 2017.

TIENNOT Mathilde, BOURGES Ann. « Evaluation of small core-based specimens for characterization of stone deterioration ». *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2016, 84, p.69–73.

TIENNOT Mathilde, MERTZ Jean-Didier, BOURGES Ann. « Sensitivity of kersantite toughness to moisture: influence of phyllosilicates ». *Environmental Earth Sciences, Stone in the Architectural Heritage: from quarry to monuments environment, exploitation, properties and durability*, 2018, 77.

TUTLUOGLU Levent, KELES Cigdem. « Mode I fracture toughness determination with straight notched disk bending method ». *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2011, 48, p.1248-1261.

VERGES-BELMIN Véronique et al. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns - Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre*. ICOMOS, 2008.

CHÂSSIS À TENSION AUTORÉGULÉE, DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE¹

Alain ROCHE, ingénieur, conservateur-restaurateur de peinture, spécialisé dans les traitements des supports

Laboratoire d'Analyse et de Recherche pour la Conservation et la Restauration des Oeuvres d'Art (LARCROA)

a.roche@larcroa.fr

INTRODUCTION

Un tableau est aux yeux du public un objet esthétique qui s'apparente à un tout. Ce même tableau, aux yeux des professionnels de la conservation, s'identifie à une entité qui du point de vue esthétique forme un ensemble homogène, mais du point de vue physique est constitué d'un assemblage complexe d'éléments hétérogènes.

Ces deux points de vue, intimement imbriqués, créent la nature même de l'œuvre. Quand la structure du tableau ne joue plus son rôle, l'esthétique s'altère.

Depuis plusieurs siècles, un bon nombre d'artistes ont réalisé des tableaux sur des toiles apprêtées, tendues sur un cadre en bois fixe et rigide. Seuls le temps et les apports de la science ont permis aux artistes de faire évoluer cette technique en choisissant de nouveaux matériaux. Ces peintures présentent, à quelques variantes près, deux niveaux de structure :

- un support constitué d'un châssis et d'une toile encollée ;
- une couche picturale composée d'une préparation et de couches de couleurs.

La fabrication d'une peinture sur toile atteste bien que le châssis est un élément constitutif du tableau, une partie intégrale de l'œuvre, qui a une valeur historique.

C'est une vérité qui mérite bien d'être démontrée, car autrefois, dans les ateliers de rentoilage², il était d'usage de changer les châssis et de les mettre au rebut, quel que soit leur état. Si l'histoire matérielle du tableau est racontée, c'est le plus souvent au revers de la peinture, sur le châssis. Elle s'inscrit dans le temps, grâce à la présence d'étiquettes, d'inscriptions, de cachets de cire, de tampons, etc. qui s'ajoutent au fur et à mesure et qui marquent les étapes de la vie de l'œuvre.

Dans les années 1950, les responsables de collections et les services de restauration de musées ont pris conscience de l'intérêt que représentent ces informations. On a commencé à les conserver et les documenter. Les châssis, au lieu d'être mis au rebut, ont fait l'objet de restaurations, de consolidations, de transformations en vue d'être conservés comme témoin d'authenticité et d'être réutilisés comme élément d'origine de la structure.

**Fig 1**

La Villa Médici. Achille Bénouville, 1869.

Musée Vivenel, Compiègne.

Détail de craquelures mécaniques.

©Alain Roche.

UN ÉTAT DE CONSERVATION DES TABLEAUX INQUIÉTANT

En travaillant plus de 30 ans dans les ateliers de restauration institutionnels, les œuvres qui m'ont été confiées, présentaient pour la plupart d'entre elles de graves problèmes structuraux. Ils allaient des pertes de cohésion de la matière picturale, qui se manifestaient par des craquelures et réseaux de craquelures, aux pertes d'adhésion avec des soulèvements et disparition de la matière picturale. À ce stade, ces altérations révèlent un état de dégradation des peintures très avancé (*Fig. 1*).

A priori, ce phénomène peut s'expliquer par l'impact du temps sur l'œuvre et par conséquent son vieillissement temporel. Mais qu'en est-il des peintures modernes et récentes comme celle de Karel Appel ? Cette œuvre présente déjà, comme tant d'autres, des traces profondes de dégradations mécaniques, dites prématuées (*Fig. 2*).

**Fig 2** ■

Crying Crab. Karel Appel, 1954.

Stedelijk Museum, Amsterdam.

Détail de craquelures mécaniques prématuées.

© Alain Roche.

Pourquoi ces dégradations structurelles apparaissent-elles si rapidement ?

De nombreuses études³ ont mis en évidence l'impact des conditions climatiques sur la conservation des œuvres. Elles se manifestent, en ce qui concerne les peintures sur toile, par des variations de tensions provoquées par les fluctuations d'humidité et de température de l'environnement⁴. À plus ou moins long terme, ces variations de tension sont responsables d'une fatigue⁵ mécanique qui se traduit par une dégradation des peintures.

Pour limiter les effets des variations de tensions, dès la fin du XIX^{ème} siècle, certains peintres, puis des restaurateurs ont intuitivement proposé de tendre les peintures sur des châssis à tension autorégulée⁶. Ce sont des châssis qui se déforment dans le plan du tableau sous l'effet des tensions. De nombreux prototypes construits empiriquement ont été mis au point, en vue de traitements spécifiques. Peu de publications ont été éditées sur ces châssis et à ma connaissance aucune approche théorique et expérimentale n'a démontré l'efficacité de ces systèmes de régulation.

Rappel théorique

Pour répondre à ces questions il faut se rappeler, d'une part que les peintures renferment des matériaux hydrophiles sensibles à l'eau et hydrophobes sensibles aux températures et d'autre part qu'elles sont soumises, comme tous les matériaux, à des lois qui décrivent leurs comportements mécaniques.

La loi⁷ qui relie la tension (t), le module d'élasticité (E), l'épaisseur (e) considérée comme constante⁸ et la déformation relative (ε) s'écrit sous la forme suivante :

$$t_{\text{peint.}}(E, \varepsilon) = E (\text{HR ou } T) \cdot e^{\text{cte.}} \cdot \varepsilon (\text{HR ou } T) \quad (1)$$

Peinture tendue

Lorsque la peinture est tendue sur un châssis standard les montants sont fixes. On peut donc considérer que la déformation relative (ε) est constante et l'expression de la tension devient :

$$t_{\text{peint.}}(E) = E (\text{HR ou } T) \cdot e^{\text{cte.}} \cdot \varepsilon^{\text{cte.}} \quad (2)$$

La tension est provoquée initialement par l'étirement de la toile. Une fois fixée sur les bords et recouverte de la couche picturale à l'état sec, elle est proportionnelle au module d'élasticité de la peinture. Quand le module d'élasticité change avec l'humidité relative (HR) ou la température (T), les tensions varient. Ces variations de tension vont entraîner dans la peinture une fatigue mécanique qui est responsable des dégradations.⁹

Par ailleurs, en soumettant une peinture à un gradient d'humidité ou de température on obtient une courbe dite « diagramme de sensibilité » à l'humidité ou à la température. Elle s'exprime mathématiquement par une fonction polynomiale¹⁰ du 4^o:

$$\begin{aligned} t_{\text{peint.}}(\text{HR ou } T) &= a + b \cdot \text{HR ou } T + c \cdot \text{HR}^2 \text{ ou} \\ &\quad T^2 + d \cdot \text{HR}^3 \text{ ou } T^3 + e \cdot \text{HR}^4 \text{ ou } T^4 \end{aligned} \quad (3)$$

Cette expression permet de calculer la valeur de la tension pour chaque valeur d'humidité relative ou de température. Elle peut se simplifier en posant :

$$\begin{aligned} a &= t_{\text{initiale}} \text{ et } \Delta t(\text{HR ou } T) = b \cdot \text{HR ou} \\ &\quad T + c \cdot \text{HR}^2 \text{ ou } T^2 + d \cdot \text{HR}^3 \text{ ou} \\ &\quad T^3 + e \cdot \text{HR}^4 \text{ ou } T^4 \end{aligned}$$

pour devenir :

$$t_{\text{peint.}}(\text{HR ou } T) = t_{\text{initiale}} + \Delta t(\text{HR ou } T) \quad (4)$$

Peinture libre

Une peinture libre est une peinture qui n'est pas tendue ni suspendue, elle peut subir des déformations. D'après la loi (1) la déformation relative dépendant de l'humidité ou de la température s'écrit :

$$\varepsilon(\text{HR ou T}) = \frac{l_{(0)} - l_{(\text{HR ou T})}}{l_{(0)}} = \frac{\Delta l_{\text{peint}}}{l_0}$$

(5)

l_0 est la longueur ou largeur initiale de la peinture, $l_{(\text{HR ou T})}$ est la longueur ou largeur de la peinture soumise à une variation d'humidité ou de température. La variation dimensionnelle d'une peinture libre est : Δl_{peint} .

Dans ce cas, les contraintes dans une peinture libre sont faibles, ce sont les contraintes originelles, dues à la mise en œuvre de celle-ci. La tension est nulle.

C'est en partant de ce principe, que l'on a introduit dans les châssis, des systèmes élastiques, pour réguler les tensions. Le système élastique $\Delta_{\text{syst.élast}}$ doit s'adapter aux variations dimensionnelles de la peinture c'est-à-dire :

$$\pm \Delta l_{\text{peint}} = \pm \Delta_{\text{syst.élast}}$$

(6)

Si les variations dimensionnelles de la peinture sont compensées par le système élastique on peut écrire :

$$\Delta l_{\text{peint}} = \Delta_{\text{syst.élast}} \text{ donc } \Delta l_{\text{peint}} - \Delta_{\text{syst.élast}} = 0$$

(7)

L'expression de la tension (t) peut s'exprimer en termes de variation :

$$\Delta t_{\text{peint.}}(\text{HR ou T}) = \Delta E(\text{HR ou T}) \cdot e^{\text{cte}} \cdot \Delta \varepsilon(\text{HR ou T})$$

(8)

En introduisant le dispositif élastique dans l'équation, elle devient

$$\Delta t_{\text{peint.}}(\text{HR ou T}) = \Delta E(\text{HR ou T}) \cdot e^{\text{cte}} \cdot \left(\frac{\Delta l_{\text{peint.}} - \Delta_{\text{syst.élast.}}}{\Delta l_0} \right)$$

(9)

Dans le cas où

$$\Delta l_{\text{peint.}} = \Delta_{\text{syst.élast.}} \text{ donc } \Delta t(\text{HR ou T}) = 0$$

On démontre à partir de l'équation (4)

$$t_{\text{peint.}}(\text{HR ou T}) = t_{\text{initiale}} + \Delta t(\text{HR ou T})$$

que tension est égale à la tension initiale et elle est constante :

$$t_{\text{peint.}}(\text{HR,T}) = t_{\text{initiale}} = t^{\text{cte}}$$

(10)

Cette approche théorique, fondée sur les lois de comportement des peintures, démontre que la tension a une valeur constante égale à la tension initiale, quelle que soit l'humidité relative ou la température. La partie expérimentale qui fait suite a pour objectif de vérifier la fiabilité d'un système élastique basé sur la flexibilité d'une lame métallique spécialement conçue pour s'adapter sur des châssis historiques.

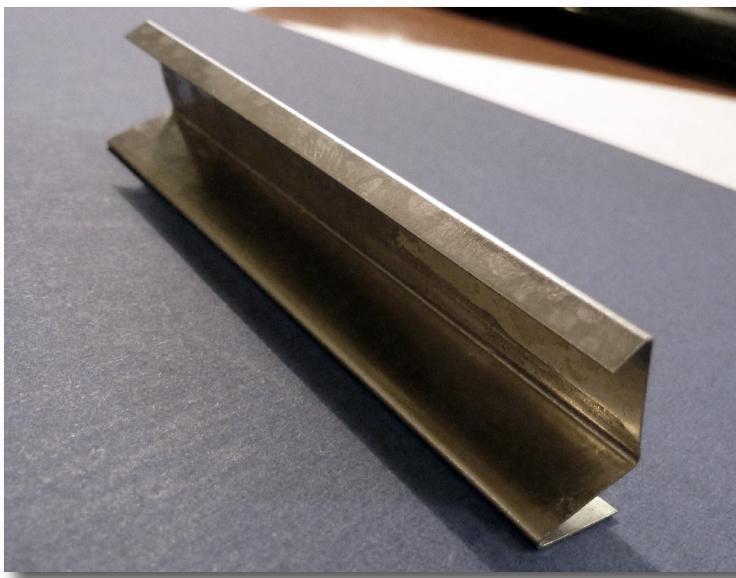


Fig 3 ■

Lame du Système de Tension Auto-Régulée.
© Alain Roche.

Principe de fonctionnement des châssis à tension autorégulée S.T.A.R®.

Le Système de Tension Auto-Régulée S.T.A.R® est basé sur l'élasticité d'une lame en acier spécial de 8 cm de long et dimensionnée pour répondre aux sollicitations des peintures (Fig3).

Le déplacement de la lame¹¹ est défini par

$$\Delta l_{\text{lame}} = \Delta_{\text{peint.}} \cdot C_{\text{lame}} \quad (11)$$

ou

$$C_{\text{lame}} = \left(\frac{4l^3}{E^3} \right) \cdot \frac{1}{E_{\text{lame}}} \quad (12)$$

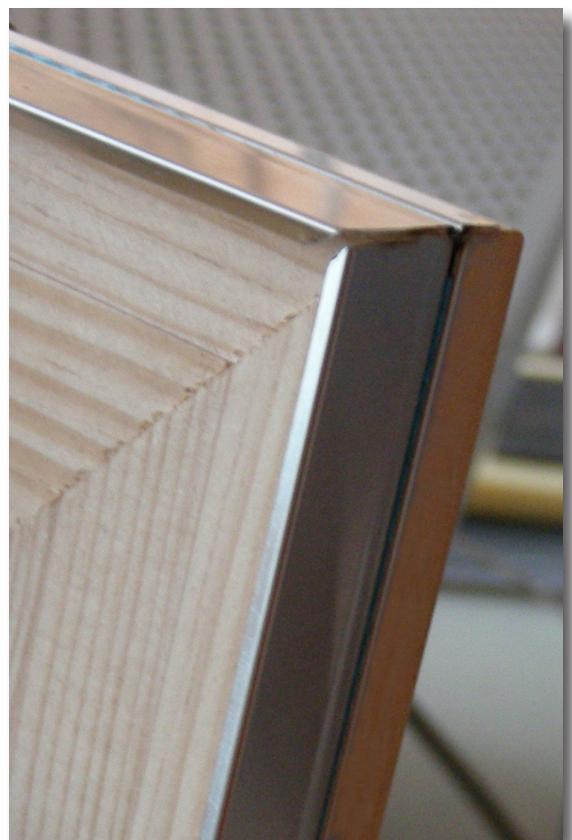
C_{lame} correspond aux caractéristiques géométriques et mécaniques de la lame.

