



**J**our  
**E**tude  
**R**echerche  
**I**nnovation  
**2016**  
Conservation  
Restauration

**7ÈME  
ÉDITION**

© Jean-Marc Ibos et Myrto Vitart Architectes  
© Stéphane Chalmeau Photographe

**RENNES**  
Auditorium des Archives  
Départementales d'Ille-et-Vilaine

**VEND. 18  
NOV.  
2016**



## Sommaire

- 1 Programme
- 5 Discours d'ouverture
- 9 Présentation des modérateurs
- 11 Texte d'Olivia Barani  
***Les peintures acryliques en dispersion et le fixage de leur film***
- 41 Texte d'Hélène Bülow  
***La conservation et la réinstallation d'une œuvre contemporaine complexe, évolutive et interactive : « Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant ». Un questionnement sur l'adaptation de la pratique du conservateur-restaurateur face à ce type de créations***
- 71 Texte de Marie-Cécile Cusson et Philippe Cusson  
***L'apport du numérique dans le cadre du projet de restauration de la tour de Nankin du Musée des Beaux-Arts de Rennes***
- 99 Texte de Hélène Bluzat, Agnès Cascio, Guylaine Mary  
***Etude historique et scientifique des pâtes à modeler ; la conservation-restauration de deux bustes d'Auguste Rodin***
- 127 Texte de Alexandre Michaan  
***Le restaurateur face à la matérialité des œuvres sur supports numériques***
- 143 Texte de Claire Brière  
***La Sphinge dite « au parapluie », sculpture d'extérieur en béton armé. Recherche sur le contrôle de la corrosion des armatures métalliques par protection cathodique avec anodes sacrificielles***
- 174 Équipe organisatrice

# PROGRAMME

## **Auditorium des Archives Départementales d'Ille-et-Vilaine**

1 rue Jacques Léonard, 35000 RENNES

Stationnement gratuit sur le parking des Archives

Accès transports en commun depuis la gare ([www.star.fr](http://www.star.fr)) :

Métro station Pontchaillou, puis 15 min à pied.

**Vendredi 18 novembre 2016**

Entrée gratuite - Inscription obligatoire

**8h30 Accueil des participants, petit-déjeuner  
Installation dans l'auditorium**

**9h30 Discours d'ouverture**

**9h45 « Les peintures acryliques en dispersion et le fixage de leur film »**

OLIVIA BARANI

**10h35 « La conservation et la réinstallation d'une œuvre contemporaine complexe, évolutive et interactive : *Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant*. Un questionnement sur l'adaptation de la pratique du conservateur-restaurateur face à ce type de créations »**

HÉLÉNA BÜLOW

**11h20 Pause**

**11h40 « L'apport du numérique dans le cadre du projet de restauration de la tour de Nankin du Musée des Beaux-Arts de Rennes »**

MUSÉE DES BEAUX-ARTS DE RENNES  
ATELIER RÉGIONAL DE RESTAURATION - BIGNAN  
BUREAU D'ÉTUDE GENEOSIS

Présentation par : MARIE-CÉCILE CUSSON, PHILIPPE CUSSON

**12h30 Pause déjeuner (1h30)**

**14h15 « Etude historique et scientifique des pâtes à modeler ; la conservation-restauration de deux bustes d'Auguste Rodin »**

Restaurateurs : HÉLÈNE BLUZAT, AGNÈS CASCIO, GUYLAINE MARY  
Scientifiques : NATHALIE BALCAR, MARINE COTTE, JULIETTE LANGLOIS,  
YANNICK VANDENBERGHE

Présentation par : HÉLÈNE BLUZAT, GUYLAINE MARY

**15h10 «Le restaurateur face à la matérialité des œuvres sur supports numériques »**

ALEXANDRE MICHAAN

**15h55 Pause**

**16h15 « La Sphinge dite « au parapluie », sculpture d'extérieur en béton armé. Recherche sur le contrôle de la corrosion des armatures métalliques par protection cathodique avec anodes sacrificielles »**

CLAIRE BRIÈRE

**17h00 Conclusion et clôture**

**EN COMPLÉMENT DE JERI**

**Samedi 19 novembre 2016**

**Visites possibles du :**

- Musée des Beaux-arts de Rennes
- Musée de Bretagne
- Fonds Régional d'Art Contemporain Bretagne  
*(Visite libre de l'exposition en cours, à l'occasion de la biennale d'art contemporain Les Ateliers de Rennes)*

**Gratuité accordée sur présentation du badge JERI.  
Possibilité de visites guidées du Musée des Beaux-Arts et du Musée de Bretagne, dont leurs réserves (visite limitée à 25 personnes).**



## Discours d'ouverture

Bonjour à tous,

Bienvenue pour cette 7<sup>ème</sup> édition de JERI (Journée Etude, Recherche et Innovation en conservation-restauration des biens culturels). Cette journée est née de la collaboration entre différentes associations liées à la conservation-restauration du patrimoine : l'ACRMP (Association des Conservateurs-Restaurateurs de Midi-Pyrénées), le 2CRA (Collectif des Conservateurs-Restaurateurs d'Aquitaine) et la FFCR (Fédération Française des professionnels de la Conservation-Restauration). Pour la première fois, cette journée a lieu en Bretagne, à l'initiative de Gwenola Corbin, suivie par Hélène Bülow. Monter une telle journée est un travail conséquent qu'elles ont accompli bénévolement pendant un an, avec l'aide de Mélanie Paul-Hazard, Guylaine Mary, Hélène Champagnac, et le suivi d'Isabelle Ducassou du 2CRA, d'Hélène Garcia de l'ACRMP et de la délégation FFCR Bretagne (Natacha Frenkel et moi-même).

L'objectif de cette journée est de faire partager des expériences professionnelles dans le domaine de la conservation-restauration des biens culturels. Pas seulement entre confrères et consœurs, mais aussi et surtout avec toutes les personnes qui se sentent concernées par ce sujet. Partager, communiquer est extrêmement important. Nous ne pouvons que trop souvent constater la méconnaissance concernant notre profession, non seulement de la part du grand public, mais aussi parfois de personnes qui sont en responsabilité, administrative ou morale, de notre patrimoine culturel. Notre domaine d'intervention est souvent vu à travers un prisme fantasmatique qui mêle écheveaux de patience, « travail d'artiste », « secrets d'atelier » et toute sorte d'idées reçues. Nous travaillons pourtant sur de solides bases scientifiques, déontologiques et historiques, dont les principes sont édictés depuis longtemps au niveau international.

Mais force est de constater qu'en France, contrairement à d'autres pays, nous sommes toujours peu reconnus à notre niveau de compétences. C'est peut-être en partie de notre fait, nous qui n'avons pas encore réussi à nous trouver un nom qui fasse consensus : restaurateur du patrimoine, conservateur-restaurateur, ingénieur en conservation-restauration ? La FFCR y travaille actuellement, en concertation avec le ministère de la Culture qui, pour la première fois, semble prêt à créer un titre protégé. Ce qui pose problème est peut-être paradoxalement la richesse et la diversité de nos compétences : difficile de faire rentrer un conservateur-restaurateur dans une case !

C'est d'ailleurs ce que vous pourrez constater dans l'éventail des communications d'aujourd'hui : recherche sur les matériaux d'œuvre, collaboration avec un artiste contemporain pour assurer sur le long terme une conservation et une diffusion adap-

tées au sens de son projet personnel, prototypage en impression 3D réalisé en collaboration avec un bureau d'études pour une meilleure connaissance d'un bien du 18<sup>ème</sup> siècle, étude et traitement d'un matériau courant mais peu connu : la pâte à modeler, réflexion sur la matérialité des œuvres numériques, recherche d'applicabilité d'une méthode de traitement de la corrosion pour une œuvre en extérieur... Proposez tout sujet, en conservation-restauration, on pourrait affirmer, selon la citation d'André Gide : « *Il n'y a pas de problème, il n'y a que des solutions* » !

Bien entendu, toutes les interventions que nous pratiquons quotidiennement ne sont pas aussi complexes, mais il ne faut pas oublier cependant que, si nous pouvons nous baser sur un socle commun, chaque cas d'intervention de conservation-restauration est unique : que ce soit l'objet lui-même, le fait qu'il soit unique ou partie d'un ensemble, son histoire, la cause de l'intervention, le contexte dans lequel celui-ci est conservé, l'objectif visé... Les conservateurs-restaurateurs doivent être des chercheurs, des expérimentateurs, en adaptation constante, tout en conservant leur rigueur scientifique. Chaque nouvelle intervention, qu'elle soit ou non spectaculaire ou exemplaire, consolide leur expérience, leur savoir, leur réflexion sur la matière et le sens de la conservation des biens culturels.

Sur ces notions essentielles de sens et de matière, je voudrais citer un extrait d'un très bel article du chercheur Thibault Le Hégarat : « *La matérialité n'est jamais absente des discours, représentations, décisions se rapportant au patrimoine ; elle est pourtant, nous a-t-il semblé, sous-évaluée. Elle s'efface trop souvent, absorbée dans les questions de conservation et de transmission d'œuvres, comme si la matérialité n'avait pas à voir avec la mise en valeur de leur sens historique et mémoriel. [...] Pourquoi ce déséquilibre ? [...] Cela tient au fait que le patrimoine a une fonction, et que sa fonction première est de donner du sens. [...] Or le sens attribué à une œuvre prime sur sa matérialité. [...] Pourtant, la matérialité ne saurait se résumer à un support, elle n'accueille pas seulement cette symbolique patrimoniale comme un récipient, elle en constitue la chair.* » Il ajoute : « *La matérialité est ce qui rend une œuvre vivante.* »<sup>1</sup> J'espère que ce colloque vous en convaincra.

Ce projet a reçu le soutien financier de la DRAC Bretagne, du Conseil Régional de Bretagne, du Conseil départemental d'Ille-et-Vilaine, de l'ACRMP et de la Fondation du patrimoine, ainsi que nos fidèles sponsors : LAMOA, ReS Artes (laboratoires d'analyse), Bruynzeel, Kingdom of arts, Klug (fournisseurs), ARC-Nucléart (atelier de conservation-restauration). Le Fonds Régional d'Art Contemporain Bretagne, le musée de Bretagne et le musée des Beaux-Arts de Rennes sont partenaires de cette journée. Nous les en remercions chaleureusement. Un grand merci également aux intervenants qui ont accepté de venir présenter leurs sujets et à ceux qui auront la charge de modérer les débats tout au long de la journée : Evelyne Schmitt (conseillère musées de la DRAC Bretagne), Thierry Lalot (enseignant-chercheur, responsable du master I de conservation-restauration des biens culturels à l'Université de Paris-I Panthéon Sorbonne) et Thierry Martel (conservateur-restaurateur de peintures, directeur de l'école préparatoire DEP'Art).