Cette lame s'adapte sur la plupart des châssis d'origine ou historique moyennant de petites transformations. Elle nécessite la création d'une rainure et d'un chanfrein le long du périmètre extérieur des montants. Les lames sont encastrées dans la rainure. Selon le profil du châssis ou son état de conservation, les lames peuvent être collées. Aux angles, elles doivent être ajustées pour leur permettre de fléchir sans se bloquer (Fig.4).

Enfin, elles sont recouvertes d'un film de téflon pour diminuer les effets de frottement de la toile sur la lame et faciliter son déplacement.

■ **Fig 4**
Ajustement des lames aux angles.

© Alain Roche.





P1- Toile de coton préparée avec une enduction vinylique

P2- Peinture huile sur toile de coton préparation vinylique

P3- Peinture acrylique sur toile de coton préparation vinylique

P4- Peinture acrylique sur papier C. Bonnefoi 2018 .

P5- « Desio Laszlo vers 1950 » peinture huile sur toile.

Approche expérimentale

Pour démontrer l'efficacité de ce système de régulation de S.T.A.R®, nous avons effectué une étude sur une toile commerciale préparée et quatre types de peintures représentatives des techniques les plus utilisées par les artistes actuels (Fig.5).

Description des échantillons.

P1- Toile de coton préparée avec une enduction vinylique commercialisée au Canada et aux États-Unis. Échantillon fourni par Gesplan. La toile Gesplan se caractérise par une armure louisine¹², une masse surfacique de 400g/m², une contexture de 23 doubles fils/cm en chaîne et 16 fils/cm en trame.

P2- Peinture huile sur toile Gesplan - « croisée RBV-2018 ». La toile de coton Gesplan a été recouverte par une série de couches de peinture à l'huile de qualité Beaux-arts Rembrandt®.

P3- Peinture acrylique sur toile Gesplan « Points-Croix-2018 ». La toile de coton Gesplan a été recouverte d'une série de couches de peinture acrylique Beaux-arts Liquitex® et Lascaux®.

P4- Peinture acrylique sur papier. C'est un fragment d'une peinture de Christian Bonnefoi¹³ de 2018 récupéré dans son atelier. Cette technique est très représentative des techniques utilisées par l'artiste ces dernières années. Il applique une peinture à base de Plextol® B 500 pigmenté sur un papier très fin, appelé aussi papier de soie.

P5- « Desio Laszlo vers 1950 » peinture huile sur toile historique. Cette peinture est composée d'une fine toile de lin ou de chanvre oxydée, d'une préparation blanche à base de sulfate de calcium et de baryum et plusieurs couches de peinture à l'huile dont un blanc de zinc, des oxydes de fer, du rouge de cadmium. Le médium de ces pigments est une huile siccative.

Cette étude se déroule en 2 étapes.

Première série d'essais.

Les 5 peintures sont fixées entre les attaches de la Machine de Tests Universels (UTM), équipée d'une enceinte climatique, alimentée en air humide et sec par un générateur Mini One programmable permettant de générer des cycles d'humidité à température constante¹⁴ (Fig.6).



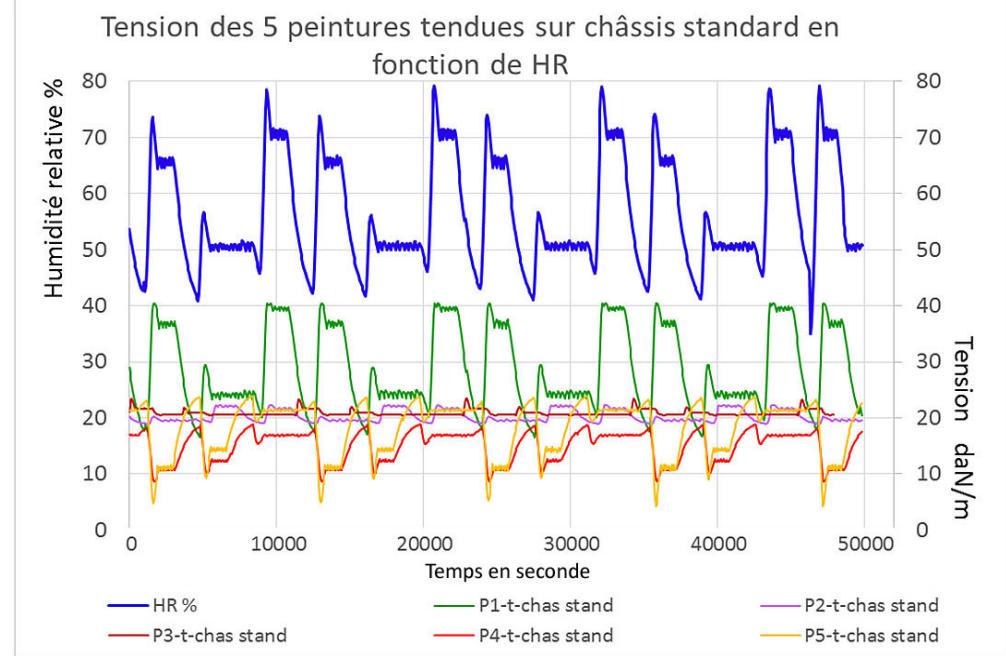
Fig 6

Dispositif expérimental

essai 1.

© Alain Roche.

Fig 7
Essais 1.
Variation de tension des
5 peintures soumises
à des cycles d'humidité.



Les échantillons de peinture sont soumis à des essais de relaxation¹⁵ associés aux cycles d'humidité sur 12 h selon le programme suivant :

50% - 70% HR durée 30 minutes
70% - 30% HR durée 30 minutes
30% - 65% HR durée 30 minutes
65% - 25% HR durée 30 minutes
25% - 50% HR durée 60 minutes

En leur imposant une déformation constante, les éprouvettes de peinture se trouvent tendues comme sur des châssis fixes standard. Ce dispositif, piloté par un ordinateur, permet de suivre les variations de tension et de les enregistrer en fonction du temps et des cycles d'hygrométrie qui ont été programmés. Les résultats sont représentés par les 5 courbes des peintures de la Figure 7.

La courbe bleue représente les cycles d'humidité relative. Les autres courbes, assignées aux peintures, répondent à la loi du comportement mécanique de l'équation (1) et aux équations des fonctions polynomiales (3) de ces peintures. Pour chaque type de peinture, on peut faire les remarques suivantes pour l'écart maximum $\Delta HR = 44\%$:

P1 (vert) toile de coton apprêtée – Gesplan, l'écart de tension est de $\Delta t = 27,5$ daN/m et correspond à une forte sensibilité à l'humidité de cette toile. La tension augmente lorsque l'humidité augmente. La toile de coton impose son comportement par rapport à l'enduction.

P2, P3 (violet, marron) huile et acrylique sur toile de coton apprêtée - Gesplan – l'écart des tensions sont respectivement de $\Delta t = 3,31$ daN/m et $\Delta t = 2,97$ daN/m. Ces deux peintures ont une faible réactivité à l'humidité, leurs tensions diminuent lorsque l'humidité relative augmente. Ce sont les couches picturales huile et acrylique qui imposent leur comportement, puisqu'elles modifient profondément le comportement de la toile Gesplan.

P4 (rouge) la peinture de Christian Bonnefond est une technique sur papier (matière fortement hydrophile) – l'écart de tension $\Delta t = 10,39$ daN/m atteste que la technique est relativement sensible à l'humidité. Sa tension décroît lorsque l'humidité augmente.

P5 (jaune) la peinture à l'huile sur toile de lin encollée « année 50 » - l'écart de tension $\Delta t = 19,73$ daN/m révèle une peinture très sensible à l'humidité. Elle subit une forte chute de tension quand l'humidité s'élève. Comme la toile oxydée est assez peu réactive, ce sont les matières protéiniques de l'encollage et de la préparation qui imposent leurs comportements.

Ces résultats permettent une classification des peintures en fonction de leurs sensibilités à l'humidité croissantes $P2 \leq P3 < P4 < P5 < P1$

Deuxième série d'essais

Dans cette nouvelle étape, le dispositif expérimental comprend un accessoire complémentaire. Il est constitué par 2 sections de châssis S.T.A.R® sur lesquelles les peintures sont agrafées. Ces sections sont fixées entre les mors de la machine de tests par l'intermédiaire d'emprises. Sur ce dispositif expérimental, la peinture se trouve tendue et agrafée, dans les mêmes conditions que sur un châssis équipé du système S.T.A.R®¹⁶.

Le même essai de relaxation est programmé sur ce dispositif pour suivre les variations de tension en fonction du temps et des cycles d'hygrométrie (Fig.8).

Les résultats sont présentés sur le graphe de la Figure 9.

Ce dispositif intègre le système de régulation de tension S.T.A.R®. Les cycles programmés d'humidité relative (courbe bleue) ne provoquent pas de variation de tension dans les peintures. Ce comportement illustre parfaitement bien la capacité de ce système à réguler les tensions de manière à ce qu'elles soient constantes. Ces résultats sont confirmés par l'approche théorique vue précédemment.

Fig 8

Dispositif expérimental
essai 2.
© Alain Roche.



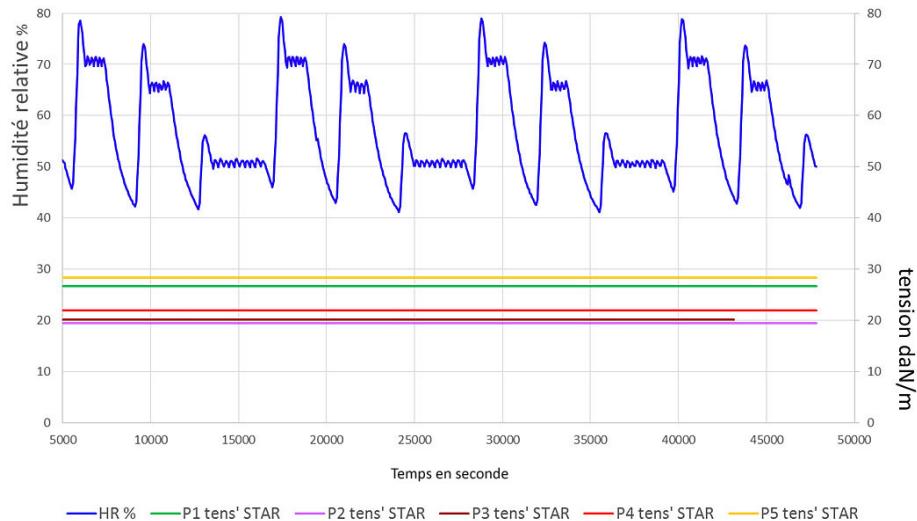
Dans cet essai, les tensions des différentes peintures sont : P1 ($t = 26,6$ daN/m), P2 ($t = 19,5$ daN/m), P3 ($t = 20,2$ daN/m), P4 ($t = 21,9$ daN/m) et P5 ($t = 28,3$ daN/m). Selon l'équation (10) ces tensions correspondent aux tensions initiales, restées constantes.

Pour la variation de l'humidité de $\Delta HR = 44,2\%$ nous constatons que les écarts de tension pour les peintures P3, P4 sont nuls, P1, P2, les écarts sont de 0,001 daN/m et P5, la peinture des années 1950, a le plus grand écart avec 0,002 daN/m. Dans tous les cas de figure, ces variations de tension sont négligeables.

Fig 9

Essais 2.
Tensions constantes des
5 peintures soumises
à des cycles d'humidité.

Tension de 5 peintures tendues sur un châssis à tension auto-régulée STAR en fonction de HR



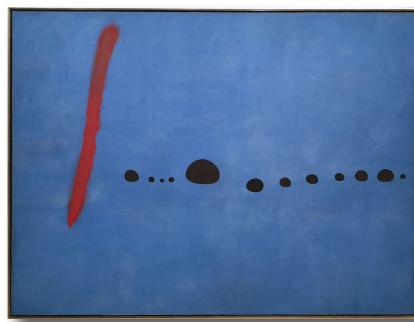
DISCUSSION

L'approche théorique nous a permis de démontrer qu'en introduisant un système élastique entre la peinture et le châssis fixe, on était en mesure de réguler les tensions de manière à ce qu'elles soient constantes et égales à la tension initiale, quelles que soient les variations d'humidité ou de température. Le dispositif de l'essai 2 démontre que la lame du système S.T.A.R® est bien en synchronie avec les différentes peintures testées et répond à l'équation (10) de l'approche théorique. Dans le cas où $\Delta t(HR) = 0$, la tension constante est égale la tension initiale. L'essai 2 montre également que ce système élastique s'est adapté aux différents types de peintures – toile de coton apprêtée, techniques à l'huile et à l'acrylique sur cette toile, une technique acrylique d'artiste sur papier et une peinture historique des années cinquante.

Les essais de cette étude soulignent aussi l'importance de la validité du système élastique utilisé et la difficulté de trouver un dispositif élastique qui assure le rôle qu'on lui demande de jouer. La lame métallique du système S.T.A.R®, brevetée en 1993, a été conçue et dimensionnée de manière à absorber au mieux les variations de tension, quelles que soient les peintures. Est-ce que les systèmes élastiques utilisant des ressorts commerciaux à spirales, en traction ou en compression sont susceptibles de jouer correctement leur rôle ? Cette interrogation reste à démontrer.

Cette étude met aussi en évidence l'impact des fluctuations de l'humidité sur les variations de tensions à l'intérieur d'une peinture tendue sur un châssis standard. L'amplitude de ces variations dépend de la sensibilité des peintures à l'humidité ou à la température. Elles sont responsables à plus ou moins long terme d'une fatigue mécanique qui est généralement à l'origine d'importants risques de dégradation mécanique comme nous avons pu le constater dans les peintures de Karel Appel et bien d'autres.

Les variations de tensions d'une peinture tendue sur un châssis à tension auto-régulée, sont absorbées par le système élastique ce qui réduit fortement la fatigue mécanique et les risques de dégradation. On assure ainsi, avec ce dispositif, le ralentissement du vieillissement mécanique des œuvres. Cette spécificité des châssis à tension autorégulée a été prise en compte dans des propositions de restauration et de conservation d'œuvres majeures, tel que le Triptyque Bleu I, Bleu II, Bleu III de Miro évoqué ci-dessous.

**■ Fig 10**

Bleu I, Bleu II, Bleu III. Miro, 1961. Triptyque.

Musée National d'Art Moderne, Paris.

© Alain Roche.

Triptyque de MIRO Bleu I, Bleu II, Bleu III.

Ce triptyque de MIRO¹⁷, peint en 1961, est une œuvre majeure acquise par le MNAM entre 1984 et 1993 (Fig. 10).