---

1 Thibault Le Hégarat, « Patrimoine et matérialité », revue *Circé* n°3, 2013 (<http://www.revue-circe.uvsq.fr/patrimoine-et-materialite/>)



Je souhaite dédier cette journée à la mémoire de deux personnes qui nous ont quittées prématurément cette année : Marie-Hélène Breuil, docteur en histoire de l'art, enseignante à l'Ecole Supérieure des Beaux-Arts de Tours en section conservation-restauration des œuvres sculptées, et très récemment Marie-Christine Enshaian, conservatrice-restauratrice d'arts graphiques, longtemps enseignante et responsable de cette spécialité au département des restaurateurs de l'Institut National du Patrimoine et Juliette Deliens, conservatrice-restauratrice de textiles. Toutes trois étaient très impliquées sur le terrain de la conservation-restauration, et elles ont contribué à la formation de bon nombre d'entre nous. Enfin, je ne voudrais pas oublier d'évoquer la disparition en tout début d'année, dans un relatif silence, d'une des figures majeures de la théorie de la conservation-restauration au 20<sup>ème</sup> siècle, Paul Philippot, à qui nous devons tous beaucoup, et qui transmettait dans un de ses derniers entretiens : « *Respecter l'œuvre, c'est d'abord très bien la connaître, dans la manière dont elle est née, comment elle a été construite, comment elle a traversé le temps. Finalement, c'est une question de conscience. [...] C'est un problème de culture, pas seulement de technique. La technique vient seulement après la culture. Mais il faut d'abord une ouverture à l'œuvre, une disponibilité. C'est l'essentiel.* »<sup>2</sup>

PS : pour les personnes qui étaient présentes l'an dernier et qui souhaitaient assister à la fin des recherches d'Anaïs Genty sur les phénomènes de chanci des couches picturales, comme c'était prévu au départ, nous vous informons que son intervention a dû être reportée car elle a obtenu un nouveau financement de thèse qui lui permet de disposer de plus de temps pour continuer sa recherche, mais qui fait qu'elle ne peut actuellement dévoiler ses avancées.

Gwenola Furic,  
Déléguée FFCR Bretagne

---

2 Paul Philippot, « Finalement, c'est une question de conscience... », revue *CeROArt*, EGG 2010, (<http://ceroart.revues.org/2051>)

## Présentation des modérateurs

### **Thierry LALOT**

Après l'obtention de son doctorat de chimie des polymères, Thierry Lalot a exercé pendant dix-sept ans, à l'université Pierre et Marie Curie (Paris 6), une double activité d'enseignement et de recherche dans ce domaine jusqu'en 2008.

Au début des années 2000, il se tourne vers le monde des biens culturels et participe à la formation professionnelle de la Maîtrise de Sciences et Techniques de Conservation-Restauration des Biens Culturels (CRBC Paris 1). Nommé professeur en 2008, il dirige désormais la mention CRBC. Responsable du Centre de Recherche en Préservation des Biens Culturels qui accueille des doctorants, il anime depuis 2010, le séminaire du master 2 Recherche « Patrimoine et Conservation-Restauration ».

Il est en outre membre de l'Ecole Doctorale d'Histoire de l'Art, membre du Conseil de l'Equipe d'Accueil Histoire Culturelle et Sociale de l'Art, membre élu du Conseil de l'UFR Histoire de l'art et archéologie, membre nommé du Conseil Scientifique de l'Institut National du Patrimoine.

### **Thierry MARTEL**

Formé à l'IFROA au début des années 1990 et récemment diplômé de l'Inp en 2014, Thierry Martel exerce ses activités de conservation-restauration au sein des musées, des Monuments Historiques ou des collectivités territoriales. Depuis plus de 17 ans, son intérêt pour la transmission des savoirs l'a orienté vers l'enseignement et la valorisation de cette profession. Après quelques interventions dans les formations nationales et le suivi de mémoires de Master, il dirige depuis 7 ans l'Ecole DEP'Art spécialisée dans la préparation aux concours des écoles d'art, métiers d'arts et des métiers du Patrimoine, dont les formations en conservation-restauration des biens culturels françaises et européennes.

### **Evelyne SCHMITT**

Conseiller pour les musées depuis 1990, successivement au sein des Directions Régionales des Affaires Culturelles d'Alsace puis de Bretagne, après avoir précédemment dirigé un FRAC (Fonds régional d'art contemporain), Evelyne Schmitt a l'occasion d'animer régulièrement les commissions scientifiques régionales pour la restauration, instaurées par la loi sur les musées de 2002.



**OLIVIA BARANI**

Conservation-restauration  
de tableaux  
[baraniolivia@gmail.com](mailto:baraniolivia@gmail.com)  
[www.oliviabarani.com](http://www.oliviabarani.com)  
1060 Bruxelles

## **Les peintures acryliques en dispersion et le fixage de leur film**

### Résumé

Les peintures acryliques en dispersion aqueuse pour artistes sont des matériaux synthétiques relativement récents commercialisés depuis 1956 aux Etats-Unis. Les films formés par ces peintures sont réputés pour leur stabilité aux rayonnements ultraviolets, leur bonne flexibilité à température ambiante ( $\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), et sont généralement peu enclins à se craqueler ou à faire apparaître d'autres dommages liés à la dureté. Cependant, des altérations de cohésion et d'adhérence ont été constatées à plusieurs reprises sur des œuvres peintes à l'acrylique notamment sur toile. La problématique de leur fixage est de ce fait réelle et naissante. Un manque relatif de publication spécifique sur ce sujet en l'état actuel de nos connaissances est à constater et nous a donc amenée à conduire deux expériences au laboratoire de peintures et vernis de l'Institut Meurice (Bruxelles). Ces essais ont notamment permis de dresser un premier tableau récapitulatif des principaux risques rencontrés et des précautions à prendre lors de l'intervention de fixage de ces peintures. D'autre part, ils ont mis en évidence un certain nombre de phénomènes qui pourront faire l'objet de nouvelles recherches scientifiques approfondies.

**Introduction.** En dépit de leur relative jeunesse, des œuvres peintes à l'acrylique sur toile arrivent depuis plusieurs années entre les mains des restaurateurs pour des traitements, tel que le nettoyage (ou le dégrasage) de la couche picturale.

Au cours de mon cursus académique en conservation-restauration des œuvres d'art à l'École Nationale Supérieure des Arts Visuels – La Cambre (Bruxelles), j'ai été confrontée au problème du fixage d'une peinture acrylique sur toile du plasticien franco-belge Jean-Claude Faucon (1939 - 2006). En vue de sa restauration, de nombreuses recherches ont été entreprises en bibliothèques, auprès d'institutions académiques et muséales, d'instituts ou d'organisations dédiées aux recherches et études dans le secteur de la conservation-restauration et auprès des réseaux de professionnels et des bases de données spécialisées. Nous nous sommes aperçus qu'aucune recherche spécifique sur le problème du fixage des couches picturales acryliques n'aurait été publiée à ce jour<sup>1</sup>. Cette expérience ayant soulevé une problématique *a priori* peu investiguée<sup>2</sup>, une étude a donc été menée pour ouvrir une « brèche » dans le sujet. Les données sur les propriétés physico-chimiques et le nettoyage de ces peintures, issues de la littérature scientifique de la conservation et de l'ingénierie des peintures, ont été des informations précieuses pour cette étude.

En tant que restaurateurs d'œuvres d'art, nous traiterons ici la question des techniques de restauration qui seraient les plus adéquates pour le fixage des films de peinture acrylique (en dispersion), écaillés ou en soulèvement. Nous garderons à l'esprit que chaque œuvre est un cas particulier, unique, caractérisée par des choix matériels et des techniques de mise en œuvre artistiques spécifiques. Son histoire matérielle et ses conditions de conservation interfèrent grandement dans sa singularité. Ce travail n'a donc pas pour finalité de conclure des généralités ou de donner des solutions affirmées ; mais d'effectuer des propositions qui tentent de s'inscrire dans la continuité des recherches en conservation - restauration sur le nettoyage et la réintégration des œuvres peintes à l'acrylique.

**Terminologie.** La « peinture acrylique » est un terme général englobant :

- les peintures acryliques en solution. Les polymères synthétiques sont solubilisés dans un solvant organique ;
- les peintures acryliques en dispersion aqueuse. Les fines particules solides de polymères amorphes (phase discontinue) sont en suspension dans l'eau (phase continue) <sup>[1]</sup>. Dans cette étude, notre attention se focalisera sur cette dernière catégorie de peinture.

**Les compositions des peintures acryliques en dispersion** sont complexes et diffèrent en fonction des concepteurs de polymères, des fabricants de couleur, de la date de production ainsi que de la nature du pigment <sup>[2, 3]</sup>. L'amélioration des propriétés de la

---

<sup>1</sup> En l'état actuel de nos connaissances.

<sup>2</sup> Seulement quatre articles, relatifs à la formation de craquelures et abordant le fixage de ces peintures, ont été trouvés : ERLEBACHER, J.D., MECKLENBURG, M.F., TUMOSA, C.S., *et al.*, « The Mechanical Behaviour of Artists' Acrylic Paints with Changing Temperature and Relative Humidity », dans *AIC Paintings Speciality Group Postprints*, Washington : The AIC of Historic and Artistic Works, 1992, pp. 35-40 ; dans LEARNER, T.J.S., SMITHEN, P., KRUEGER, J.W. et SCHILLING, M.R. (éd.), *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium* (Getty Conservation Institut, May 16-19, 2006), Los Angeles, Getty Conservation Institut : \* GRIDLEY, M.H., CRANMER, D., « Unforgiving Surfaces : Treatment of Cracks in Contemporary Paintings », pp. 143-148 – SMITHEN, Patricia, « A History of the Treatment of Acrylic Painting », pp. 165-174 – \* YOUNG, Christina, « Interfacial Interactions of Modern Paint Layers », pp. 247-256.

peinture, la concurrence entre les firmes et le respect des normes fixées conduisent à de constantes reformulations, sous couvert du secret industriel. À cela, s'ajoutent les préparations des peintures par les artistes eux-mêmes, parfois protégées par le secret d'atelier. Le restaurateur se heurte donc à un déficit de références et d'information lorsqu'il doit intervenir sur des œuvres peintes à l'acrylique.

D'une manière générale, la production de ces peintures se déroule en deux étapes : la synthèse de la résine acrylique en phase aqueuse par les sociétés conceptrices de polymères et la préparation de la « pâte pigmentaire » par les fabricants de couleurs.

Les **résines acryliques en dispersion**, employées comme liant et adhésif, sont des polymères de hauts poids moléculaires synthétisés à partir des monomères acrylates et/ou méthacrylates (Figure 1), esters<sup>3</sup> des acides acryliques et/ou méthacryliques.