Avant d'entrer dans les collections du Centre Pompidou, les peintures ont été conservées roulées et deux d'entre elles ont subi un dégât des eaux dans les années soixante-dix. Suite à ces dégâts, les peintures ont été entoilées avec des méthodes différentes et montées sur des châssis neufs. En rentoilant ces trois peintures, les restaurateurs ont modifié leurs comportements mécanique et physique, en les contraignant pendant près de quarante ans. L'état de présentation de ces 3 œuvres n'était pas satisfaisant. Les toiles de rentoilage se décollaient et formaient des cloques et des poches. Les surfaces picturales étaient encrassées et les retouches devenues visibles, altéraient leur aspect esthétique. Le triptyque nécessitait une restauration fondamentale à la fois du support et de la couche picturale. Elle a été effectuée entre 2009 à 2012 avec Véronique Sorano-Stedman, chef de service, responsable de l'atelier de restauration et restauratrice de la couche picturale¹⁸.

Le retrait des toiles d'entoilage a pu se faire progressivement en arrachant des lanières de toile de 5 cm de large. Des essais avaient été effectués au préalable, pour déterminer le sens d'arrachage le plus facile, en vue de limiter les forces de pelage (Fig. 11).

Pour l'élimination de la colle de type « néoprène », à la suite d'une série de tests, nous avons opté pour un dégagement mécanique à l'aide d'un appareil électrique de type Dremel®, muni d'un mandrin où l'on peut fixer différentes fraises de prothésiste dentaire. Le dégagement de la colle s'est fait graduellement, en suivant un carroyage de manière à opérer régulièrement (Fig. 12).

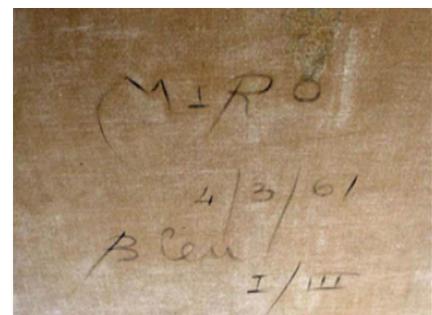
Les désentoilages des peintures Bleu I, II et Bleu III ont permis de retrouver les véritables signatures de MIRO et d'autres inscriptions historiques (Fig. 13).

**Fig 11 ■**

Désentoilage des toiles du triptyque de Miro Bleu I, II, III.
© Alain Roche.

**Fig 12 ■**

Élimination de la colle des toiles du triptyque de Miro Bleu I, II, III.
© Alain Roche.

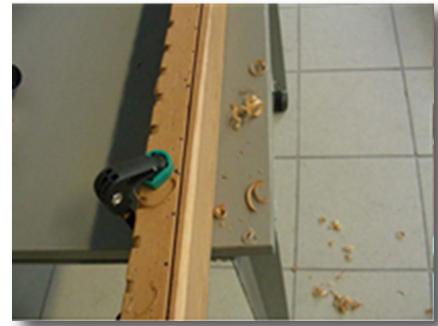
**Fig 13 ■**

Réapparition de la signature « MIRO », de la date « 4/3/61 » et du titre : *Bleu I/III*.
© Alain Roche.

■ Fig 14

Mise en place du système S.T.A.R® sur un des châssis du triptyque – création d'une rainure.

© Alain Roche.



L'opération de désentoilage d'une peinture est une intervention lourde. Elle est susceptible de provoquer un déséquilibre des forces internes, que la matière picturale va devoir résorber. Tous ces changements vont se manifester à l'intérieur de la peinture retendue sur un châssis conventionnel, par un rééquilibrage des forces dans le temps, pouvant se traduire, à la suite de variations de tension, par des altérations mécaniques de type perte de cohésion (fissures, craquelures) ou perte d'adhérence (soulèvements, écaillages). Le désentoilage a rendu les peintures plus sensibles aux variations d'humidité et de température et plus vulnérables aux altérations mécaniques.

Pour prévenir tous risques d'une évolution de la matière picturale vers une dégradation mécanique, nous avons proposé de les tendre sur leur châssis historique équipé du système S.T.A.R® et d'une protection au revers.

Les châssis en bois, renforcés de traverses, sur lesquels les peintures du triptyque étaient tendues, ne sont pas d'origine. Néanmoins, les toiles ont été tendues dessus pendant plus de quarante ans, sur cinquante ans d'existence. Pendant cette période, les châssis ont été historiés par la présence d'inscriptions manuscrites et d'étiquettes collées sur les montants et les traverses. En état satisfaisant, nous avons décidé de les conserver au regard de ce qu'ils représentent.

Pour transformer ces châssis traditionnels en bois, en châssis à tension autorégulée, le choix s'est porté vers le système de régulation de tension S.T.A.R® pour plusieurs raisons. Il se présente comme un élément indépendant qui s'adapte sur la plupart des châssis. Il est le fruit de plusieurs années de recherche et d'essais au sein du LARCROA. Il a été breveté, testé et il a fait l'objet de plusieurs publications¹⁹. La transformation du châssis est simple. Elle s'effectue en trois étapes :

1. Création d'une rainure et d'un chanfrein le long du périmètre extérieur des montants (Fig. 14).
2. Encastrement et ajustement aux angles des lames (Fig. 15).
3. Recouvrement par un film de téflon (Fig. 16).

Cette opération de restauration du support et de l'aménagement du système S.T.A.R® sur les châssis se sont déroulés dans l'atelier de restauration du Centre Pompidou à Paris.



■ Fig 15 ■

Mise en place du système S.T.A.R® sur un des châssis du triptyque – encastrement des lames.

© Alain Roche.



■ Fig 16

Mise en place du système S.T.A.R® sur un des châssis du triptyque – recouvrement de téflon.

© Alain Roche.

CONCLUSION

Depuis 1984 le monde de la recherche, en conservation-restauration des supports de peintures, a peu évolué. J'ai été témoin dans les années quatre-vingt de quelques apports techniques et théoriques venant d'Angleterre, des États-Unis, des Pays-Bas et d'Italie. Nous les avons exploités timidement sous la surveillance d'un service de restauration anxieux et inquiet. Dans les années quatre-vingt-dix, les recherches sur le comportement mécanique des peintures sont plus avancées. Elles ont révélé l'importance de l'impact du climat sur la dégradation mécanique des œuvres peintes tendues sur châssis. Elles mettent en cause la sensibilité aux conditions climatiques et la vulnérabilité des peintures. Le début des années 2000 a cautionné les nouvelles techniques de restauration déjà pratiquées. Par exemple, pour consolider et stabiliser une peinture dégradée qui doit être prêtée, il est devenu courant de l'imprégnier d'une résine synthétique et de lui contrecoller un renfort. Certes, cette technique de doublage est efficace, mais tellement interventionniste qu'on pourrait penser que certains responsables de la conservation s'engagent dans des opérations de valorisation des œuvres sans tenir compte de leur intégrité. Les interventions minimalistes développées en Italie à cette même époque ont également des limites, mais elles respectent l'intégrité des œuvres. Les préventionnistes en conservation ont préconisé au début des années deux mille dix des conditions de conservation tellement énergivores qu'elles ne peuvent plus être d'actualité dans les années deux mille vingt.

Retour d'expérience en 2022

En 10 ans, le triptyque a fait l'objet d'expositions et de prêts. Il est actuellement exposé dans une des salles du MNAM. Le 10 mai 2022, un examen sur place a pu être fait avec Véronique Stedman. Nous avons pu constater que l'état de conservation du triptyque était tout à fait satisfaisant du point de vue :

- de la planéité (pas de déformation dans les angles),
- de la surface (pas d'apparition de craquelures ni de soulèvements),
- de la tension (les lames exercent toujours leur rôle de régulation de tension).

Actuellement, nous avons la possibilité, en adaptant un système d'autorégulation des tensions tel que S.T.A.R®, de conserver les châssis d'origine, tout en limitant le vieillissement mécanique des peintures. Évidemment, la transformation du châssis et la tension de la peinture sont des interventions qui ne peuvent-être faites que par un restaurateur spécialisé et cette opération a un coût.

Quand on anticipe sur la conservation préventive des œuvres peintes modernes et contemporaines, le montage des peintures sur cette catégorie de châssis, quand cela est possible bien entendu, est une solution qui nous est offerte pour résoudre un grand nombre de problèmes. Ce dispositif ralentit le vieillissement mécanique, assure une meilleure conservation des œuvres peintes, quelles que soient les conditions climatiques. C'est un remède à la conservation des œuvres, mais aussi à une gestion climatique moins contraignante.

Si ce type de mesure préventive n'a pas été adoptée en France, c'est probablement pour plusieurs raisons : la méconnaissance du principe de fonctionnement et des avantages de cette intervention, le manque de communication entre la restauration pratique et la conservation préventive. Elles ont rendu les restaurateurs du support et les institutions qui les encadrent perplexes vis-à-vis de l'efficacité de ces châssis. Néanmoins, l'opportunité de publier permet de présenter et de diffuser des innovations qui peuvent enrichir la pratique de la restauration et améliorer la conservation des œuvres fragiles.

Notes

- 1- Cet article est issu de la communication présentée lors de la journée d'étude de la SFIIC du groupe peinture « Les strates de l'histoire : conserver, adapter ou supprimer les traces historiques de la restauration ? » le 17 juin 2022 à Paris, amphithéâtre Palissy, C2RMF.
- 2- Rostain 1981.
- 3- Michalski 1993. Ehhardt, Tumosa, Mecklenburg 2007.
- 4- Roche 2016. Roche, Soldano 2018.
- 5- Horsin Déon 1851 p. 5 « [...] Si, dans cet état, elle (la peinture) reste exposée dans un lieu dont la température soit soumise aux variations d'une atmosphère alternative humide et sèche, le jeu de toile qui se resserre ou se détend sous l'une ou l'autre de ces influences, fatigue sans cesse la préparation, qui devient de jour en jour moins solide que la peinture qu'elle a reçue [...]. Intuitivement il parle dès cette époque de fatigue mécanique, responsable de dégradations.
- 6- L'histoire de ces châssis à tension autorégulée débute en 1875, lorsque J. P. Wright et D. W. Gardner déposent un brevet, pour se poursuivre tout au long du XX^e siècle.
- 7- Cette loi est obtenue en combinant la loi de Hook : $\sigma = E \cdot e$ avec la contrainte σ définie par $\sigma = F/S$ ou $S = L \cdot e$ et la tension $t = F/L$ donc $t = \varepsilon \cdot e$
Roche 2009, p. 200-201. Roche 2016, p. 67.
- 8- La variation dimensionnelle de l'épaisseur d'une peinture par rapport à ses dimensions - largeur et longueur - est négligeable. Elle peut être considérée comme constante.
- 9- Roche 2020, p 15.
- 10- La fonction polynomiale est une fonction constituée de coefficients réels a, b, c, d et d'une variables (HR) ou (T) élevée au degré 4 dans le cas d'une fonction polynomiale du 4ème degré.
- 11- Roche 2009, p. 203-204.

- 12- L'armure louisine est une amure taffetas ou toile où 2 fils de la chaîne sont levés pour un fil de trame.
<http://memotextile.free.fr/Unis/lesarmures.htm>.
- 13- Christian Bonnefoi - Artiste peintre, docteur en histoire de l'art, ancien pensionnaire de la Villa Médicis.
- 14- Tous les essais ont été faits au LARCROA dans les mêmes conditions.
- 15- Un essai de relaxation en traction consiste à imposer à un matériau une déformation instantanée constante et à suivre l'évolution de la contrainte dans le temps.
- 16- La peinture est agrafée sur les montants du châssis, juste en dessous de la lame. La tension de la peinture se fait comme sur un châssis standard à l'aide d'une pince à tendre et d'une agrafeuse.
- 17- Chacune des peintures du triptyque mesure environ 270/355 cm.
- 18- Sorano-Stedman, Roche 2010.
- 19- Roche 2009. Roche 2013. Roche 2020.

Bibliographie

- CAPRIOTTI Giorgo, IACCARINO IDELSON Antonio. *Tensionamento dei dipinti su tela, La ricerca del valore di tensionamento.* Viterbo : Nardini Editore, 2004.
- EHHARDT David, TUMOSA Charles, MECKLENBURG Marion. « Applying science to the question of museum climate. » In : *Conference on Micro Climates in Museum*, Copenhagen, November 19-23, 2007, 11-18. Museum Microclimates, T. Padfield & K.Borchsen : National Museum of Denmark, 2007.
- ELBER Wolf. « Fatigue crack closure under cyclic tension ». *Engineering Fracture Mechanics*, 1970, Vol 2, pp.445-476.
- HORSIN Déon Simon. *De la conservation et de la restauration des tableaux.* Paris : réédition Gutenberg Reprint. 1851.
- MECKLENBURG Marion. *Determining the Acceptable Ranges of Relative Humidity and Temperature in Museum and Galleries.* Washington DC : Smithsonian Museum Conservation Institute. 2007, Part.I, RH.
- MICHALSKI Stephan. « Humidity: a discussion of correct/uncorrect values » 1993, Triennial Meeting 10th ICOM-CC. Washington D.C. ICOM Committee for Conservation, p.624-629.
- PLENDERLEITH Harold James, PHILIPPOT Paul. « Climatologie et conservation dans les musées ». *Museum*, 1960, Vol.XIII, n°4, p.203-289.
- ROCHE Alain. *Comportement mécanique des peintures. Dégradation et prévention.* Paris : CNRS Éditions, 2003.
- ROCHE Alain. Rôle du châssis à tension auto-régulée dans la conservation des peintures sur toile contemporaines. In : *Art d'aujourd'hui patrimoine de demain, conservation et restauration des œuvres contemporaines*, 2009, 13^{ème} journée d'étude de la SFIIIC, Paris, p.200-207.
- ROCHE Alain, SORANO-STEDMAN Véronique. Triptyque de Miro Bleus I, II, III – Dérestauration – Restauration – Conservation. In : *Actes du congrès international sur la restauration des peintures sur toile de grand format*. 26-28/10/2010 Université polytechnique de Valence. Valence : Université Polytechnique, 2010, p.309-328.
- ROCHE Alain. *La conservation des peintures modernes et contemporaines.* Paris : CNRS Éditions, 2016.
- ROCHE Alain, SOLDANO Alexia. « Effect changes environmental condition Mechanical behaviour ». *Studies in conservation*, 2018, Vol 63, n° 51, p.5216-5221.
- ROCHE Alain. « Apports des essais mécaniques : Évaluation de la vulnérabilité et des risques de dégradation des peintures ». *CeROArt*, 2020, 12. Disponible sur : <http://journals.openedition.org/ceroart/7003>.
- ROCHE Alain. Determination of the endurance limit of a paint layer. In : *Transcending Boundaries: Integrated Approaches to Conservation.* ICOM-CC Triennial Meeting 19th, 17-21 May 2021, Beijing Chine, Ed. J. Bridgland International council of Museum, 2021.
- ROSTAIN Emile. *Rentoilage et transposition des tableaux*. Puteaux : Edition Erec, 1981.
- SILVESTER Genevieve, et al. « A cause of water sensibility in modern oil paint films-Formation of magnesium sulphate. » *Studies in Conservation*, 2014, Vol 59, n°1, p.38-51.
- THOMSON Garry. *The museum environment.* London : Butterworths, 1978.