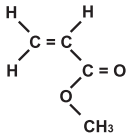
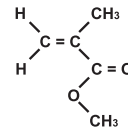
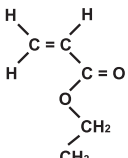
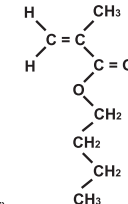
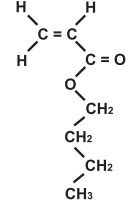
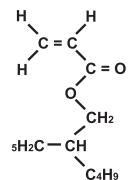
MONOMÈRES ACRYLATES	MONOMÈRES MÉTHACRYLATES
<p><b>Acrylate de méthyle (AM)</b>            Obtenu par estérification de l'acide acrylique et du méthanol.            Formule brute : C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>            Masse moléculaire : 86,09 g/mol            Indice de réfraction n : 1,40            Apparence : Liquide incolore            T° de transition vitreuse pAM : 9 °C</p> 	<p><b>Méthacrylate de méthyle (MAM)</b>            Obtenu par estérification de l'acide méthacrylique et du méthanol.            Formule brute : C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>            Masse moléculaire : 100,11 g/mol            Indice de réfraction n : 1,490            Apparence : Liquide incolore            T° de transition vitreuse pMAM : 105 °C</p> 
<p><b>Acrylate d'éthyle (AE)</b>            Obtenu par estérification de l'acide acrylique et de l'éthanol.            Formule brute : C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>            Masse moléculaire : 100,11 g/mol            Indice de réfraction n : 1,464            Apparence : Liquide incolore            T° de transition vitreuse pEA : - 24 °C</p> 	<p><b>Méthacrylate de n - butyle (MAnB)</b>            Obtenu par estérification de l'acide méthacrylique et du n-butanol.            Formule brute : C<sub>8</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>            Masse moléculaire : 142,20 g/mol            Indice de réfraction n : 1,483            Apparence : Liquide incolore            T° de transition vitreuse pMAnB : 22 °C            (employé pour peinture en solution et adhésif)</p> 
<p><b>Acrylate de n - butyle (AnB)</b>            Obtenu par estérification de l'acide acrylique et du n-butanol.            Formule brute : C<sub>7</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>            Masse moléculaire : 128,17 g/mol            Indice de réfraction n : 1,474            Apparence : Liquide incolore            T° de transition vitreuse pAnB : - 54 °C</p> 	
<p><b>Acrylate de 2-éthylhexyle (A2EH)</b>            Obtenu par estérification de l'acide acrylique et du 2-éthylhexanol.            Formule brute : C<sub>11</sub>H<sub>20</sub>O<sub>2</sub>            Masse moléculaire : 184,28 g/mol            Indice de réfraction n : 1,435            Apparence : Liquide incolore            T° de transition vitreuse pA2EH : - 70 °C</p> 	

Figure 1. Exemples de monomères acrylates et méthacrylates.

La synthèse de ces résines s'effectue dans l'eau par polymérisation radicalaire en dispersion, réaction d'addition de monomères réagissant entre eux pour former des

<sup>3</sup> Ces esters résultent de la réaction de condensation entre un acide acrylique ou méthacrylique (R-COOH) et un alcool (R-OH), tel que l'éthanol. Ainsi, l'acrylate d'éthyle est obtenu par condensation de l'acide acrylique et de l'éthanol <sup>[4]</sup>.

polymères sous forme de fines particules solides stabilisées <sup>[5]</sup>. Ces polymères sont fréquemment des copolymères formés par la répétition de deux unités monomériques différentes, appelées co-monomères, fréquemment un acrylate d'éthyle ou de n-butyle, et le méthacrylate de méthyle <sup>[4]</sup>.

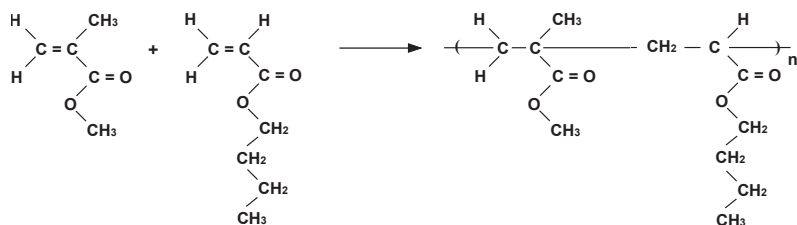


Figure 2.  
Exemple de copolymère.  
Monomère méthacrylate de méthyle et acrylate de n-butyle & copolymère méthacrylate de méthyle et acrylate de n-butyle.

La polymérisation radicalaire en dispersion est un processus réactionnel complexe qui requiert l'utilisation de tensio-actifs – molécules amphiphiles permettant la dispersion dans l'eau des particules de polymères hydrophobes – et d'un amorceur de polymérisation. Au cours de la synthèse, de nombreux additifs sont introduits en faible quantité pour apporter, modifier ou optimiser une propriété spécifique de la dispersion et/ou du futur film sec de peinture parmi lesquels, des agents de coalescence, des agents anti-mousse, des épaississants, etc. <sup>[1, 3, 4]</sup>

La « **pâte pigmentaire** » est également une dispersion aqueuse, propre à chaque fabricant de couleurs, obtenue par broyage de pigments organiques ou inorganiques, d'éventuelles charges minérales, d'eau et d'additifs, tels que les tensio-actifs, les agents épaississants, les conservateurs, les agents stabilisateurs de gel / dégel, etc. <sup>[1, 3]</sup>. Les pâtes colorées à base de pigments organiques requièrent une quantité plus conséquente de tensio-actifs en raison de leur nature hydrophobe <sup>[3]</sup>.

La peinture acrylique est préparée par mélange homogène de ces deux dispersions aqueuses.

La peinture acrylique peut être étendue sur de nombreuses surfaces. Les films secs se forment en quelques heures par évaporation de l'eau et par coalescence, ou fusion, des particules de copolymère entre elles <sup>[6]</sup>.

**L'emploi des peintures acryliques dans l'art.** Les peintures acryliques en dispersion pour artistes sont apparues sur le marché américain en 1956, puis en Europe dans les années 1960 <sup>[7, 8]</sup>. Elles ont rapidement suscité un intérêt prononcé chez de nombreux artistes<sup>4</sup> pour les solutions que ces matériaux apportaient à plusieurs de leurs problèmes techniques, esthétiques et symboliques. En effet, par comparaison avec la peinture à l'huile, ces peintures présentent de multiples avantages, parmi lesquels : une « scission » avec la technique de la peinture à l'huile traditionnelle, une large palette de couleurs vives, une matière picturale aisément malléable, une nocivité réduite – l'eau étant le principal solvant<sup>5</sup>, le séchage des films en quelques heures, la possibilité de réalisation et de superposition de

<sup>4</sup> Barnett NEWMAN, Peter BLAKE, David HOCKNEY, Andy WARHOL, Carlos CRUZ-DIEZ, Gérard FROMANGER, Simon HANTAÏ, Peter KLASSEN, Valerio ADAMI, Tauba AUERBACH, Claude VIALLAT, Marthe WERY, etc.

<sup>5</sup> Les essences de térébenthine et les solvants tel que le *White Spirit* ne sont plus les diluants des peintures acryliques en dispersion.

grands aplats colorés sans dissolution des couches sous-jacentes, la bonne stabilité aux rayonnements UV, la bonne flexibilité des films secs à température ambiante, etc. <sup>[1, 4, 9]</sup> Depuis ces trente dernières années, les résines acryliques représentent approximativement 50 % des peintures vendues sur le marché. Elles sont aujourd'hui les liants les plus communément employés pour l'enduction des toiles à peindre <sup>[10]</sup>. Les œuvres peintes à l'acrylique sont amenées à être de plus en plus présentes au sein des collections publiques et privées.

**Principales propriétés des films secs de peinture acrylique.** En fonction de la catégorie, de la nature et des proportions des différents composants sélectionnés par les concepteurs de polymère et les fabricants de couleurs, les films secs de peinture acrylique présenteront des propriétés qui leur seront spécifiques. C'est le cas, par exemple, des **propriétés optiques**, tel que le degré de brillance des films. Depuis plusieurs années, les producteurs de peintures fines<sup>6</sup> mettent à disposition diverses gammes de médiums et de peintures dont l'aspect optique final du film formé peut être mat, satiné ou brillant.

Malgré les divergences de formulation entre les marques, les gammes et les couleurs des peintures acryliques, les scientifiques de la conservation-restauration semblent s'accorder sur l'existence de caractéristiques communes. En effet, les nombreuses études menées sur les propriétés physico-chimiques et le nettoyage des films de peinture acrylique en dispersion ont mis en évidence leur sensibilité aux variations de température, à l'eau ainsi qu'à une large gamme de solvants organiques.

Les peintures acryliques sont des **matériaux thermoplastiques** <sup>[4, 11]</sup> pouvant subir une fluidification réversible sous élévation de la température. La température de transition vitreuse, notée Tg, caractérise l'intervalle de degrés (°C ou °F) à travers lequel un polymère amorphe passe d'un état caoutchouteux (mou et flexible) à un état vitreux (rigide et cassant). D'après la littérature publiée dans le domaine de la conservation, la Tg des résines acryliques employées comme liant se situe dans les alentours des 10 ° - 15 °C <sup>[12]</sup>. Schématiquement, lorsque la température environnementale se trouve en-deçà de la Tg de la peinture <sup>[13]</sup>, le film formé est dans son état vitreux. Inversement, lorsque la température extérieure est au-dessus de la Tg de la peinture, le film formé est souple, mou <sup>[13]</sup> et susceptible de faire adhérer des particules de poussière <sup>[14]</sup>.

La Tg d'une peinture acrylique en dispersion est généralement calculée pour que le film formé ne fasse adhérer en surface les particules de poussière et demeure flexible, peu enclin à se craqueler, à température ambiante (c'est-à-dire ~ 20 °C) <sup>[12, 14]</sup>. Toutefois, le degré de flexibilité d'une couche de peinture acrylique n'est pas exclusivement assujéti à la température environnementale. L'humidité relative (HR) exerce en effet une forte influence. Ainsi à 23 °C, les films de peinture sont plus rigides à 5 % d'HR qu'à 50 % d'HR <sup>[15]</sup>. L'eau contenue dans l'air agit en effet comme un « plastifiant » qui abaisse la Tg du système, le rendant davantage souple et mou <sup>[15]</sup>.

---

<sup>6</sup> Les peintures acryliques dédiées au revêtement mural sont traditionnellement mates ou satinées.



La **sensibilité à l'eau** des films de peinture acrylique se manifeste par un gonflement et une extraction des additifs hydrophiles non volatiles <sup>[16]</sup>, tels que les tensio-actifs et les éthers cellulosiques (agents épaississants)

Le taux de gonflement est tributaire d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels : la formulation, l'âge et l'épaisseur du film de peinture, le pH et la conductivité ( $\sigma$ ) de l'eau ou de la solution aqueuse, le temps d'exposition à l'eau, la quantité d'additifs hydrophiles présents dans le film sec de peinture acrylique (en dispersion), etc. <sup>[8, 17, 18]</sup>.

L'extraction des additifs, généralement dépendante du taux de gonflement <sup>[18]</sup>, occasionne une augmentation de la densité du réseau polymérique ainsi qu'une élévation de la Tg du système, ces composés agissant comme des « plastifiants » <sup>[19]</sup>. Des études attestent cependant que cette extraction est bien moindre lorsqu'un tampon d'ouate est déroulé à la surface d'un film de peinture acrylique que par son immersion dans l'eau <sup>[8, 17]</sup>. En outre, les traitements aqueux n'altèrent pas les particules de polymère <sup>[6]</sup>. D'autre part, les dernières recherches effectuées par R. Wolbers et C.E. Dillon <sup>[20]</sup> montrent qu'il est possible de diminuer le gonflement et l'extraction des additifs en ajustant le pH et la conductivité électrique de l'eau. Ces phénomènes sont minimisés lorsque le pH est légèrement acide (pH 5 - 6) et la conductivité élevée (au-dessus de 6 mS/cm) <sup>[17, 18, 20]</sup>.

Peu d'études sur la **sensibilité aux solvants organiques** des films acryliques ont été conduites à ce jour. Les tests d'immersion d'échantillons entrepris par S. Zumbühl et al. <sup>[6]</sup> ont permis de mettre en évidence leur grande vulnérabilité à un large panel de solvants. Leurs résultats montrent que, d'une manière générale, les films acryliques présentent une aptitude élevée et rapide au gonflement, pouvant être environ 10 fois supérieure à celle d'une peinture à l'huile. Les auteurs ont aussi observé que :

- \* les solvants chlorés, les aromatiques et l'acétone engendrent les plus hauts taux de gonflement ;
- \* la sensibilité aux alcools varie d'une éprouvette à une autre et pourrait être fonction de la formulation de la peinture, de la nature du pigment, de l'épaisseur et de l'âge du film sec ;
- \* l'immersion des échantillons pendant plusieurs secondes dans des solvants tels que le toluène, l'acétone et l'éthanol peut sérieusement altérer les polymères acryliques ;
- \* les solvants aliphatiques sans aromatique, tel que l'hexane, seraient les moins perniciose pour la matrice polymérique.

La sensibilité des films de peinture acrylique aux variations de température, à l'eau et aux solvants organiques, mais aussi les différences de propriétés optiques entre les films, rendent toutes les interventions de conservation et de restauration particulièrement délicates.

Si les films de ces peintures sont réputés pour leur bonne flexibilité à température ambiante et peu enclins à se craqueler <sup>[9, 15]</sup> et à se soulever, la problématique de leur fixation n'en demeure pas moins réelle et naissante. En effet, des soulèvements ont été constatés à plusieurs reprises sur des œuvres peintes à l'acrylique.

**Origine des soulèvements des films de peinture acrylique.** Le manque de publication spécifique sur ce sujet nous a donc conduit à élaborer d'une part un questionnaire axé sur

les origines de ces altérations et les adhésifs employés – point de départ de cette étude sur le fixage, et à entreprendre d'autre part des expériences en laboratoire.

Les réponses des restaurateurs et des scientifiques de la conservation au questionnaire ont permis de réaliser un premier recensement sur les origines des altérations de la cohésion et de l'adhésion d'une couche de peinture acrylique à son substrat. Sur 308 questionnaires envoyés, 60 personnes ont répondu, dont 22 ayant constaté ce type de dégradations au cours de leurs carrières professionnelles. A ce jour, les principales causes de ces dommages sont : les accidents mécaniques survenus lors de manipulation de l'œuvre ; les conditions de conservation, dont l'entreposage inapproprié des œuvres et les variations climatiques brusques ; les qualités des matériaux sélectionnés ou préparés par le peintre ainsi que leur mise en œuvre. D'autres origines sont à considérer, parmi lesquelles des conditions inadéquates de conservation des peintures, la présence de sels dans les matériaux, le matériel à peindre, etc.

Il est généralement possible de remédier à ces dégradations en procédant à un **fixage**, intervention de conservation consistant à infiltrer au sein de la stratigraphie picturale un adhésif pour recréer des forces d'adhésion à l'interface entre deux ou plusieurs couches de peinture, ou avec le support.

Les **adhésifs de fixage** cités dans les réponses au questionnaire sont essentiellement : des adhésifs naturels d'origine animale ou végétale, des adhésifs semi-synthétiques de type éther de cellulose et des adhésifs synthétiques à base de résine vinylique ou acrylique. D'autre part, le recensement effectué par P. Smithen sur les consolidants utilisés à la Tate Gallery pour le fixage des peintures acryliques en technique mixte montre que, depuis les années 2000, la PVAc et la BEVA 371 sont les deux adhésifs employés <sup>[21]</sup>.

**Deux expériences sur le fixage** ont été menées au laboratoire Peinture et vernis de l'Institut Meurice (Bruxelles). Pour la préparation des éprouvettes-tests, les peintures acryliques en dispersion Liquitex Basics Matt® et la Golden Artist Colors® blanc dioxyde de titane rutile (PW 6) et bleu de phtalocyanine (PB 15) ont été sélectionnées pour :

- la disposition immédiate dans le commerce de ces deux marques et des couleurs recherchées (pigments organiques et inorganiques) ;
- leur accessibilité financière ;
- des viscosités différentes (peintures plus ou moins fluides / épaisses). Les résultats des mesures de viscosité, effectuées au moyen du viscosimètre CSL 100 Carri-Med Rheometer TA Instruments®, indiquent notamment que les peintures Golden Acrylics® sont plus épaisses que les peintures Liquitex Basics Matt® ;
- des brillances différentes. Les mesures de brillance des films ont été réalisées avec le brillancemètre TQC POLYGloss®. Par ordre décroissant de brillance :
  - La Golden Acrylics® bleu de phtalocyanine (haut brillant),
  - La Golden Acrylics® blanc dioxyde de titane rutile (satiné-brillant),
  - La Liquitex Basics Matt® blanc dioxyde de titane rutile (satiné-mat),
  - La Liquitex Basics Matt® bleu de phtalocyanine (mat).

Cette sélection nous permettait d'expérimenter des peintures présentant :

- des caractéristiques communes : peintures acryliques en dispersion aqueuse blanc dioxyde de titane PW6 et bleu de phtalocyanine PB15 ;

- des divergences dans leurs caractéristiques, notamment les différences de brillance entre les films secs de peinture acrylique.

La **première expérience**, issue d'une série de tests préliminaires menés sur des films de peinture acrylique, avait pour objectifs de réaliser un premier « répertoire » des principaux risques pouvant survenir lors de l'intervention de fixation d'une peinture acrylique (sur toile) et d'exposer, sous la forme de propositions, certaines précautions à prendre.

Cette première expérience a nécessité la préparation de 41 échantillons multicouches de dimensions ~ 3 x 4 cm, dont le schéma général est présenté ci-dessous par la Figure 3.



- a : Support de mousseline en polyester blanc
- b : Encollage « acrylique » Sennelier®, réf. N133509, application à la brosse
- c : Préparation « acrylique » blanche Golden Gesso®, réf. N360724, application à la carte
- d : Film de peinture Liquitex® ou Golden® blanc ou bleu, application à la carte

Figure 3. Schéma d'un échantillon multicouche.

Les éprouvettes ont été placées pendant un mois dans l'enceinte climatique Binder KBF 115® à 23 °C et 50 % d'HR avant de subir un premier vieillissement artificiel de 1000 heures dans l'enceinte Q-SUN Xe-1-S® sous lampe xénon équipée d'un Daylight Q filter ( $\lambda$  {290 – 800 nm}), simulant une exposition à la lumière du soleil au zénith. L'exposition des échantillons à ces rayonnements permettait de ne pas travailler avec des films de peinture acrylique excessivement « jeunes ». Au sein de cette enceinte, le thermo-hygromètre Datalogger IHM® indiquait une température de 48 °C pour une humidité relative de 15 %. Les craquelures ont été réalisées en cellule froide (- 2 °C et 48 % d'HR) par pliage des échantillons une fois la peinture dans son état vitreux. Chacun des 41 échantillons présente au minimum 3 craquelures. C'est à partir de celles-ci que les soulèvements de la couche picturale ont été créés artificiellement par décollement à l'ongle, soulèvements se localisant à l'interface entre le support encollé et la préparation acrylique. Un exemple de ces échantillons est illustré par la Figure 4.

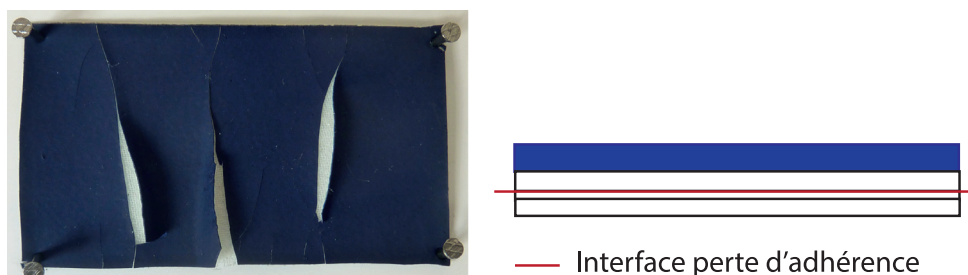


Figure 4. Échantillon multicouche avec soulèvements et schéma de localisation de l'interface des soulèvements.

Les adhésifs les plus mentionnés dans les réponses au questionnaire ont été sélectionnés pour des premiers essais de fixages et sont : la colle d'esturgeon (4 % dans eau déminéralisée), la colle polyvinyle acétate (PVAc) Pattex Classic D2® (50 % dans eau

déminéralisée), la BEVA 371® en film (10 % dans Shellsol D40®), le Plextol D498® (50 % dans eau déminéralisée), la Medium für Konsolidierung – MFK® (50 % dans eau déminéralisée), le Plexisol P550-40® (5 % dans le White spirit)<sup>7</sup>.

Après fixage<sup>8</sup> des soulèvements présents sur chacun des 41 échantillons, une mise sous poids d'une durée 24 heures a été réalisée.

L'ensemble des éprouvettes a subi un nouveau vieillissement artificiel de 1000 heures sous lampe xénon. Ce second vieillissement avait pour objectifs d'évaluer d'une part la stabilité des adhésifs au sein de la couche picturale et l'efficacité des fixages réalisés d'autre part.

À l'issue de ce second vieillissement, chacune des éprouvettes a été soumise à un essai de souplesse et d'adhérence par pliage sur mandrins cylindriques (Ø 2,5 cm, Ø 2 cm et Ø 1 cm), test adapté de celui de la norme ISO 1519 :1973.

Tout au long de cette première expérience, il fut principalement observé que :

- \* l'eau déminéralisée, le Shellsol D40 et le WS, employés comme véhicules et solvants de nettoyage des résidus d'adhésifs, n'ont pas formé d'auréoles ou engendré de décoloration sur nos films de peinture acrylique ;

- \* aucun lustrage n'a été constaté à l'œil nu<sup>9</sup> suite à la mise sous poids des échantillons ;

- \* à l'issue du second vieillissement artificiel, aucune des colles de fixage n'a manifesté de jaunissement et n'a engendré de modifications de la couleur et de la brillance des films de peinture perceptibles à l'œil nu<sup>10</sup>. Les résidus secs d'adhésifs acrylique et vinylique en dispersion, présents sur la couche de peinture, peuvent en revanche occasionner des altérations irréversibles. En effet, ils se dissolvent dans les mêmes solvants organiques que la peinture acrylique elle-même. Ils sont en outre difficiles à éliminer mécaniquement sans provoquer de lustrages et/ou d'accidents du film de peinture ;

- \* lors du pliage des 41 échantillons sur les mandrins cylindriques, aucune craquelure ne s'est formée et aucune écaille de peinture refixée au support ne s'est soulevée quel que soit l'adhésif testé. L'évaluation des différences d'efficacité entre les colles de fixage n'a pu être effectuée avec davantage de précision.

Cette expérience et ses essais préliminaires ont permis de dresser une première liste<sup>11</sup> des

---

<sup>7</sup> Autres adhésifs cités dans les réponses au questionnaire : Plextol B500 Lascaux®, Primal AC33 Kremer®, Primal E330S CTS®, Paraloïd B72 Kremer® (nature du solvant non précisé), mélange cire minérale et Laropal® K80 (employé pour le fixage de peinture acrylique murale), Aquazol® 200 (pourcentage d'adhésif et nature du solvant non précisés), éther cellulosique (sans information complémentaire), gélatine technique (10 % dans l'eau déminéralisée avec passage préalable d'éthanol pour faciliter l'infiltration de l'adhésif au sein des couches de l'œuvre).

<sup>8</sup> Infiltration des adhésifs de fixage au pinceau fin.