L'APOTHÉOSE DE SAINT-Louis : RETRAITABILITÉ D'UNE INTERVENTION GRÂCE À LA TENSION AUTO-RÉGULÉE ¹

Justine SIONNEAU, restauratrice peinture

Atelier de restauration de tableaux Patrick Buti, le Poiré-sur-Vie

patrickbuti@orange.fr

Antonio IACCARINO IDELSON, restaurateur

Equilibrarte, Rome (Italie)

iaccarino.a@gmail.com

INTRODUCTION

Cet article présente l'intervention de conservation menée de 2016 à 2019 par les ateliers de restauration Patrick Buti et Equilibrarte, sur l'Apothéose de Saint-Louis, tableau conservé dans la cathédrale de la Rochelle.

Cette huile sur toile peinte en 1830 par Robert Lefèvre (1755-1830), mesure 502 cm x 324 cm avec son cadre. Elle est située dans le transept sud de la cathédrale Saint-Louis de la Rochelle ; on y voit Saint-Louis montant aux cieux entouré d'une nuée d'anges.

La précédente restauration date de 2000, par les ateliers ARTOP et Martine Lemot. Outre une opération de restauration sur la couche picturale, la toile avait été doublée à l'aide d'un adhésif synthétique non identifié.

L'objectif de notre intervention a été de rétablir la planéité de l'œuvre, car il avait été observé des déformations importantes, au niveau des deux angles inférieurs (Fig.1). L'intervention qui nous avait été demandée consistait en un retrait du doublage et un changement du châssis. On verra dans cet article que la solution finalement retenue est une conservation du doublage existant couplée à une retension auto-régulée qui, en s'adaptant aux conditions des œuvres et de leurs caractéristiques, a pour but de conserver le châssis d'origine ou bien le châssis existant, comme structure autour de laquelle la toile peut glisser librement en équilibre avec un système élastique.



■ Fig 1
L'Apothéose de Saint-Louis,
Robert Lefèvre, 1830,
avant intervention.
© Patrick Buti.

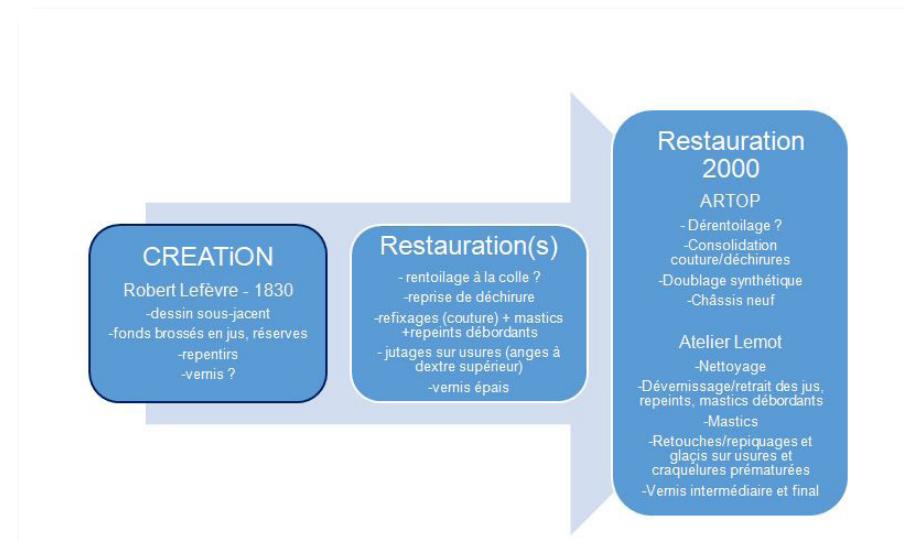
ALTÉRATIONS ET INTERVENTIONS EN 2000

Lors de relevés hygrométriques et de températures effectués au pied de l'œuvre, nous observons une valeur de la température comprise entre 15 et 17°C (les relevés n'ont pu être effectués que sur un mois au printemps ; ils ont donc une valeur purement indicative). Cependant le taux d'humidité relative oscille entre 55% et 70%, avec des pics allant jusqu'à 75% les jours de pluie. Ces variations, normales dans un tel édifice, provoquent des assouplissements de la toile et des contractions. A long terme dommageables pour le film d'huile et la préparation, ces mouvements et oscillations d'humidité ont provoqué ces déformations du support. Ces plis sont accentués ici par le poids de l'œuvre² : monumentale, elle est d'autant plus lourde que la toile est doublée (poids d'une toile supplémentaire et de l'adhésif de doublage pour 16 m² : entre 8 kg et 11,5 kg ; soit ici avec le poids de la toile d'origine, de la couche picturale et des éléments du doublage, un poids total d'environ 25 kg).

Le constat effectué par Martine Lemot, datant des années 2000, précisait déjà avant consolidation du support que la toile était « détendue en drapeau, arrachée du châssis dans la partie haute »³. Elle mentionnait une déchirure de 80 cm ainsi qu'une couture ouverte sur 40 cm. Le tableau présentait des « cloques et des pertes d'adhérence »⁴ :

rien n'est mentionné dans les archives mais nous supposons qu'il y avait la présence d'un précédent rentoilage avant le doublage synthétique. En effet, la présence de cloques, signes de décollement, justifie l'hypothèse d'une intervention antérieure sur le support : l'atelier en 2000, a probablement opté pour un retrait de l'ancien rentoilage, remplacé par un doublage.

« Des accidents anciens, des éraflures et des écaillages ponctuels »⁵ sont décrits pour la couche picturale, de nombreuses usures et un important réseau de craquelures prématurées. Les zones d'accidents anciens semblent localisées le long de la couture, près de la déchirure, et sur les bords. Lors du nettoyage et de l'allègement, il fut notifié qu'une couche de colle protéinique était présente entre les couches de vernis dans les zones de la couture. Cela « révèle les tentatives de refixages anciennes, ou des traces de colle de rentoilage ayant migré vers la face »⁶. Notons donc que dans la zone de la couture, plus sensible, les pertes peuvent s'expliquer par les mouvements de toile répétitifs fluctuants selon les conditions environnementales de conservation.

**Fig 2**

Chronologie des interventions avant 2016.

© Justine Sionneau.

La couche picturale quant à elle, est présentée comme fortement encrassée, avec un vernis épais, très bruni, irrégulier avec des coulures, des déplaquages, des matités et des projections. De plus, il est précisé dans le rapport que « l'œuvre est peinte sur une préparation blanche très fine, de façon très enlevée et rapide avec fort peu de matière »⁷. Le dessin sous-jacent est visible et de nombreuses réserves et repentirs sont repérés. La qualité de l'œuvre est jugée « inégale »⁸, certains éléments étant classés comme « très faibles et d'autres mieux peints »⁹ ; notons que l'œuvre est une des dernières réalisées par l'artiste. Les qualités techniques de cette œuvre (son extrême finesse) ne nous permettent pas d'envisager de nouveau un nettoyage ni un dévernissage ; d'autant plus qu'il est notifié en 2000, que les couleurs sombres sont fragiles, à cause d'un mauvais séchage en profondeur « encore à l'heure actuelle »¹⁰.

L'intervention des années 2000 a consisté en un nettoyage de la couche picturale, un allègement du vernis oxydé, un retrait des repeints, suivi d'un revernissage et de comblements et retouches illusionnistes le long d'une couture et de deux déchirures. Ces ruptures cohésives de la toile ont été consolidées à deux endroits, avant d'entreprendre le doublage synthétique. Très succinct, le rapport d'intervention n'indique pas le type d'adhésif utilisé, nous supposons qu'il s'agit d'un doublage à la BEVA® 371 (copolymère à base d'EthylVinylAcétate). Il est probable que le châssis flottant Chassitech® date aussi de cette intervention.

L'observation du tableau et l'étude de toute la documentation relative à l'histoire de sa conservation décrite jusqu'à présent permettent d'affirmer avec certitude que tous les phénomènes et causes de dégradation se sont répétés de manière cyclique tout au long de l'histoire du tableau. Les interventions qui se sont succédées visaient à résoudre, selon les connaissances de l'époque, les phénomènes de dégradation causés par l'interaction entre le tableau (avec ses dimensions monumentales et ses techniques d'exécution spécifiques) et son environnement de conservation (Fig.2).

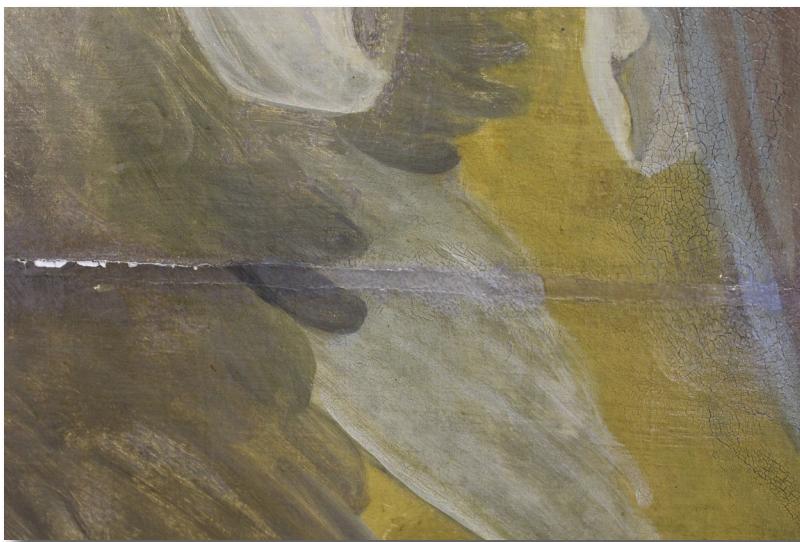


Fig 3 ■

Détail de la couture avant intervention :

perte d'adhésion, lacunes de mastics.

© Patrick Buti.

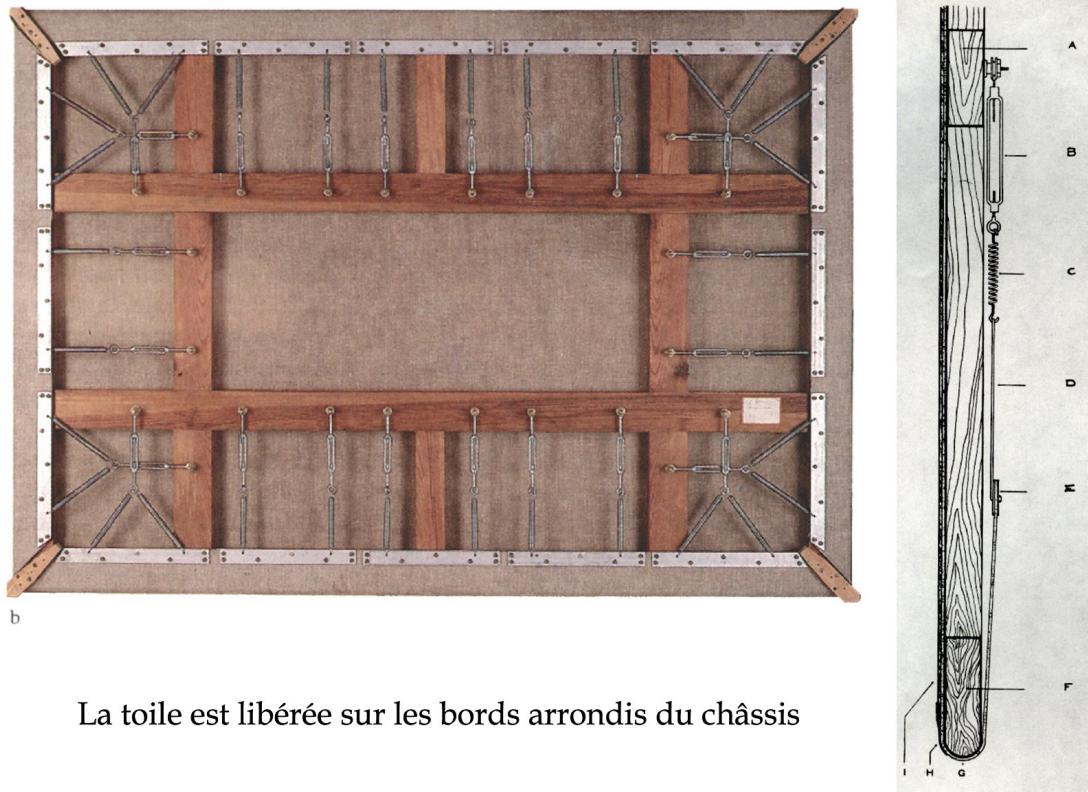
OBJECTIF ET PROPOSITION DE L'INTERVENTION DE 2016

Mis à part les plis importants en partie basse, la restauration effectuée en 2000, ne présente pas de dégradations majeures : le vernis n'est que très peu oxydé, très peu encrassé. Quelques retouches ont subi une modification des teintes, et on observe quelques lacunes de mastics de restauration, notamment au niveau de la couture (*Fig.3*), qui semble de nouveau souffrir de son rôle de charnière. Le support adhère bien à la toile de doublage malgré la présence de quelques cloques. Nous tenons à signaler que les déformations ne sont pas dues à un mauvais choix de traitement de la part des précédents restaurateurs : malgré l'utilisation d'une technique synthétique pour le maintien de l'œuvre originale et à cause des variations hygrométriques, le tableau nécessite un traitement autre, plus efficace.

La première proposition de traitement consistait à retirer le doublage synthétique qui alourdissait la toile ; il était prévu de retendre l'œuvre par un système de tension auto-régulé, plus adapté pour les tableaux conservés dans un environnement avec des variations hygrométriques importantes. Concernant la couche picturale, un nettoyage superficiel, une stabilisation et un comblement des lacunes avaient été préconisés. Les retouches de 2000 nécessitaient une ré-harmonisation ; nous n'avons pas jugé nécessaire de retirer le vernis peu oxydé qui aurait de surcroit impliqué le retrait de retouches récentes, et l'apport de solvants sur une surface récemment allégée et doublée.