<sup>9</sup> Les mesures des écarts de brillance avec le brillancemètre TQC POLYGloss®, avant et après fixage des écailles de peinture acrylique en soulèvement, n'ont pas pu être effectuées en raison de la « règle du choix de l'angle de mesure (20°, 60° ou 85°) », des différents angles d'ouverture ( $\pm 5 \times 5$  mm à 20°,  $\pm 20 \times 9$  mm à 60°,  $\pm 40 \times 9$  mm à 85°), des irrégularités de relief dues à la structure du support et aux craquelures / soulèvements de la matière picturale.

<sup>10</sup> Egalement, les mesures des écarts de brillance n'ont pas pu être réalisées pour les mêmes raisons. Des mesures de colorimétrie, au moyen du spectrophotomètre portable à géométrie de mesure 0/45° X-rite®, n'ont pas pu être entreprises : les angles d'ouverture (4, 7 et 15 mm) du spectrophotomètre étant trop larges pour effectuer des mesures colorimétriques précises des zones refixées sur nos éprouvettes-tests. Une étude probante des écarts de couleur, avant et après refixage des soulèvements, n'a donc pu être menée.

<sup>11</sup> Liste non exhaustive et non définitive. Rappelons aussi que cette expérience a été entreprise sur des éprouvettes-tests et que chaque œuvre demeure un cas particulier de part la nature des matériaux sélectionnés par l'artiste, leur technique de mise en œuvre, l'histoire matérielle de l'œuvre, etc.

principaux risques rencontrés et des précautions à prendre (sous la forme de propositions), lors des différentes étapes du fixage des films de peinture acrylique. Les éléments exposés dans le Tableau 1 sont pour la plupart bien connus des restaurateurs du patrimoine.

Tableau 1. Points d'attention sur les principaux risques rencontrés lors des essais préliminaires et précautions à prendre lors du fixage.

Points d'attention	Risques et précautions
<p><b>Sensibilité à la chaleur</b> Tests effectués sur des films de peinture non vieillis et vieillis artificiellement (1000 h. sous lampe xénon). <b>Rappel</b> : les peintures acryliques sont des matériaux thermoplastiques.</p>	<p><b>Risques</b> : Les essais préliminaires à l'expérience 1 ont permis d'observer que : * les films de peinture Liquitex® et Golden® se sont assouplis avec un apport de chaleur (spatule chauffante, souffleuse d'air chaud). Avec un affichage de 50 °C à l'écran de la spatule chauffante, les films ont subi des écrasements de relief et ont présenté des lustrages ; * dans un environnement à ~ 25 °C et 55 % d'HR : des particules de poussière ont adhéré à la surface des films de peinture ; - les structures superficielles de matériaux de conservation, telles que les fibres d'intissé de polyester (et les plis de Mélinex®), ont marqué la surface des films de peinture acrylique lors d'une mise sous poids (~ 360 g.). <b>Précautions</b> : * Travailler de préférence dans des conditions de température inférieures à 25 °C pour une humidité relative de 50 %, +/- 5%. * Limiter l'apport de chaleur et la combinaison apport de chaleur - mise sous poids. * Sélectionner judicieusement la nature du matériau isolant de conservation afin d'éviter toute formation d'empreintes sur les films de peinture acrylique.</p>
<p><b>Sensibilité à l'eau</b> Tests effectués sur des films de peinture non vieillis et vieillis artificiellement (1000 h. sous lampe xénon). <b>Rappel</b> : présence d'additifs hydrophiles non volatiles dans les films de peinture acrylique.</p>	<p><b>Risques</b> : En contact avec l'eau, le film de peinture acrylique (en dispersion) peut gonfler et s'assouplir. <b>Précautions</b> : * Une eau tamponnée à ~ pH 5 - 6 avec une conductivité ~ 6 - 8 mS/cm minimiserait le gonflement et l'extraction d'additifs des films de peinture acrylique en dispersion. * S'assurer que l'eau n'engendre pas de formation d'auréoles, de décoloration ou tout autre altération du film de peinture acrylique. * Limiter l'apport d'eau. L'eau agit comme un plastifiant temporaire qui assouplit le film de peinture et le rend plus enclin à marquer à sa surface, lors d'une pression exercée, les reliefs ou les aspirités d'un matériau.</p>
<p><b>Sensibilité aux solvants organiques</b> Essais avec des films de peinture non vieillis artificiellement. <b>Rappel</b> : Les films de peinture acrylique en dispersion sont sensibles à une large gamme de solvants organiques. Les solvants aliphatiques sans aromatique seraient les moins pernicieux pour la matrice polymérique.</p>	<p><b>Remarque</b> : les films de peinture acrylique (<u>en solution</u>) se dissolvent dans les solvants aliphatiques à faible teneur en aromatique, tel que le white spirit. <b>Risques</b> : Lors d'essais préliminaires à l'expérience 1, les films de peinture acrylique (<u>en dispersion</u>) Liquitex® et Golden® ont manifesté, en présence de Shellsol D40® et de white spirit, de faibles ramollissements et gonflements qui disparaissent avec l'évaporation du solvant. <b>Précautions</b> : * Déterminer s'il s'agit d'une peinture acrylique en dispersion ou d'une peinture acrylique en solution. * S'assurer que le solvant organique employé n'engendre pas de formation d'auréoles, de décoloration, de dissolution ou de tout autre altération du film de peinture acrylique. * Limiter l'apport de solvant organique qui semble également agir comme un plastifiant temporaire.</p>
<p><b>Adhésifs de fixage - mise en oeuvre</b> en phase aqueuse (solution ou dispersion), ou en phase solvantée.</p>	<p>Un adhésif est une substance collante en solution ou en dispersion dans l'eau ou dans un solvant organique. Les <b>risques</b> encourus sont similaires à ceux rencontrés lorsque la peinture est exposée à l'eau ou à un solvant organique. <b>Précautions</b> : Entreprendre préalablement des essais de fixage afin de déterminer au mieux la nature, la concentration et la méthode d'application de l'adhésif.</p>

<p><b>Nettoyage des éventuels excédents de colle</b></p>	<p>* Les excédents d'adhésif de fixage doivent être éliminés au mieux avant la mise sous poids afin d'éviter des altérations irréversibles. Ils peuvent être chassés en exerçant une pression légère sur le film de peinture acrylique au moyen d'un pinceau silicone propre et souple.</p> <p>* Les résidus secs d'adhésifs synthétiques (en dispersion) peuvent occasionner des altérations irréversibles du film de peinture : une fois secs, ils ne se dissolvent pas dans l'eau mais dans les mêmes solvants organiques que le film de peinture acrylique (en dispersion).</p> <p>* L'élimination des résidus par roulage sous le doigt ou avec de petits outillages (bâtonnet en bois, scalpel, etc.), doit être menée avec précaution pour éviter tout accident mécanique ou lustrage de la surface picturale.</p>
<p><b>Mise sous poids</b> Pression exercée, généralement sur la couche picturale, pour recréer une adhérence entre deux couches.</p>	<p>Les <b>risques</b> encourus sont : le lustrage, l'écrasement des reliefs de la peinture, les empreintes des matériaux isolants ou de conditionnement (plis de Mélinex®, fibres des intissés de polyester, etc.), l'adhérence/ l'inclusion des particules de poussière à la surface ou dans le film de peinture, etc.</p> <p><b>Précautions</b> : * Le recours à des poids souples (sacs de sable, de lentilles, etc.) est préconisé. Des lustrages de la couche picturale acrylique, créés avec des poids durs, ont été observés sur des éprouvettes-tests.</p> <p>* Les matériaux de conservation isolants de type Mélinex®, à intercaler entre la couche picturale et le poids, doivent être propres et non froissés de manière à éviter tout risque d'inclusion de poussière et d'empreintes de plis sur le film de peinture.</p>

**Présentation sommaire de trois œuvres altérées peintes à l'acrylique.** Trois œuvres peintes à l'acrylique, avec des altérations de la cohésion et/ou de l'adhérence de la couche picturale, sont présentées dans les pages subséquentes. L'origine des altérations, formulée sous la forme d'hypothèses, et les traitements de conservation effectués sur chacune de ces pièces sont exposés en substance.

Pour ces trois productions artistiques, la sélection des adhésifs de fixage a été effectuée notamment sur la base :

- de tests de sensibilité aux solvants (organiques et eau) de la couche picturale de l'œuvre concernée. Ces tests ont été effectués à l'issue d'une analyse de la technologie des matériaux de l'œuvre et d'un constat d'état ;
- des réponses des scientifiques de la conservation et des restaurateurs du patrimoine au questionnaire envoyé (sur la base des expériences personnelles des professionnels) ;
- des résultats obtenus à l'expérience 1 menée au laboratoire de l'Institut Meurice.

Les œuvres présentées sont :

- Anonyme, *Sans titre (toile d'essai technique)*, entre 1988 et 1994, Technique mixte sur toile ; 85,5 X 86 cm ; ENSAV- La Cambre ;
- Valentin Ganév (1956 - ), *Structure cristalline V*, 2004, Acrylique sur toile mixte, 73 X 60 cm, Collection de l'artiste (avec autorisation de reproduction photographie de l'œuvre) ;
- Abraham Cruzvillegas (1968 - ), *Autorretrato ciego muy feliz y emocionado*, 2012, installation - dimensions variables, Centre Pompidou Beaubourg, n° inv. AM 2013 – DEP 18 (avec autorisation de reproduction photographie de l'œuvre).

### Oeuvre 1 : Anonyme, Sans Titre - toile d'essai technique, entre 1988 et 1994, Technique mixte sur toile ; 85,5 X 86 cm ; ENSAV- La Cambre

Un(e) étudiant(e) de l'ENSAV-la Cambre a réalisé cette toile d'essai technique qui fut laissée à l'abandon pendant plusieurs d'années dans un local de stockage de matériel scénographique.

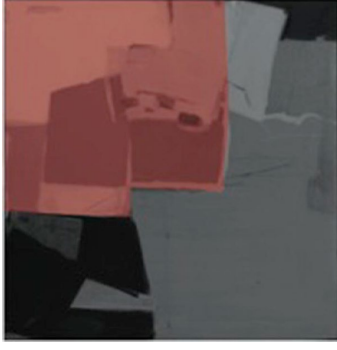
Dans le cadre du mémoire de fin d'études, des coupes stratigraphiques et des analyses de la composition picturale de ce tableau ont été menées au laboratoire de polychromie de l'IRPA-KIK (Bruxelles). La toile de lin, encollée d'une résine synthétique de type vinylique ou acrylique, a localement été recouverte d'une préparation blanche crayeuse appliquée en deux couches. La nature du liant n'a pas pu être identifiée en raison de sa très faible teneur (préparation pulvéruente). Des peintures alkydes et acryliques ont été utilisées. Sur la préparation locale, de la peinture acrylique blanche a été étendue.