Le tableau a ainsi été déposé en février 2017. Les interventions ont débuté par des tests de retrait du doublage en périphérie de l'œuvre à l'aide d'un fer chaud dans un premier temps puis en combinant l'action de la chaleur à celle du White-Spirit, du toluène et de l'acétone, en vain. Il est très vite apparu qu'il serait compliqué de retirer la toile de doublage sans dommages pour l'œuvre. En effet, le retrait nécessitait trop d'apport de chaleur ou une action trop importante de l'usage de solvants. Dans la fiche technique fournie par CTS de la Beva® 371, il est précisé qu'il faut combiner un apport de chaleur (50-55°C) pendant au moins 5 min avec une application au revers de l'œuvre, d'un solvant type White-Spirit avec aromatiques ou du diluant spécifique pour le produit, le diluant 372. Il est aussi précisé que la procédure peut être répétée. Or, ayant une couche picturale et un vernis de restauration sensibles à la chaleur et aux solvants de forte ou moyenne rétention et de pénétration moyenne, il était exclu d'effectuer une telle dérestauration. Étant donné que nous ne souhaitions ni enlever le vernis ni les retouches il fut décidé de ne pas insister dans cette démarche de retrait du doublage, car la procédure comportait le risque de provoquer un glaçage du vernis, voire de la couche picturale.

Cela a nécessité de revoir le protocole de traitement initial, et de le réadapter ; il a fallu composer avec le traitement effectué en 2000.

**Fig 4**

Exemple des premières tensions à ressort par Carità.

© (Carita 1957).

PRINCIPE DE TENSION AUTO-RÉGULÉE

Le choix retenu a été la préconisation d'une tension auto-régulée sans le retrait de l'ancien doublage, évitant des interventions lourdes. Le système élastique à glissement périmétrique libère le tableau des contraintes fixes sur le périmètre et permet de répartir uniformément la tension sur toute la surface de l'œuvre. En effet, le tableau est équilibré de manière dynamique grâce à une série de ressorts montés au dos du châssis et reliés de manière non rigide au bord de la toile. Le cadre est aménagé de façon à ce que la toile glisse parallèlement et longitudinalement au bord du châssis, sans que la toile ne repose contre la feuillure. Sur la figure 4 nous pouvons voir l'un des premiers systèmes à ressorts conçu par Roberto Carità, en 1954¹¹, vu du revers et de profil. Ce système a été repris et développé par Equilibrarte depuis les années 1990, et l'étude de l'équilibre entre le tableau et les ressorts a conduit au choix de ressorts très souples, positionnés de manière à permettre la réutilisation du châssis d'origine.

L'équilibre élastique est en constante évolution, car lorsque la peinture se rétracte ou se dilate en raison des variations microclimatiques, ou lors des mouvements du châssis en bois, elle exerce une force plus ou moins grande sur les ressorts, qui s'allongent ou se raccourcissent en conséquence. Le système est très simple en soi, et repose sur un principe sous-jacent : les ressorts sont plus souples que le tableau, dans toutes les conditions environnementales. Ce préambule permet d'affirmer avec certitude que, une fois choisie la valeur de tension jugée appropriée à la résistance mécanique de la peinture et à son poids, celle-ci sera protégée de toute surtension dangereuse.

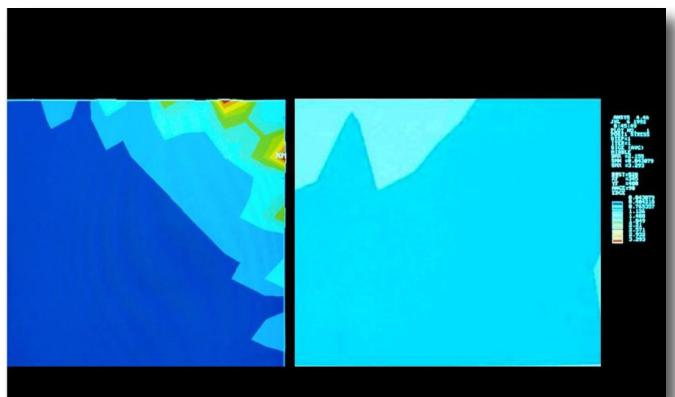
Les systèmes traditionnels de tension sur châssis, qui font appel à des agrafes ou à des semences pour soutenir la toile sur le périmètre, et les systèmes d'extension du châssis conçus avec des clés d'angle ou des éléments mobiles de différents types commandés par des vis ou même par des ressorts, se caractérisent par l'impossibilité d'obtenir une distribution uniforme de la tension (Fig.5). De fortes concentrations de tension entraînant de nombreuses craquelures sur la pellicule de peinture, sont créées dans les angles.

Mais le problème procède par accumulations successives, et après quelques cycles de variations environnementales, un tableau maintenu sur châssis de manière traditionnelle tend à perdre sa tension et à onduler dans les coins et ensuite en partie basse, comme dans le cas du tableau qui fait l'objet de la présente étude. Après la dernière restauration, le tableau a été doublé et monté sur un châssis moderne, équipé d'un système d'extension basé sur des montants mobiles sur tous les côtés avec un système de vis, et pas seulement avec des clés dans les angles.

Bien que ce traitement corresponde apparemment aux meilleures pratiques disponibles à l'époque, le tableau de La Rochelle a présenté de sérieux problèmes de conservation une quinzaine d'années après, de sorte qu'une nouvelle intervention s'est révélée nécessaire. En effet, l'humidité élevée de l'environnement de conservation avait accéléré des processus qui, dans des conditions microclimatiques plus favorables, prennent généralement un peu plus de temps pour se manifester aussi nettement.

■ Fig 5

Comparaison entre les forces exercées par un accrochage fixe (à gauche) et un accrochage libre à ressorts (à droite).
Image librement modifiée.
© (Accardo 1991).



Le premier compte-rendu sur la valeur de la tension choisie pour une peinture spécifique se trouve dans un article de Roberto Carità, qui mentionne une force de 1,33 N/cm du périmètre d'une peinture murale détachée¹². Le *Saint Jérôme* du Caravage, qui avait été précédemment tendu sur des ressorts¹³, fut à nouveau traité à l'Istituto Centrale per il Restauro de Rome en 1990, où une tension de 6N/cm fut choisie¹⁴. Quelques années plus tard, pour un tableau structurellement similaire au *Saint Jérôme*, la tension de 2,6 N/cm a été utilisée¹⁵. Alain Roche affirme que la tension optimale pour les peintures sur toile se situe entre 1,5 et 2,5 N/cm¹⁶. La recherche menée sur le choix de la tension pour les peintures sur toile en 2000-2003¹⁷, rapporte pour 10 peintures des tensions entre 1,5 et 3,4 N/cm, avec l'accord de 8 restaurateurs expérimentés. Dans le cadre de cette même recherche, il a été constaté que les tensions supérieures à 2-2,5 N/cm ne contribuent pas de manière significative à la résistance à la déformation d'une peinture provoquée par une force agissant sur son plan, définissant ainsi une valeur de Tension Maximale Utile (*Fig.6*). D'autres données de référence peuvent être tirées du choix par Equilibrarte de la valeur de

tension pour les centaines de tableaux tendus de 2002 à aujourd'hui, valeurs comprises entre 0,8 et 3,2 N/cm selon le poids et l'épaisseur du tableau. Entre 2004 et 2007, une enquête sur la valeur de la tension a été menée auprès de 106 restaurateurs italiens en milieu de carrière. Afin d'obtenir une réponse quantitative, il leur a été demandé de tendre la même maquette de peinture sur un châssis instrumenté, de sorte que la valeur de tension choisie puisse être lue à l'aide de quatre cellules de charge connectées à un ordinateur portable. Les tensions variaient entre 0,7 et 6,8 N/cm, selon l'expérience et la formation de chaque restaurateur, mais la valeur moyenne pour un groupe comprenant 75% de la population était de 1,8 N/cm¹⁸.

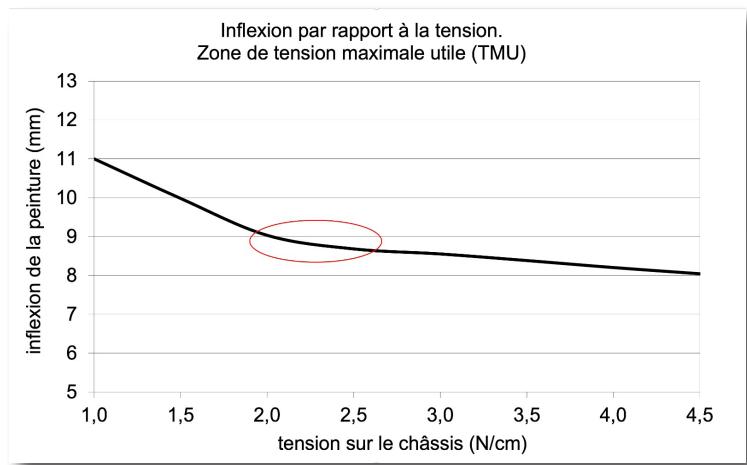


Fig 6 ■
Tension utile maximale.
© Antonio Iaccarino Idelson.

En dernier exemple, nous pouvons évoquer le cas très éclairant d'un triptyque de Miro, exposé dans un hall d'immeuble à New York¹⁹. Les œuvres subissaient de grands changements d'hygrométries et de températures, cycliques et saisonniers : jusqu'à 5% d'HR et 30°C en hiver, contre 75% d'HR et 23°C pendant la période estivale. Ces écarts étaient tributaires du système de chauffage et de climatisation du hall. Le châssis se déformait fortement durant les périodes sèches (jusqu'à 25 cm de flèche en partie basse) et de fortes déformations et plis étaient visibles sur les tableaux pendant les périodes humides. Une première intervention a eu lieu en 2006 et a consisté à changer le châssis bois par un châssis Staro® en aluminium et bois, avec des ressorts dans les angles. Malgré cela, les toiles continuaient de se déformer fortement. En 2013, une tension auto-régulée à glissement périphérique, à l'aide de ressorts et de tubes tournant sur roulements à billes et éliminant les frottements sur les bords, a été entreprise. Bien qu'il ne fût pas possible de contrôler l'environnement dans lequel les peintures sont exposées, s'agissant de l'entrée d'un bâtiment privé monumental, les œuvres ne présentent désormais plus de déformations grâce à l'installation du système de ressorts.

La valeur de tension d'un tableau qui doit être tendu sur un châssis peut donc être choisie sur une base fiable, à condition qu'il y ait un système de montage permettant de la mesurer, comme le système élastique dont nous traitons ici.

La valeur de tension d'une peinture sur toile déjà montée sur un châssis reste une information très difficile à obtenir. Dans la recherche déjà mentionnée, la valeur de tension a été mesurée pour quatre peintures²⁰. Mais les recherches actuellement en cours à L'Université Polytechnique de Delft, visant à définir les caractéristiques mécaniques des peintures sur toile naturellement vieillies²¹, pourront bientôt fournir des données numériques plus détaillées pour une compréhension plus précise de la mécanique de ces matériaux et systèmes complexes. La recherche comprend la construction de nouvelles machines d'essai telles que le testeur biaxial²², qui permet de mesurer la réponse mécanique de la peinture en travaillant simultanément en chaîne et en trame.

NOUVEAU PROTOCOLE D'INTERVENTION RETENU

Dans le cas du tableau de Robert Lefèvre de la cathédrale de la Rochelle, le système de tension auto-régulé a pu être mis en place tout en gardant le doublage actuel.

Le doublage a été retiré sur environ 10 cm sur tout le périmètre, afin de rendre cette partie de l'œuvre plus souple, en vue de son glissement sur le chant du châssis. Le retrait s'est effectué mécaniquement avec un apport de chaleur très localisé et progressif, proche de 60°C. Ce retrait sur 16,52 m linéaire a quand même nécessité plus de 8 h de travail méticuleux. Des bandes de tension ont ensuite été posées en utilisant une toile de lin, assez fine, dite « Pattina »²³, qui a été effrangée sur quelques centimètres, et maintenue sur la toile originale en débordant sur la toile de doublage de 2 cm (Fig.7). Puis nous avons fixé les éléments de tension sur le châssis de restauration : les ressorts sont reliés d'un côté à une tige filetée (perpendiculaire à la force exercée) maintenue sur le châssis. De l'autre côté, un fil souple et résistant en acier inox gainé en Nylon, dévié par une poulie, est enfilé sur une tige métallique insérée dans une poche réalisée dans les bandes de tension, repliées et scellées à la BEVA® 371 film (Fig.8). Sur le châssis actuel, des bords de glissement en bois, recouverts de Teflon® sont rajoutés pour permettre les mouvements du tableau lors de variations hygrométriques (Fig.9). Le châssis est soutenu avec des pattes métalliques qui permettent de ne pas le poser dans le cadre mais de le laisser flotter dans la feuillure pour éviter que le mouvement ne soit bloqué. Le choix de l'espacement entre les ressorts, leur nombre et la force exercée, sont adaptés selon les dimensions du tableau. Notons que le support auxiliaire est un châssis flottant, suite à la restauration de 2000 ; il a été modifié pour devenir un châssis fixe. La mobilité se fait sur les bords et n'est plus un système fixe sur les rabats (semences, agrafes) (Fig.10).

La force de tension choisie pour le tableau est de 2,2 N/cm. Cette valeur a été choisie sur la base des considérations exposées au paragraphe précédent mais aussi sur la base de l'expérience acquise par Equilibrarte au cours des années avec des tableaux de dimensions et de conditions similaires. La souplesse des ressorts, dont la constante d'élasticité est de 1,02 N/mm, permet à la force de tension définie pour la toile de rester quasiment constante dans le temps, malgré les variations dimensionnelles des matériaux constitutifs du tableau et du cadre.



■ Fig 7 ■

Détail d'une bande de tension et, en partie inférieure, du film de BEVA scellé après retrait local de la toile de doublage.
© Patrick Buti.

■ Fig 8 ■

Insertion de la tige dans la bande de tension ;
insertion des fils dans les encoches, reliés aux ressorts.

© Patrick Buti.



■ Fig 9 ■

Détail des tiges filetées, des ressorts, des poulies et fils
et de la barre de glissement recouverte de Teflon.

© Patrick Buti.



■ Fig 10 ■

Revers du tableau tendu après intervention.

© Patrick Buti.

Le système permet un démontage très aisément de la toile pour le transport, car il suffit de déclipser les fils des poulies, retirer les tiges et rouler le tableau. La procédure n'implique donc aucun stress mécanique sur la toile dû aux re-tensions avec les pinces, et l'absence de fixations sur le périmètre évite d'endommager la toile en retirant et en replaçant les agrafes métalliques. Les ressorts et tiges filetées restent sur le châssis. L'œuvre de cette étude de cas est rectangulaire mais nous avons utilisé cette méthode sur des châssis de formes plus complexes.