Les principales altérations de l'adhérence et de la cohésion de la couche picturale étaient :

- un transfert local de la couche picturale sur la tranche d'un autre tableau ;
  - la préparation pulvéruente ayant occasionné des décollements du film de peinture acrylique sous la forme de petites cloques (perte d'adhérence aux interfaces support encollé - préparation et, préparation - peinture acrylique).
- Sommairement, les traitements de conservation appliqués ont été les suivants : Après dé poussierage et réalisation de tests de sensibilité de la couche picturale à différents solvants, un fixage d'urgence a été effectué au niveau des bords en soulèvement de la lacune avec du film Béva 371 dissout dans du Shellisol D40. La toile a été précautionneusement déposée de son châssis pour être montée sur un bâti de tension provisoire en vue de la consolidation de la couche de préparation pulvéruente par imprégnation au revers de la toile. En effet, les décollements du film de peinture sous la forme de petites cloques n'ont pas permis d'infiltrer l'adhésif de fixage côté couche picturale. Des essais d'imprégnation ont donc été menés sur des toiles tests reproduisant localement la stratigraphie du tableau : toile encollée avec une double couche de craie délayée à l'eau (0 % de colle) recouverte d'un film de peinture acrylique. Parmi les adhésifs testés, le Plexisol P550-40 (Lascaux®) dilué avec du white spirit, appliqué en deux couches à la brosse au revers du tableau, a été retenu. L'adhérence entre les couches a été rétablie par pression exercée sur table aspirante. Les fragments de peinture transférés ont été refixés avec du film Béva 371 solubilisé dans du Shellisol D40. La toile a ensuite été remise en tension sur son châssis d'origine.



Toile d'essai technique avant tout traitement de conservation



Localisation de la couche de préparation (plage rouge)



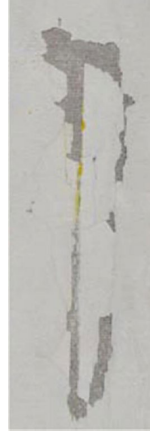
Transfert partiel du film de peinture acrylique sur la tranche d'un autre tableau.



Bords de la lacune de peinture acrylique en soulèvement



Après fixage des bords du film de peinture acrylique en soulèvement de la lacune



Après fixage des fragments de peinture transférés ayant pu être récupérés

Oeuvre 2 : Valentin GANEV, *Structure cristalline V*, 2004, Acrylique sur toile mixte, 70 X 63 cm, Collection de l'artiste

*Structure cristalline V* est une commande du Musée de l'École des Mines de Paris au peintre-graveur Valentin Ganev pour une exposition sur les minéraux et cristaux. D'après les informations recueillies auprès de l'artiste, une toile mixte (lin et polyester) a été encollée au Caparol®, une dispersion d'acétate de vinyle. La toile a été enduite, sur ses deux faces, d'une préparation acrylique blanche (Gesso Primer acrylique 1001 de Royal Talens®). La peinture employée, la Royal Talens® Amsterdam Série Standard 100% acrylate, a été appliquée à la brosse large et au rouleau.

Ce tableau a été réalisé en deux temps : une première ébauche picturale a été reprise deux mois plus tard par l'artiste pour l'aboutissement de la composition. Une analyse stratigraphique conduite au laboratoire de polychromie de l'IRPA-KIK (Bruxelles) a mis en évidence la superposition d'au minimum 15 couches de peinture acrylique pour l'obtention de cette matière picturale particulièrement texturée.

Lors d'un démenagement, deux enfoncements occasionnés côté support ont engendré la formation de craquelures et de soulèvements de la couche picturale à l'interface des deux compositions (ébauche initiale et composition finale). L'hypothèse de la présence d'une couche d'encrassement sur la première réalisation a été émise. Celle-ci aurait entravé la possibilité d'une adhérence maximale entre les deux compositions.

Les traitements de conservation furent les suivants : après un dépoussiérage, un nettoyage superficiel généralisé et un dégraissage à l'isooctane des zones à refixer, les soulèvements de peinture ont été refixés avec la dispersion acrylate Plextol D498 (Lascaux®) fluidifiée avec de l'eau déminéralisée. L'adhésif a été infiltré au pinceau fin dans les réseaux de craquelures et sous les écailles de peinture décollées. Les excédents d'adhésif ont été chassés en exerçant une légère pression avec un pinceau silicone sur l'écaille de peinture à refixer et ont été éliminés avec un tampon d'ouate humidifié avant une mise sous poids (poids de sable).

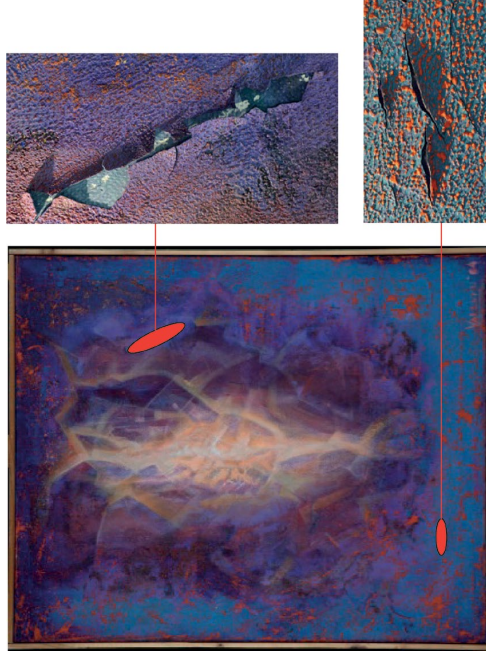
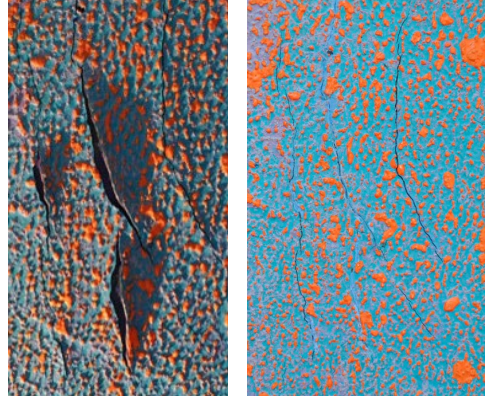


Schéma de localisation des soulèvements de la peinture



Avant et après restauration



Avant et après restauration



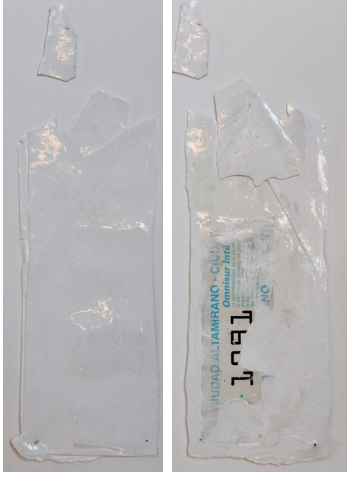


Vue générale de l'installation - tous droits réservés.

L'installation du plasticien Abraham Cruzvillegas est composée de 175 pièces rectangulaires de dimensions variables. Ce sont des supports papier (coupures de presse, enveloppes, cartes postales, etc.) peints à l'acrylique blanche. Les couches picturales présentent une épaisseur approximative de 1 à 1,5 mm. Les pièces rectangulaires sont directement épinglées au mur dans le film de peinture. Lors du décrochage, par perte de souplesse des films, cinq pièces constitutives de l'installation se sont cassées par endroits. Les cassures, à joint vif, ne concernent que le film de peinture acrylique, les supports papier n'étant pas altérés. De manière à redonner à ces cinq éléments leur unité structurelle d'origine, une consolidation discrète par le revers a été effectuée après réalisation d'une série de tests. Les traitements appliqués ont été les suivants :

Après un dépoussiérage à la brosse douce et un dégraissage à l'isooctane des zones à consolider, un nettoyage superficiel a été effectué au moyen d'une solution aqueuse tamponnée. Les fragments cassés de peinture ont été remis en place et maintenus entre eux par un facing. La consolidation par le revers a été réalisée avec deux feuilles de papier Japon effilochées sur leurs bords, prémouillées et encollées avec de l'esturgeon épaissi dans un éther cellulosique. L'esturgeon épaissi permettait de limiter l'apport d'eau tout en conservant un très bon pouvoir collant. Les deux feuilles de papier Japon ont été superposées en les décalant légèrement l'une par rapport à l'autre au niveau de leurs bords pour éviter la formation de tensions locales et de marquages du film de peinture. A l'issue d'une mise sous poids (poids de sable), les facings ont été retirés et les résidus de colle éliminés au moyen de la solution aqueuse. Des tests d'accrochage ont été réalisés pour vérifier le bon maintien de la consolidation.

Exemple d'une pièce rectangulaire traitée



Photographies face et revers de la pièce avant traitement de conservation-restauration.

Un des fragments cassés de peinture a adhéré à la pièce principale. Il a pu être décollé au moyen un film de plastique semi-rigide et d'un petit bâtonnet en bois au bout biseauté et émoussé.



Photographies face et revers de la pièce après traitement de conservation-restauration.

Face : les fissures des fragments de peinture ne sont pas perceptibles.

Revers : la consolidation au moyen des feuilles de papier Japon est peu perceptible.



Essai d'accrochage de la pièce après avoir effectué les traitements de conservation.

**La seconde expérience** a pour origine une aberration lors d'un essai de fixage sur des échantillons-tests. Les résultats ont conduit à réaliser une nouvelle expérience en laboratoire, précédée également de tests préliminaires. Celle-ci avait pour principal objectif était de déterminer si des échantillons de films libres de peinture acrylique, non vieillis et vieillis artificiellement, pouvaient adhérer uniquement par un faible apport d'eau sur une toile enduite d'un apprêt universel acrylique (Claessens® - Toile 100 % lin n° 9A).

Pour ce faire, deux séries de quatre bandes de peinture Liquitex® et Golden® blanc dioxyde de titane et bleu de phtalocyanine ont été étendues au tire-film sur des feuilles de téflon pour obtenir des films libres une fois la peinture sèche. Après une semaine de séchage dans l'enceinte climatique, l'une des séries a subi un vieillissement artificiel de 500 heures sous lampe xénon (Q-SUN Xe-1-S®,  $\lambda$  {290 – 800 nm}), tandis que la seconde est restée en enceinte climatique. Il était en effet intéressant de vérifier si une exposition aux rayonnements pouvait influencer la qualité de l'adhésion des films de peinture.

Quatre-vingt échantillons de film sec de peinture, d'une dimension de 1,5 X 0,8 cm, ont été préparés à partir des précédentes bandes. Leurs épaisseurs, mesurées avec un TQC Super Pig III, varient entre 100 et 165  $\mu\text{m}$  (+/- 4  $\mu\text{m}$ ).

Pour déterminer si le pH et la conductivité de l'eau pouvaient également exercer une influence sur leur adhésion, 40 échantillons de peinture ont été fixés à l'eau déminéralisée (pH : 6,8 –  $\sigma$  : 0,092 mS/cm), tandis que les 40 autres ont été fixés à l'eau tamponnée avec conductivité ajustée (pH : 5,5 –  $\sigma$  : 8 mS/cm)<sup>12</sup>. Avant fixage, les supports (toile préparée Claessens®) ont été dégraissés à l'isooctane. Les échantillons, déposés au pinceau sur la préparation acrylique humectée d'eau, ont été mis sous poids pendant 36 heures avant d'être soumis au test d'adhérence par pliage sur mandrins cylindriques de  $\varnothing$  2 et 1 cm.



Figure 5. Essai d'adhérence d'un échantillon sur le mandrin cylindrique de  $\varnothing$  1 cm.

Aucun film de peinture Liquitex® ou Golden® blanc dioxyde de titane et bleu de phtalocyanine n'est tombé du support-toile enduit. Des soulèvements ponctuels se sont en revanche produits sur plusieurs échantillons, exclusivement au niveau de leurs bords. Ces décollements ont été notés d'une croix sur les Planches 1 et 2 pour les localiser.