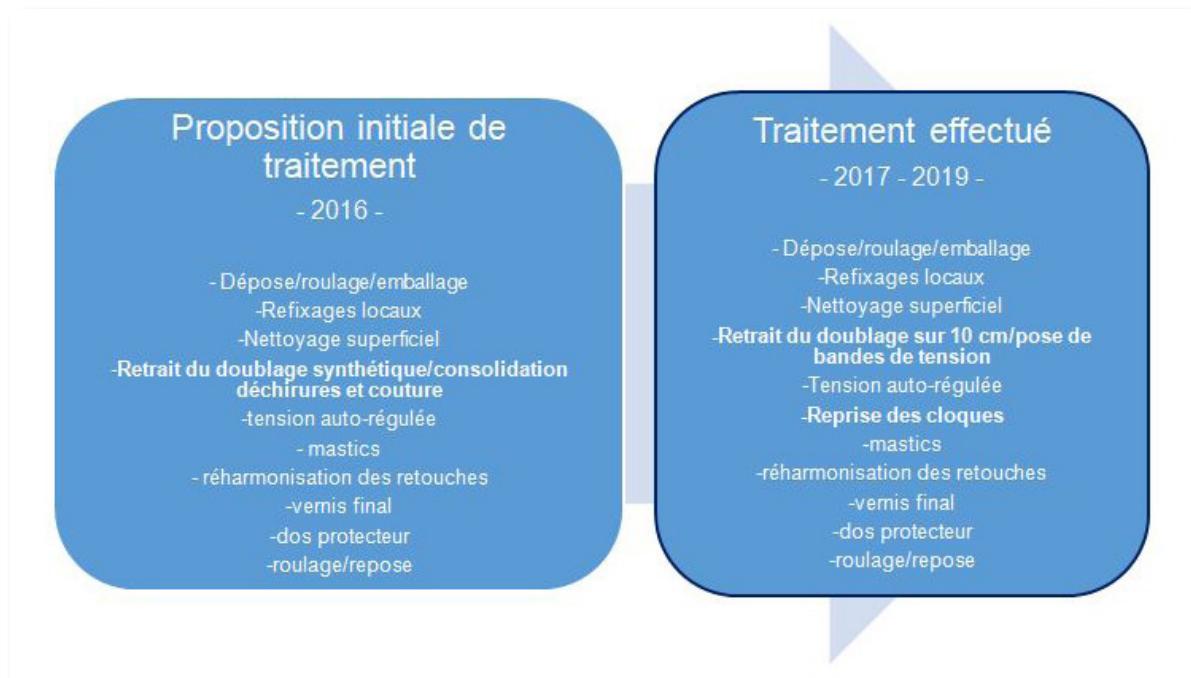
Une fois la nouvelle tension mise en place, nous avons pu effectuer le nettoyage superficiel à l'aide d'une solution aqueuse à pH contrôlé (pH 7). Concernant les quelques cloques, elles ont été localement traitées afin de rétablir l'adhésion entre la toile originale et le doublage par spatulage face et revers avec apport local de solvants à base d'aromatiques et/ou d'acétone en proportions diverses, puis refroidissement²⁴.

La stabilisation des anciens mastics a été effectuée à l'aide d'un adhésif synthétique Primal® CM330 pur (résine acrylique). Les lacunes ont été comblées puis réintégrées à l'aide d'un mastic synthétique Alcro® (à base d'acrylique, de la marque Beckers). Le vernis de restauration des années 2000 a été protégé par une couche de vernis Régalrez® 1094 (résine hydrocarbone hydrogénée) posée au spalter (20% dans du WS D40). Les anciennes retouches ont été ré-harmonisées aux couleurs Gamblin® (à base de Laropal A81). Un vernis final Régalrez® 1094 a été posé au compresseur pour réguler l'état de surface (Fig.11).

L'œuvre a été démontée et roulée pour réintégrer sa place dans la cathédrale de la Rochelle, en juin 2019. Remontée *in-situ*, l'œuvre a été reposée au mur après l'adaptation des pattes d'accrochage et la fixation du cadre²⁵.

■ Fig 11

Proposition de traitement/traitement réalisé.
© Justine Sionneau.



CONCLUSION

Les objectifs de cette intervention ont pu être menés à bien : lors de deux nouveaux contrôles en mai 2022 (temps chaud et humide) et en décembre 2022 (temps froid et sec), nous avons pu constater que l'œuvre ne présente pas de déformations : sa planéité est stable bien que les conditions environnementales n'aient pas pu être améliorées (Fig.12). La lisibilité de l'œuvre est également rétablie.

Les avantages des choix d'intervention, dans le cas de notre œuvre sont :

- Conservation et adaptation du châssis de restauration
- Aucune intervention lourde sur le support ou la couche picturale
- Conservation des strates de restauration
- Conservation du vernis de restauration

De façon générale, choisir cette option de tension apporte ces avantages :

- Tension douce mais toujours suffisante.
- Conservation sur l'œuvre, de témoins d'anciennes restaurations, d'un châssis d'origine ou de restauration.
- Adaptation aux conditions environnementales les plus extrêmes.
- Intervention peu intrusive qui permet un travail minimaliste sur le support, puisqu'il sera soumis à beaucoup moins de contraintes mécaniques que dans un montage traditionnel. C'est pour cette raison que, dans de nombreux cas, il s'agit d'un choix qui permet d'éviter un doublage qui, dans d'autres contextes, serait considéré comme inévitable.
- Démontage et retension de l'œuvre très rapide sans stresser l'œuvre.
- Suppression des réglages périodiques ou contrôles de la tension des châssis flottants ou à clés, évitant les déposes/reposes que cela entraîne.
- Stabilisation des réseaux de craquelures dont la progression est stoppée.
- Coût relativement peu élevé en comparaison d'un doublage, rentoilage ou dé-restauration et particulièrement quand le châssis est conservé.



■ Fig 12
L'Apothéose de Saint-Louis,
Robert Lefèvre, 1830, après intervention, en 2022.
© Edwige Offenstein.

En conclusion, les traitements choisis pour ce tableau ont permis de lui assurer une bonne conservation à long terme, ce qui évitera de reprendre fréquemment les interventions précédentes, qui n'étaient pas adaptées à l'environnement. Ce dernier étant difficilement contrôlable dans une cathédrale, le nouveau système de tension a été adapté aux conditions hygrométriques du lieu et aux strates historiques déjà présentes sur l'œuvre. Outre les aspects liés au traitement structurel, la partie concernant l'intervention sur la couche picturale a également été extrêmement conservative et prudente, en préservant la dernière intervention dans sa quasi-totalité. Malgré les garanties offertes par le système élastique utilisé, il est recommandé de surveiller la peinture avec le soin habituel, afin de déceler d'éventuels problèmes de conservation.

Remerciements

L'équipe de l'atelier Buti (Patrick Buti, Tiphaine Mauffrey, Edwige Offenstein, Justine Sionneau, Thierry Boutet) remercie Antonio Iaccarino Idelson et Daniela Di Benedetto de l'aide précieuse apportée pour cette restauration. Merci à l'entreprise de menuiserie Les Genôts pour la dépose et la repose. Nous remercions également la DRAC Poitou-Charentes pour la confiance accordée, et l'équipe de la cathédrale de la Rochelle pour l'aide technique et logistique.

Notes

1- Communication présentée le 17 juin 2022 lors de la Journée d'étude du groupe Peinture(s) de la SFIIC au C2RMF, sur « Les strates de l'histoire : conserver, adapter ou supprimer les traces historiques de la restauration ? ».

2- Notons que l'*Annonciation* de Picot, exposée dans le transept nord de la cathédrale de La Rochelle, a subi la même année une intervention similaire à notre œuvre (tension auto-régulée) car présentant les mêmes déformations en partie inférieure. Ce tableau n'était cependant pas doublé mais tendu par des bandes de tension en toile de lin qui ont été remplacées par les bandes de tension conçues pour accueillir la tige et le système de ressorts.

3- Lemot 2000, p.5-6.

4- Ibid.

5- Ibid.

6- Ibid.

7- Ibid.

8- Ibid.

9- Ibid.

10- Ibid.

11- Carità 1957.

12- Carità 1955.

13- Carità 1957.

14- Accardo, Bennici, Torre 1991.

15- Iaccarino Idelson 1996.

16- Roche 2003, p.119.

17- Iaccarino Idelson 2004.

18- Iaccarino Idelson 2009.

19- Iaccarino Idelson et al. 2019.

20- Iaccarino Idelson 2004.

21- Recherche doctorale menée par Antonio Iaccarino Idelson : « Investigation of the tension of a canvas painting on its stretcher through structural and material testing ». Directeur : Roger Groves, co-directeur : Otto Bergsma. Department of Aerospace Structures and Materials, Delft University of Technology.

22- Iaccarino Idelson, Sanchez, Groves 2023.

23- Armure toile, 100% lin, tissage lâche : compte : 12 fils/cm et duite : 12 fils/cm, poids : 175 g/m².

24- Nous avons été contraint d'utiliser une température élevée par le revers (jusqu'à 65°C) pour réactiver l'adhésif au niveau des cloques ; ce qui confortait l'impossibilité d'utiliser la chaleur pour un retrait du doublage généralisé.

25- Une réadaptation était nécessaire car une patte d'accrochage ou une partie du cadre touchant les bords et le système de ressorts risquerait de bloquer les mouvements et donc l'efficacité du système et l'innocuité du mécanisme.

Bibliographie

ACCARDO Giorgio, BENNICI Andrea, TORRE Mauro. Tensionamento controllato della tela. In : *Il San Gerolamo di Caravaggio a Malta. Dal furto al Restauro.* Roma : Istituto Centrale per il Restauro, 1991, p. 31-36.

CARITA Roberto. « Aggiunta sui telai per affreschi trasportati ». *Bollettino dell'Istituto Centrale per il Restauro*, 1955, 23-24, p. 170.

CARITA Roberto. « Il restauro dei dipinti caravaggeschi della Cattedrale di Malta ». *Bollettino dell'Istituto Centrale per il Restauro*, 1957, 29-30, p. 41-82.

IACCARINO IDELSON Antonio. Dipinti su tela: una proposta per conservare i telai originali. In : *Materiali e strutture: problemi di conservazione*, 1996, 6 (2) pages 85-93.

IACCARINO IDELSON Antonio. Studio del comportamento del sistema dipinto-telaio elastico. In : CAPRIOTTI Giorgio, IACCARINO IDELSON Antonio. *Tensionamento dei dipinti su tela*. Firenze : Nardini editore, 2004, p.57-90.

IACCARINO IDELSON Antonio, TORRE Mauro. Sviluppi della ricerca in collaborazione con l'ICR. In : CAPRIOTTI Giorgio, IACCARINO IDELSON Antonio. *Tensionamento dei dipinti su tela*. Firenze : Nardini editore, 2004, p.91-113.

IACCARINO IDELSON Antonio. « About the choice of tension for canvas paintings ». *CeROArt* (4), 2009. <http://journals.openedition.org/ceroart/1269>.

IACCARINO IDELSON Antonio, ALBA Ana, BONETTI Luca, SERINO Carlo.

The conservation history and treatment of three large-scale paintings by Joan Miró: relieving Canvas distortions in highly reactive paintings with a gliding elastic tensioning system. In : *AIC Paintings Specialty Group Postprints 32*. 47th Annual Meeting of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Uncasville : New England May, 2019.

IACCARINO IDELSON Antonio, SANCHEZ Miguel, GROVES, Roger. « An open-source biaxial tensile tester with automated pre-tensioning for mechanical studies of canvas paintings ». *HardwareX*, vol 14, June 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2023.e00412>.

ROCHE Alain. *Comportement mécanique des peintures sur toile-Dégradation et prévention*. Paris : CNRS éditions, 2003.

ROCHE Alain. *La conservation des peintures modernes et contemporaines*. Paris : CNRS éditions, 2016.

Inédit :

LEMOT Martine. Rapport de restauration, 2000.

ALTÉRATIONS LIÉES À L'UTILISATION D'EAU JAPONAISE SUR LES MODÈLES DU MUSÉE NATIONAL DE LA MARINE¹

Ariane THEVENIAUD, restauratrice du patrimoine, doctorante

Centre d'histoire culturelle des sociétés contemporaines

Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

ariane.theveniaud@gmail.com

INTRODUCTION

Le musée national de la Marine conserve aujourd'hui plus de 1800 modèles, maquettes et dioramas, liés à l'histoire navale. L'origine de cet ensemble remonte à 1748, lorsque Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782) donne sa collection de modèles de navires et de machines d'arsenaux au roi Louis XV². Une « salle de Marine » va ainsi être constituée au premier étage du Louvre pour exposer les modèles, qui ont également une fonction de support pédagogique pour les élèves ingénieurs-constructeurs³. Durant la période révolutionnaire et le Premier Empire, les collections vont être déplacées au ministère de la Marine et au palais de Trianon. C'est finalement en 1827, qu'un véritable musée naval, nommé musée Dauphin, sera créé au Louvre. Les collections ne vont alors cesser de s'enrichir et seront installées au palais de Chaillot en 1943, leur emplacement actuel.

Une partie de ces modèles présente aujourd'hui de nombreuses taches de couleur brune à violacée. Leur aspect est plus ou moins homogène et on les retrouve sur l'ensemble des éléments en bois mais également sur les parties textiles de ces objets composites. Cette altération particulière est constatée par les restaurateurs du musée depuis les années 1970. Ces derniers ont très rapidement fait le lien entre leur apparition et l'emploi d'eau japonaise comme produit de nettoyage sur les collections au milieu du siècle⁴. Ces taches seraient donc les traces d'une pratique de restauration effectuée de manière systématique et répétée à un moment donné de l'histoire du musée. La fermeture du musée national de la Marine pour rénovation en 2017, et le chantier de restauration des modèles qui y a été associé, a permis aux équipes de l'atelier de restauration du musée d'étudier l'étendue de cette altération et de se questionner sur les possibilités de traitement⁵.



Fig 1 ■

Taches sur le pont du modèle Algésiras,
vaisseau de 3^e rang, 1823, inv. 21 MG 10.

© Musée national de la Marine/Ariane Théveniaud.

LES TACHES CONSTATEES SUR LES MODELES

Au cours de l'étude préalable à la restauration des œuvres choisies pour figurer dans le nouveau parcours permanent du musée à partir de l'automne 2023, et après plusieurs sondages en réserve, il a été estimé que près de 20% de la collection de modèles de navire présente des taches brunes et violacées. Sur les parties en bois, vernies ou cirées, on observe qu'elles sont plus ou moins homogènes et étendues (Fig.1).

Ces altérations semblent résulter de l'application volontaire d'un produit, principalement sur les ponts, mais également parfois sur les mâts et les superstructures. Sur certains objets cependant, la disposition et la dimension des taches laissent penser qu'il s'agit de projections accidentnelles ou de coulures, dont certaines ont été partiellement essuyées (Fig.2). Ces altérations de surface impactent de manière importante l'aspect esthétique des modèles et attirent inévitablement l'œil de l'observateur, qu'il soit visiteur ou spécialiste.