---

<sup>12</sup> Eau tamponnée à conductivité ajustée (pH 5,5 –  $\sigma$  : 8 mS/cm) : solution d'acide acétique tamponnée avec une solution basique d'hydroxyde de sodium. Addition progressive de sulfate de sodium pour atteindre la conductivité souhaitée.

Planche 1. Fixage des films de peinture Liquitex Basics Matt® non vieillis et vieillis artificiellement à l'eau déminéralisée et à l'eau tamponnée à conductivité ajustée.

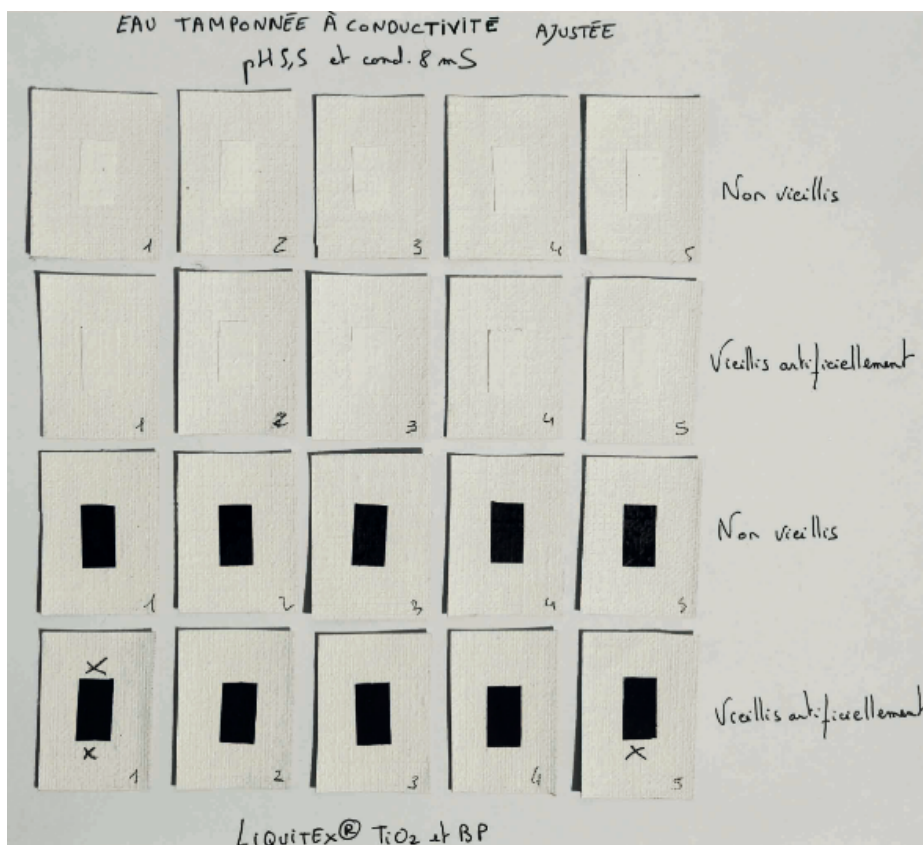
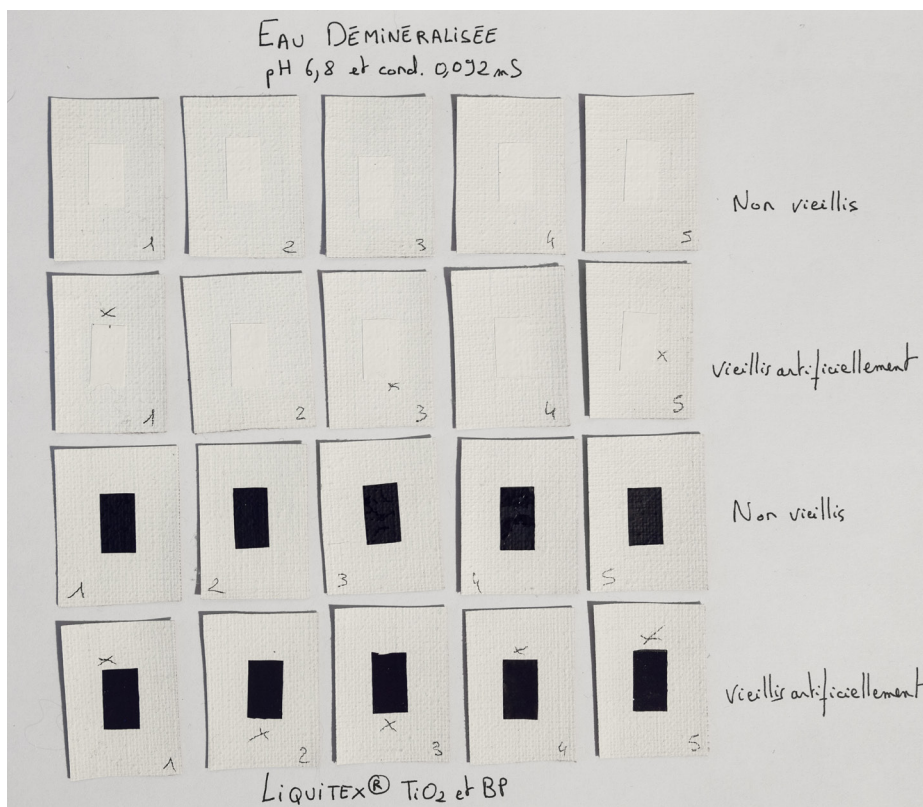
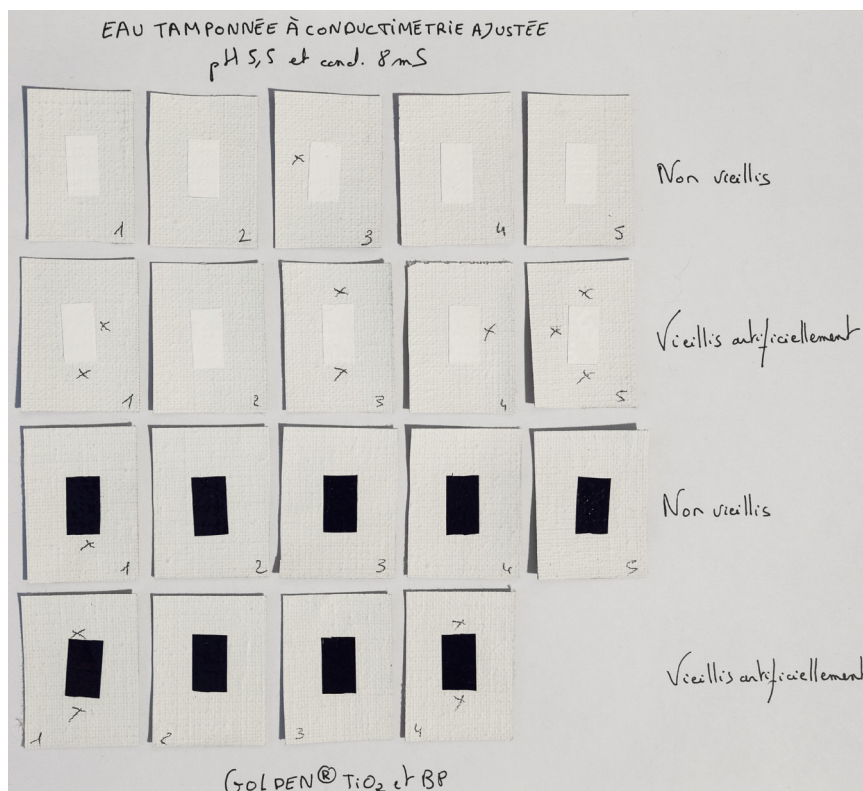
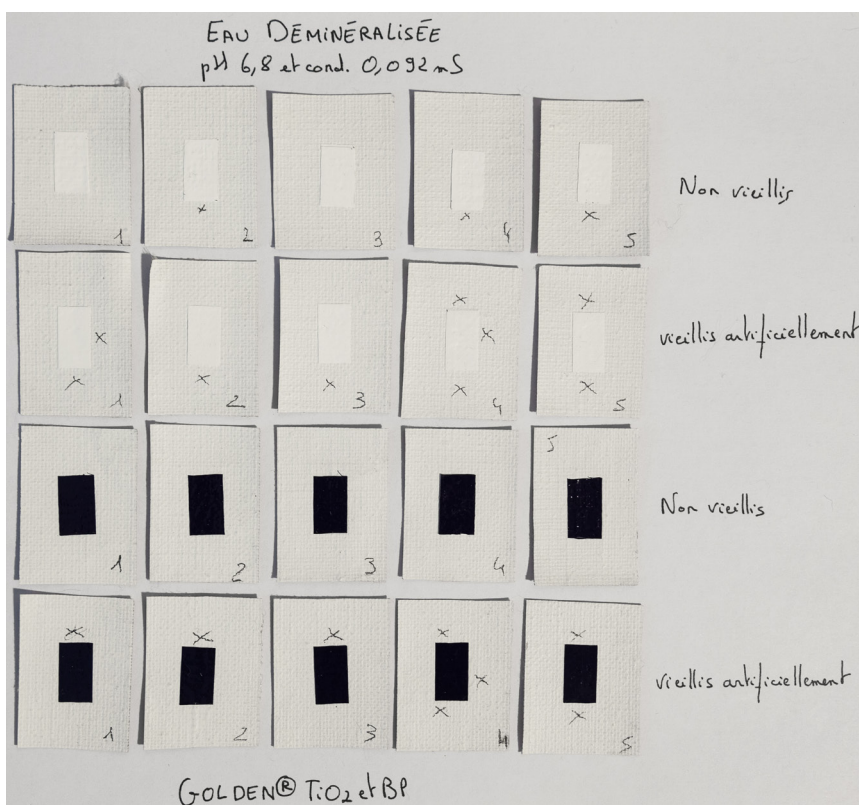


Planche 2. Fixage des films de peinture Golden Acrylics® non vieillis et vieillis artificiellement à l'eau déminéralisée et à l'eau tamponnée à conductivité ajustée.



Les principales observations relatives au fixage à l'eau des éprouvettes sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2. Essais de fixage à l'eau déminéralisée et à l'eau tamponnée à conductivité ajustée des films libres de peinture acrylique Golden Acrylics® et Liquitex Basics Matt®.