■ **Fig 2**

Taches essuyées sur le pont du modèle de
balancelle espagnole, inv. 9 CP 2.

© Musée national de la Marine/Ariane Théveniaud.

■ Fig 3

Altération du pont du modèle du *Sphinx*,
corvette à roues, 1829, inv. 23 MG 2.
© Musée national de la Marine/Blaise Diringer.



Dans certains cas, la dégradation est très homogène et devient alors difficile à identifier. Les ponts des modèles les plus altérés présentent effectivement une couleur très foncée et uniforme (Fig.3). La comparaison avec des photographies anciennes montre bien qu'il ne s'agit pas de la teinte d'origine du bois ou de son revêtement de surface mais d'une dégradation survenue postérieurement. L'aspect de l'objet est entièrement modifié entraînant, entre autres, des pertes de contraste importantes. Cela altère l'effet esthétique recherché par l'emploi de différentes essences de bois lors de la fabrication des modèles. Dans ce cas, l'homogénéité et l'opacité de la tache indiquent probablement que le produit a été appliqué en grande quantité.

Fig 4 ■

Taches sur les voiles ferlées du modèle *Algésiras*,
vaisseau de 3^e rang, 1823, inv. 21 MG 10.
© Musée national de la Marine/Ariane Théveniaud.



La solution utilisée a probablement été appliquée au pinceau. Sur certains mâts, cela a entraîné des débordements sur les voiles adjacentes ou sur les cordages en coton (Fig.4). Les altérations observées sur les parties textiles ont le même aspect que celles constatées sur le bois. On retrouve cette même couleur brune laissant supposer que l'apparition des taches est due à une dégradation du produit suite à une réaction avec l'environnement. Des interactions physico-chimiques entre ce dernier et le support sur lequel il est appliqué semblent également survenir. Effectivement, dans certains cas, les zones tachées des textiles présentent des trous ou des déchirures témoignant de l'acidité de la solution (Fig.5).

■ Fig 5

Déchirures de la voile du clipper *Seine*, inv. 3 PL 4.
© Musée national de la Marine/Blaise Diringer.



L'ATELIER DE RESTAURATION DU MUSÉE DE LA MARINE

L'hypothèse selon laquelle les nettoyages à l'eau japonaise seraient à l'origine des taches brunes et violacées visibles sur les modèles de la collection s'est transmise oralement au sein de l'atelier de restauration du musée. Un constat d'état daté de juillet 1973 indique que le socle d'un modèle a été « très taché en mars 1958 par l'eau japonaise [...] »⁶. Ce document constitue un repère témoignant de l'apparition des altérations et de leur identification par les restaurateurs au moins depuis les années 1970.

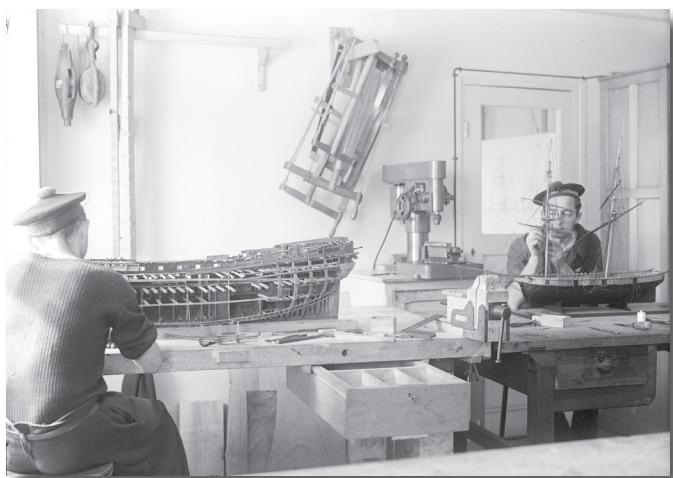
Etudier cette altération, issue de pratiques de nettoyage anciennes, nécessite donc de s'intéresser à l'histoire de l'atelier de restauration du musée. Celle-ci débute dès la création du musée Dauphin au Louvre où un atelier de restauration des modèles est institué, comme en témoigne un rapport du roi daté du 4 janvier 1828 : « l'atelier des modélistes et les modèles qui existent dans l'hôtel du ministère de la Marine seront transportés au Louvre aussitôt que tout aura été préparé pour les y recevoir. [...] L'atelier sera dirigé par M. Zédé, officier du génie Maritime nommé conservateur du Musée Naval »⁷. Un espace attenant aux salles du musée et au bureau du conservateur est ainsi dédié à la restauration des modèles. L'atelier, constitué de modélistes spécialisés, se partage alors en deux tâches distinctes : la restauration des modèles anciens et la fabrication de modèles non représentés dans les collections⁸. Cette dualité perdure après le déménagement du musée au palais de Chaillot, où les ateliers sont divisés en plusieurs espaces avec, notamment, un « atelier de confection des modèles modernes » et un « atelier de restauration des modèles anciens ».

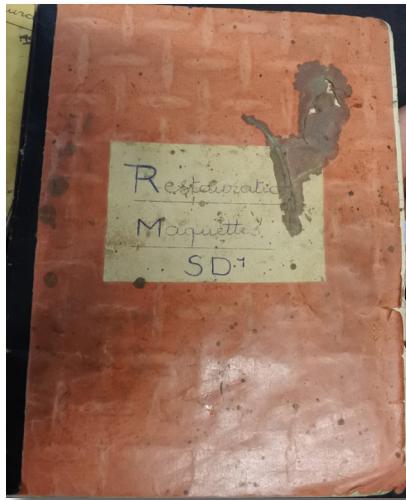
■ Fig 6

L'atelier des maquettes anciennes, 1945,
photographe anonyme, PH 1326.

© Musée national de la Marine/Droits réservés.

Dès la création du musée, les modèles de navires sont donc conservés et restaurés par du personnel employé spécifiquement pour remplir cette fonction. Les effectifs vont fluctuer au cours du temps en fonction des contraintes administratives et budgétaires. En 1943, à l'ouverture du musée de la Marine au palais de Chaillot, l'atelier de restauration prend en charge les modèles déménagés pendant l'Occupation qui nécessitent d'être remis en état de présentation⁹. L'équipe, alors constituée de deux modélistes, est enrichie par le recrutement de personnel démobilisé¹⁰. Le projet d'armement du musée de la Marine rédigé en 1943 témoigne effectivement d'un manque d'employés et du travail effectué par « du personnel en mission »¹¹. Par ailleurs, plusieurs photographies prises au milieu des années 1940 montrent bien que des matelots travaillaient sur les modèles (Fig.6). Dans ce contexte, il semblerait que les modélistes de l'atelier se soient concentrés sur les interventions effectuées sur le gréement et que le personnel non spécialisé en service au sein du musée ait eu en charge l'entretien des collections .



**Fig 7 —**

Cahier de restauration des maquettes, 1955-1956.
© Musée national de la Marine/Ariane Théveniaud.

LE CHANTIER DE RESTAURATION DE 1955-1959

Le chantier de restauration des modèles, débuté en 2019, a été l'occasion de rechercher des mentions écrites des interventions de nettoyage et de l'emploi éventuel d'eau japonaise. Du fait de l'existence d'un atelier en interne dès la création du musée, la documentation des restaurations anciennes est assez conséquente. Ainsi, il n'est pas rare de retrouver un rapport d'intervention des années 1950 dans les dossiers d'œuvres. Dans un premier temps, nous avons consulté les dossiers d'une sélection de modèles présentant des taches. Nous avons ainsi trouvé treize rapports mentionnant des nettoyages à l'eau japonaise datés de 1955 à 1958 et signés « Chabot ». Ils indiquent que le produit a été utilisé pour le nettoyage des ponts mais également parfois pour celui des mâtures et des coques, ce qui correspond à l'emplacement des taches observées. Les termes employés pour désigner l'intervention varient : on parle de « nettoyage » ou de « décapage ». L'eau japonaise est utilisée seule ou en mélange, associée à l'essence de térébenthine et à un « dilutif ».

Ces interventions de nettoyage sont également reportées dans deux cahiers d'atelier datant de 1955 à 1959 et nommés *Restauration maquettes SD*¹. L'un des cahiers porte lui-même des taches brunes indiquant que l'emploi du produit à l'origine des altérations était courant et date bien de cette période (Fig.7). Ces documents, datés et signés, nous permettent d'envisager le contexte dans lequel ces interventions ont eu lieu. Le premier cahier nous indique que plus de 450 maquettes et

modèles ont été traités entre 1955 et 1956. Le second, nous informe que cette campagne de restauration se poursuit jusqu'en 1959. Pour chaque modèle, il est fait mention de son état et des interventions effectuées. Il s'agit principalement de nettoyages et d'encaustiquages mais des restaurations structurelles des coques et des gréements sont également réalisées. Les méthodes de « nettoyage » et de « décapage » ne sont pas systématiquement décrites mais on retrouve la mention d'eau japonaise à plusieurs reprises. Les notes des cahiers sont signées de deux initiales, « C » et « T », et renvoient parfois à deux acronymes, « MA » et « MM ». Un référencement coloré permet d'associer ces signatures ou ces renvois aux interventions réalisées (Fig.8). Ainsi, nous remarquons que les signatures « C » et « T » sont principalement associées à des nettoyages et des interventions structurelles sur le bois tandis que les interventions d'ampleur sur le gréement de modèles anciens sont traitées par « MA ». Les restitutions d'éléments rapportés ou les interventions structurelles sur les modèles plus récents sont associées à « MM ». Ces acronymes se retrouvent fréquemment dans les archives de la période et font référence à l'atelier des « modèles anciens » et à l'atelier des « modèles modernes ». L'initiale « C » pourrait renvoyer à Chabot dont la signature est présente sur les rapports de restauration mentionnés précédemment. D'après son dossier personnel, Georges Chabot est employé au musée en 1945 en tant que manœuvre spécialisé sous le statut d'ouvrier temporaire¹². Il semble donc faire partie des effectifs embauchés à la réouverture du musée à Chaillot pour étoffer les équipes. Dans les années 1950, les archives mentionnent Georges Chabot sous le statut

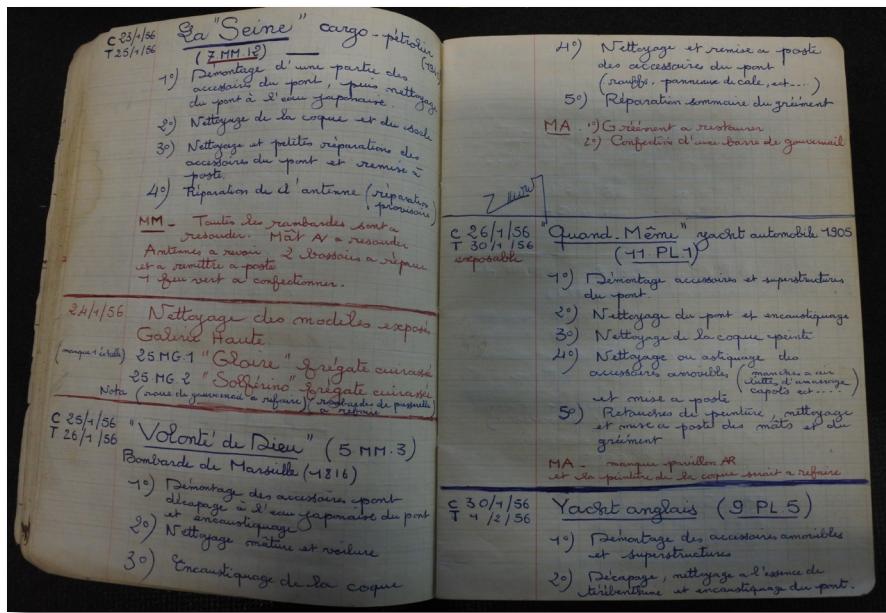


Fig 8 ■

Interventions réalisées entre le 23 janvier 1956 et le 1^{er} février 1956, Cahier de restauration des maquettes.
© Musée national de la Marine/Ariane Théveniaud.

d'aide-comptable¹³. Cependant, un certificat du directeur Jacques Vichot, daté du 27 février 1970, indique que « Monsieur CHABOT Georges a donné toute satisfaction dans ses fonctions de gestionnaire des collections des Musées de la Marine et dans la tenue des inventaires et fichiers d'iconographie qui lui ont été confiés du 2 octobre 1945 au 27 février 1970 »¹⁴. Or, l'acronyme SD¹, mentionné sur la couverture des cahiers, fait référence au responsable de la section des collections du service de documentation du musée qui a la charge « de la gestion des objets » et qui « contrôle l'entretien des collections »¹⁵. Lors de l'ouverture du musée en 1943, une des problématiques les plus importantes est le classement et l'inventaire des collections. La création du service de documentation va être au cœur du projet du nouveau musée et la section des collections va être dédiée au récolelement des objets et à leur conservation¹⁶. Les photographies des modèles prises lors de ces opérations de récolelement constituent une documentation précieuse de notre étude. Elles témoignent du fait que les surfaces n'étaient pas altérées dans les années 1940 et semblent confirmer que les taches sont survenues après le chantier de nettoyage débuté en 1955. Les instructions du service de documentation rédigées par le Directeur, Jacques Vichot, en 1945 mentionnent par ailleurs que du personnel disponible supplémentaire pourra être affecté aux missions du service en fonction des besoins¹⁷. Georges Chabot, malgré un statut administratif ne correspondant pas à ses missions, semble donc bien associé au service de documentation.

A la lecture des cahiers et des archives, nous comprenons donc que le personnel de la section des collections du service de documentation a été chargé, à partir de 1955, d'un chantier « d'entretien » des modèles. Leur rôle était de réaliser des interventions considérées rapides, comme les nettoyages, tout en évaluant les besoins de restauration à faire réaliser par les ateliers des modèles anciens et modernes. Les raisons pour lesquelles un tel chantier est mis en place plus de dix ans après l'installation des œuvres à Chaillot se trouvent encore une fois dans les archives. Entre 1944 et 1950, les équipes effectuent des missions dans les musées situés dans les ports de France afin de réaliser le récolelement des collections qui ont souffert durant la guerre¹⁸. Par ailleurs, peu de temps après son ouverture, le musée a connu un nouveau bouleversement. En 1947, l'ensemble des collections du palais de Chaillot a ainsi été déménagé pour permettre la tenue de l'Assemblée Générale de l'UNESCO dans le bâtiment. Le musée n'a rouvert qu'en janvier 1949. En regard de ces mouvements et de ces opérations, il apparaît cohérent qu'un chantier de restauration d'envergure n'ait été effectué sur les modèles conservés à Paris qu'à partir de 1955.

LES NETTOYAGES A L'EAU JAPONAISE

Les cahiers détaillant les interventions effectuées entre 1955 et 1959 nous indiquent que le rythme de travail était très soutenu et les temps de traitement réduits. Jusqu'à huit modèles étaient ainsi nettoyés le même jour. Or, l'accès au pont des modèles gréés, c'est-à-dire des modèles portant l'ensemble des éléments permettant de manœuvrer le bateau, est extrêmement contraint. Les cordages et les voiles, souvent fragilisés par la photo-oxydation et les tensions mécaniques, se trouvent entre l'intervenant et le pont à nettoyer (Fig.9). Cela engendre généralement des temps de nettoyage très longs et des précautions spécifiques afin d'éviter tout risque de choc. Un des critères de sélection de la méthode de nettoyage semble donc avoir été la rapidité de son application.

D'après nos observations, le produit employé était probablement appliqué au pinceau, sans rinçage ou lustrage. Le chantier paraît avoir été réalisé en réserve ainsi que directement en vitrine. Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que des coulures aient été constatées sur certains modèles.

■ Fig 9

Modèle de *La Muiron* nettoyé le
11 janvier 1955, frégate de 44 canons, 1797.
© Musée national de la Marine/Patrick Dantec.



L'eau japonaise est un produit d'ébénisterie, communément appelé « popote », régulièrement conseillé pour le nettoyage des bronzes et des vernis. Il s'agit d'un liquide rose, contenant une charge abrasive telle que de la poudre de Tripoli¹⁹, et dont la composition exacte varie selon les fournisseurs. Aujourd'hui, les fiches de données de sécurité de l'eau japonaise mentionnent la présence d'acide sulfurique et un pH estimé à 1²⁰. Le produit employé lors du chantier des années 1950 n'apparaissant pas dans les bons de commande que nous avons pu consulter dans les archives du musée, nous ne connaissons ni le fournisseur ni la composition. Une des hypothèses pourrait être que les intervenants fabriquaient eux-mêmes leur eau japonaise. Un cahier conservé dans les archives de l'atelier de restauration regroupe des « recettes » issues de différents périodiques. A l'intérieur de celui-ci se trouve une note manuscrite indiquant les produits nécessaires pour confectionner une « *mixture Magic* »²¹. Celle-ci est constituée d'un litre d'essence de térebenthine, d'un litre de vinaigre d'alcool, d'un litre d'huile de lin, de 25cL d'alcool à brûler et de 12,5cL de benzine. Hormis l'absence de charge abrasive, la composition de cette solution est comparable à celle de l'eau japonaise, avec la présence d'une huile et d'un acide. Cette note est adressée à Marcel Redouté, responsable de la gestion des collections auprès du directeur Jacques Vichot jusqu'en 1986²². Celle-ci n'étant pas datée, nous ne pouvons affirmer que les intervenants du chantier débuté en 1955 fabriquaient leur propre produit. Un second document, intitulé

« Instruction S.D.1 pour nettoyage et entretien des modèles de Rochefort » et daté du 16 septembre 1958, liste le matériel nécessaire pour intervenir sur les modèles exposés au sein du musée naval de Rochefort²³. L'eau japonaise y est mentionnée pour le nettoyage des modèles mais également pour celui des peintures. Sa composition n'étant pas détaillée dans ces « instructions », nous en déduisons, qu'à cette période, le produit est acheté prêt à l'emploi.

A ce stade de notre étude, les archives du service de documentation, les rapports et cahiers de restaurations ainsi que les photographies du récolement du milieu des années 1940, semblent confirmer que les nettoyages à l'eau japonaise réalisés lors du chantier de 1955-1959 sont à l'origine des taches aujourd'hui observées sur les modèles. La poursuite des recherches dans les archives du musée est cependant nécessaire pour améliorer notre compréhension des altérations. En retrouvant l'éventuel fournisseur du produit, une étude de la composition pourrait être envisagée, ouvrant des perspectives d'analyses.

**Fig 10** ■

Modèle de *La Gloire* vers 1945, inv. 25 MG 1.

© Musée national de la Marine/Gabriel de Carvalho.

En présence d'une couche de cire épaisse et hydrophobe, le produit paraît rester en surface. Ce phénomène a été observé sur plusieurs modèles de la collection, notamment celui de *La Gloire*, première frégate cuirassée, présenté lors de l'Exposition Universelle de 1867. Une photographie datant du récolement effectué à Chaillot dans les années 1940 témoigne de l'aspect du pont avant sa restauration (Fig.10). Le bois de résineux, aujourd'hui totalement violacé, apparaît alors dans sa teinte naturelle. Face à ce constat et compte tenu de l'importance historique de ce modèle, il a été décidé de réaliser des tests de retrait du produit de dégradation²⁴. Plusieurs mélanges de solvants à base d'hydrocarbure ont été appliqués par compresseur sur le bois. Il apparaît alors que seules les couches supérieures de cire ont pris cette teinte violette et que leur retrait permet de retrouver un état de surface satisfaisant sans altérer le vernis d'origine (Fig.11). Une partie des modèles ayant vraisemblablement été cirée avant le chantier de restauration débuté en 1955, cette méthode d'allègement ou de retrait de la couche de cire dégradée a pu être appliquée à plusieurs reprises.

TRAITEMENTS EFFECTUÉS SUR LES TACHES

Parallèlement à ces recherches dans les archives, des essais d'atténuation des taches ont été effectués sur les parties en bois des modèles sélectionnés pour le futur parcours permanent du musée. Si, en apparence, les altérations sont identiques sur l'ensemble des objets, dans les faits, la pénétration du produit paraît dépendre de la nature du revêtement de surface et de son épaisseur.

Fig 11 ■

Retrait de la couche de cire dégradée,

modèle de *La Gloire*, inv. 25 MG 1.

© Musée national de la Marine/Bénédicte Massiot.



■ Fig 12

Tache sur le pont du modèle du *Paraguay*, inv. 7 MM3.
© Musée national de la Marine/Ariane Théveniaud.



Le traitement des taches s'est avéré plus problématique sur les modèles n'ayant pas reçu ce traitement de surface. La solution, appliquée directement sur les vernis, a alors entraîné une dégradation du film en surface, allant parfois jusqu'à le traverser et imprégner les fibres du bois. Ce phénomène a été observé sur le modèle *Le Paraguay*, paquebot à propulsion mixte lancé par la Compagnie des Chargeurs Réunis en 1888. Une attention très particulière a été portée sur le choix des matériaux lors de la réalisation de cette maquette par les Ateliers et Chantiers de la Loire. Présentée lors de l'Exposition Universelle de 1889, celle-ci devait promouvoir l'innovation technique et le savoir-faire de la société. La tache située à l'avant du pont altérait très fortement l'aspect esthétique du modèle (Fig.12). Des tests de solubilité, effectués sur la zone altérée, ont montré que les solvants polaires étaient les plus efficaces pour retrouver la teinte d'origine. Cependant, cette intervention entraîne le retrait du vernis qui se délite sous l'action du solvant. Des tests ont alors été réalisés dans les zones non tachées, afin de vérifier l'innocuité de ce traitement sur le vernis sain. Cela a permis de confirmer que le retrait du vernis est bien dû à sa dégradation par l'eau japonaise et non à sa sensibilité aux solvants

utilisés. Suite à ces observations, il a été décidé de ne traiter que les zones les plus touchées. Aucune intervention n'a été effectuée sur les parties ponctuées de petites projections car le vernis y était peu altéré. Le solvant choisi étant l'eau déminéralisée, l'application s'est faite à l'aide d'un gel d'agarose à 2% en masse afin de ne pas risquer de détremper le bois. Après traitement, la lacune de vernis a été comblée à l'aide d'une résine acrylique non teintée appliquée en trois couches. Des retouches ont ensuite été effectuées afin d'homogénéiser l'aspect de surface. Cette intervention a permis de retrouver un aspect satisfaisant du pont, en lien avec les valeurs esthétiques qui étaient associées au modèle lors de sa création (Fig.13).

Le retrait du vernis dégradé, intervention très invasive, n'a évidemment pas été appliqué à l'ensemble des modèles. Lorsque les taches étaient de dimensions moins importantes ou que la lisibilité du modèle restait peu altérée, nous avons préféré ne pas intervenir. Par ailleurs, dans les cas où l'eau japonaise a traversé le vernis et imprégné les fibres du bois, l'altération est totalement irréversible.



Fig 13 ■

Pont du modèle du *Paraguay* après restauration,
inv. 7 MM3.
© Musée national de la Marine/Bénédicte Massiot.

CONCLUSION

Le chantier effectué en vue de la réouverture du musée national de la Marine a permis de mener un premier travail sur les taches présentes en surface des modèles. L'étude préalable à la restauration, associant constats d'états et lecture systématique des dossiers d'œuvre, a été la première étape nécessaire pour évaluer l'ampleur des dégradations dues à d'anciennes interventions de nettoyage. Le travail de recherche dans les archives s'est ensuite avéré essentiel pour comprendre le contexte d'application de ces traitements et initier la compréhension des altérations. Le manque d'informations concernant l'éventuel fournisseur et la composition de l'eau japonaise employée incite à poursuivre l'étude des bons de commande et des archives du service de documentation. Les tests de retrait des taches réalisés sur certains modèles ont également constitué une étape déterminante de ce travail, en permettant de mieux appréhender les différents phénomènes de dégradations se cachant sous ces altérations d'apparence uniformes. Si le calendrier contraint de l'atelier de restauration n'a pas permis d'aller plus loin avant la réouverture du musée, cette première approche peut constituer les bases d'une étude future. Celle-ci devra comprendre, en plus des recherches archivistiques, des analyses matérielles afin d'affiner notre compréhension des phénomènes de dégradation et ainsi envisager les traitements les plus appropriés. Il serait par ailleurs important d'étendre ces recherches aux textiles.

Au-delà de rappeler l'impact potentiel d'une intervention de restauration sur les œuvres et les interactions qui peuvent survenir dans le temps entre un produit de nettoyage et le support sur lequel il est appliqué, ce travail donne de précieuses informations sur l'évolution du métier de restaurateur et des pratiques. Les archives de l'atelier du musée de la Marine, créé rappelons-le dès 1828, en sont des témoignages importants qui nécessiteraient une étude approfondie. La répartition des tâches lors du chantier des modèles réalisés entre 1955 et 1959 montre une forme de hiérarchisation dans les traitements, le gréement étant réservé aux spécialistes et « l'entretien » réalisable par du personnel non formé. Ce fonctionnement nécessiterait d'être interrogé dans le temps pour comprendre ses conséquences d'un point de vue plus global sur la conservation des collections du musée.

Remerciements

L'auteur tient à remercier l'ensemble du personnel de l'atelier de restauration du musée national de la Marine, notamment Jean-Michel Letenoux pour ses témoignages précieux concernant l'eau japonaise, Blaise Diringer et Bénédicte Massiot pour les nombreux échanges lors de la restauration des modèles. Les remerciements de l'auteur se dirigent également vers Marie-Pierre Demarcq, responsable de la mission Archives du musée, pour son aide essentielle à la réalisation de cette étude et vers Béatrice Souvignet, responsable de la photothèque.

Notes

- 1- Communication présentée lors de la 11^e journée d'étude du groupe bois de la SFIC, « Les finitions du bois : identifications, caractérisation et traitements », 7 octobre 2022, C2RMF (Paris).
- 2- Niderlinder 1994, p.49.
- 3- Barron 2016, p.3.
- 4- L' « eau japonaise » est un produit d'entretien en solution, constitué d'une émulsion stabilisée d'huiles et d'acides, chargée d'agents abrasifs. Elle est employée pour le nettoyage et le polissage des finitions vernies.
- 5- Cette étude a été menée au sein de l'atelier de restauration du musée national de la Marine lors du chantier de restauration des modèles, entre 2017 et 2021, par Blaise Diringer, Jean-Michel Letenou, Bénédicte Massiot et Ariane Théveniaud.
- 6- Dossier d'œuvre du modèle du Valmy, inv. 19 MG 2, documentation du musée national de la Marine.
- 7- EM1, Archives des musées nationaux, musée de la Marine (Archives nationales).
- 8- Rio 2018, p.181.
- 9- Ibid, p.440.
- 10- Vichot 1946, p.4.
- 11- Archives du musée national de la Marine.
- 12- Dossiers personnels, Archives du musée national de la Marine.
- 13- Etats périodiques 1952-1953 et 1957, Archives du musée national de la Marine.
- 14- Dossiers personnels, Archives du musée national de la Marine.
- 15- Instructions particulière du service de documentation, avril 1945, Archives du musée national de la Marine, n.p.
- 16- Rio 2018, p.409.
- 17- Instructions particulière du service de documentation, avril 1945, Archives du musée national de la Marine, n.p.
- 18- Niderlinder 1994, p.35.
- 19- La roche de Tripoli est une roche siliceuse friable d'origine organique, composée principalement de carapaces de diatomées et de radiolaires (source : cnrtl).

- 20- Fiche de données de sécurité de l'eau japonaise vendue par « Frères Nordin », consultée le 01/02/2023.
- 21- Cahier de « recettes » non daté, Archives de l'atelier de restauration du musée national de la Marine.
- 22- Rio 2018, p.436.
- 23- Archives de l'atelier de restauration du musée national de la Marine.
- 24- Ces tests et la restauration du modèle ont été réalisés par Blaise Diringer et Bénédicte Massiot en 2020.

Bibliographie

BARRON Géraldine. « Le musée de Marine du Louvre : un musée des techniques ? ». *Artefact : techniques, histoire et sciences humaines*, 2016, 5 (5), pp.143-162.

NIDERLINDER Alain. « Le musée de la Marine et ses collections. Eléments chronologiques ». *Neptunia*, 1994, N°193 à 197, pp.45-51, 49-57, 41-50 et 33-40.

RIO Gaëlle. *Le musée national de la Marine, histoire d'une institution et de ses collections (1748-1998)*. Thèse de doctorat, sous la direction de Jean-Yves Andrieux : Histoire de l'art, Sorbonne Université, 2018.

VICHOT Jacques, « Du Louvre à Chaillot, le musée de la Marine dans la tourmente ». *Neptunia*, N°1, Mars 1946, pp. 2-10.

RETRouvez les anciens numéros toujours disponibles sur le site de la SFIIC :

<http://sfiic.com/index.php/categorie-produit/core/>

Quelques exemples :



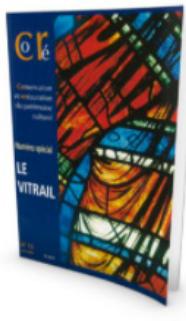
CoRé n°03



CoRé n°08



CoRé n°11



CoRé n°15



CoRé N.S. n°2



CoRé N.S. n°3



CoRé N.S. n°4



CoRé N.S. n°5

Soutenu par