	Liquitex Basics Matt®	Golden Acrylics®
<b>Eau déminéralisée</b>	<p>* Aucun film de peinture <u>non vieilli</u> n'a manifesté de soulèvement par pliage des échantillons sur mandrins cylindriques.</p> <p>* Trois échantillons de peinture blanc dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) <u>vieillis artificiellement</u> ont manifesté des soulèvements ponctuels, tandis que tous les films bleu de phtalocyanine (BP) se sont partiellement soulevés.</p>	<p>* Lors du pliage des éprouvettes sur les mandrins, seuls les films de peinture BP <u>non vieillis</u> n'ont pas manifesté de soulèvement ponctuel, contrairement à certains films de peinture TiO<sub>2</sub>.</p> <p>* Les films de peinture TiO<sub>2</sub> et BP <u>vieillis artificiellement</u> ont tous présenté des soulèvements ponctuels.</p>
<b>Eau tamponnée conductivité ajustée</b>	<p>* Aucun film de peinture <u>non vieilli</u> n'a manifesté de soulèvement par pliage des échantillons sur mandrins cylindriques.</p> <p>* Les films de peinture TiO<sub>2</sub> <u>vieillis artificiellement</u> n'ont pas présenté de soulèvements ponctuels contrairement aux films de peinture BP.</p>	<p>* Les échantillons de peinture TiO<sub>2</sub> et BP <u>non vieillis</u> présentent chacun 1 soulèvement ponctuel.</p> <p>* En dépit d'un échantillon défectueux, les films de peinture BP <u>vieillis artificiellement</u> semblent manifester moins de soulèvements ponctuels que les films de peinture TiO<sub>2</sub>.</p>
<b>Conclusions</b>	<p>* Les films de peinture <u>non vieillis</u>, fixés à l'eau déminéralisée ou tamponnée, n'ont pas manifesté de soulèvements ponctuels lorsque les éprouvettes ont été soumises au test d'adhérence sur mandrins.</p> <p>* Les films de peinture TiO<sub>2</sub> et BP <u>vieillis artificiellement</u>, fixés à l'eau déminéralisée ou tamponnée, ont présenté quelques soulèvements ponctuels.</p> <p>&gt; Au regard des résultats obtenus, l'adhésion des films de peinture <u>vieillis artificiellement</u> au support toile enduit a été plus effective à l'eau tamponnée qu'à l'eau déminéralisée.</p>	<p>* Les films de peinture <u>non vieillis</u>, fixés à l'eau déminéralisée ou à l'eau tamponnée, présentent moins de soulèvements ponctuels que les films <u>vieillis artificiellement</u>.</p> <p>* En dépit d'un échantillon BP défectueux, les films de peinture TiO<sub>2</sub> et BP <u>vieillis artificiellement</u> et fixés à l'eau tamponnée semblent être moins sujets aux soulèvements ponctuels que ceux fixés à l'eau déminéralisée.</p> <p>&gt; Au regard des résultats obtenus, l'adhésion des films de peinture <u>vieillis artificiellement</u> au support-toile enduit semble être légèrement plus effective à l'eau tamponnée qu'à l'eau déminéralisée.</p>

Différentes hypothèses ont été émises sur les facteurs qui influenceraient l'adhésion obtenue avec l'eau des films de peinture acrylique, parmi lesquelles :

- \* la formulation des peintures et de la couche de préparation acrylique (nature et proportions des additifs hydrophiles, des pigments et des monomères, degré de polymérisation, etc.) ;
- \* les conditions climatiques de mise en œuvre (~ 21 °C) et la pression exercée lors de la mise sous poids ;
- \* l'utilisation de l'eau qui baisse la Tg des films de peinture et de préparation acrylique, et augmente ainsi leur pouvoir collant<sup>13</sup>. Les molécules d'eau favoriseraient également la formation de liaisons hydrogène via des groupements fonctionnels (carbonyles, acides carboxyliques, etc.) présents dans le film de peinture d'une part et dans la couche de préparation d'autre part (chaînes latérales des monomères acrylates/ méthacrylates, additifs hydrophiles, présence d'acides polyacryliques, etc.).

Le pH et la conductivité de l'eau semblent influencer l'adhésion des échantillons au support-toile enduit. En effet, en limitant l'extraction d'additifs, cette dernière est plus effective à

<sup>13</sup> Des essais préliminaires de fixage ont été réalisés avec des solvants organiques tels que l'isooctane et le white Spirit. Aucun échantillon de films libres de peinture acrylique n'a adhéré au support toile préparé.

l'eau tamponnée qu'à l'eau déminéralisée<sup>14</sup>.

Les soulèvements ponctuels dépendraient de la formulation des peintures et du recouvrement incomplet des échantillons au support-toile. En effet, l'absence de continuité stratigraphique constitue des zones de fragilité, points de départ des soulèvements. L'épaisseur des couches de peinture n'a pas directement été mise en cause : des films tant minces qu'épais ont manifesté des soulèvements ponctuels.

Par ailleurs, les échantillons vieilliss artificiellement sous lampe xénon ont présenté une moins bonne adhérence que ceux non vieilliss. Les rayonnements auraient occasionné :

- l'altération de certains additifs dont les tensio-actifs,
- la modification chimique de certains groupes fonctionnels qui influencent des mécanismes chimiques d'adhésion.

Au regard des résultats obtenus dans cette expérience, le fixage à l'eau de soulèvements ou d'écailles de peinture acrylique, sans recours à un adhésif, pourrait être envisageable dans certaines circonstances. L'eau tamponnée à conductivité ajustée est ici plus effective que l'eau déminéralisée.

Néanmoins, précisons qu'au cours de cet essai, certains échantillons de peinture acrylique se sont lustrés.

En raison des différences de modèles d'échantillons, une comparaison entre les deux expériences n'a pu être menée.

**Conclusion.** Malgré leurs limites respectives, ces deux expériences avaient pour objectif d'amorcer la thématique du fixage de ces matériaux, tout en tentant de s'inscrire dans la continuité des recherches entreprises sur le nettoyage des peintures acryliques en dispersion. Elles ont confirmé la difficulté d'intervenir sur de telles matières, où les connaissances quant à ces peintures sont encore lacunaires. Ces essais doivent être appréhendés comme des tests de préliminaires pour de nouvelles recherches scientifiques effectuées en laboratoire qui permettraient notamment de développer et de vérifier certaines hypothèses formulées.

#### **Remerciements à :**

Mme Kristin BARTIK – Laboratoire d'ingénierie des nanosystèmes moléculaires de l'Ecole polytechnique de Bruxelles, Université libre de Bruxelles ;

Mme Cécile DE BOULARD – Restauratrice de peinture et enseignante à ENSAV-La Cambre ;

M. Keith CHENG – Attaché des collections du Musée National d'Art Moderne Centre Georges Pompidou, Paris - Centre Pompidou ;

Mme Catherine DEKERCKHEER – Enseignante et responsable du service Peintures et vernis à l'Institut Meurice - Haute École Lucia de Brouckère ;

M. Simon DEROOVER – Ingénieur au laboratoire Peintures et vernis de l'Institut Meurice - Haute École Lucia de Brouckère ;

M. Valentin GANEV – Artiste peintre et graveur et Mme Militza GANEVA – Restauratrice de peinture indépendante ;

Mme Sylvie LEPIGEON – Restauratrice des peintures au Musée National d'Art Moderne Centre Georges Pompidou, Paris - Centre Pompidou.

---

<sup>14</sup> Dans cette expérience.

Mme Laure MORTIAUX – Restauratrice de peinture et assistante à l’atelier de peinture de l’IRPA - KIK ;

Mme Jana SANYOVA – Scientifique en conservation à l’IRPA-KIK et conférencière à ENSAV-La Cambre ;

Mme Véronique SORANO - STEDMAN – Chef du service de la restauration des œuvres du Musée National d'art Moderne Centre Georges Pompidou, Paris - Centre Pompidou.

### **Bibliographie.**

[1] JABLONSKI, E., et *al.* (éd.), « Conservation Concerns for Acrylic Emulsion Paints », in *Reviews in Conservation*, n°4, 2003, pp. 3-12.

[2] PLOEGER, R., et *al.*, « Morphological Changes and Rates of Leaching of Water-soluble Material from Artists’ Acrylic Paint Films during Aqueous Immersions », in *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium*, L.A. : GCI, 2007, pp. 201-207.

[3] BROCK T. et *al.*, *European Coatings Handbook*, Hannover : Vincentz, 2000.

[4] LEARNER, T., *Analysis of Modern Paints*, Los Angeles : Getty Publications, 2004.

[5] DEROOVER, S., *Introduction au laboratoire de polymère : synthèse du liant acrylate – Master 2 HP-PV*, Bruxelles : Institut Meurice, 2011-2012, (non publié).

[6] ZUMBÜHL, S., et *al.*, « Solvent Action on Dispersion Paint Systems and the Influence on the Morphology – Changes and Destruction of the Latex Microstructure », in *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium*, L.A. : GCI, 2007, pp. 257- 268.

[7] SONODA, Naoko, RIOUX, J.-P., « Identification des matériaux synthétiques dans les peintures modernes. I. Vernis et liants polymères », dans *Studies in Conservation*, n°35, 1990, pp. 189-190.

[8] LEARNER, T., ORMSBY, B., « Cleaning Concerns for Acrylic Emulsion Paints », in *Conservation of Easel Paintings*, New York : Routledge, 2012, pp. 564-570.

[9] YOUNG, Ch., « Interfacial Interactions of Modern Paint Layers », dans LEARNER, T.J.S., SMITHEN, P., KRUEGER, J.W. et SCHILLING, M.R. (éd.), in *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium*, (Getty Conservation Institut, May 16-19, 2006), Los Angeles : Getty Conservation Institut (GCI), 2007, pp. 247-256.

[10] Tate announces AXA Art Insurance research grant for ground-breaking conservation project, [En ligne], Consulté le 15 juillet 2016, URL : <http://www.tate.org.uk/about/press-office/press-releases/tate-announces-axa-art-insurance-research-grant-ground-breaking>.

- [11] DELCROIX, G., HAVEL, M., *Phénomènes physiques et peinture artistique*, Puteaux : Erec, 1988.
- [12] LEARNER, T., « Modern paints : Uncovering the Choices », in *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium*, L.A. : GCI, 2007, pp. 3-16.
- [13] COMBETTE, P., ERNOULT, I., *Physique des polymères. I. Structure, Fabrication, Emploi*, Paris : Hermann, Collection Enseignement des Sciences, 2005.
- [14] ORMSBY, B., et. al., *Caring for Acrylics: Modern and Contemporary Paintings*, AXAArt & Tate Gallery, 2007, [En ligne], Consulté le 28 janvier 2015, URL : [http://www.axa-art.it/fileadmin/Cluster/DE/AARG/Acrylmalerei/TAAMPB\\_brochure\\_carin2g\\_for\\_acrylics.pdf](http://www.axa-art.it/fileadmin/Cluster/DE/AARG/Acrylmalerei/TAAMPB_brochure_carin2g_for_acrylics.pdf).
- [15] ERLEBACHER, J.D., et al., « The Mechanical Behaviour of Artists' Acrylic Paints with Changing Temperature and Relative Humidity », in *AIC Paintings Speciality Group Postprints*, Washington : The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1992, pp. 35-40.
- [16] HAGAN, E., et al., « Factors Affecting the Mechanical properties of Modern Paints », dans *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium*, L.A. : GCI, 2007, pp. 227-235.
- [17] ORMSBY B., VILAFRANCA SOISSONS I., *Conservation of Acrylic Paintings*, Workshop Module 4 « Plastics in art and for art », Naples : Fondazione Plart, 24, 25 et 26 nov. 2014.
- [18] WOLBERS, R., « Acrylic Emulsion Paint Films : The Effect of Solution pH, Conductivity, and Ionic Strength on Film Swelling and Surfactant Removal », in *Studies in Conservation*, vol.59, n°1, 2014, pp. 52-62.
- [19] HAGAN, E., MURRAY, A., « Effects of Water Exposure on the Mechanical Properties of Early Artists' Acrylic Paints », in *Material Research. Society Symposium Proceedings*, vol. 852, 2005.
- [20] WOLBERS, R., et al. « Cleaning of Acrylic Emulsion Paints: Preliminary Extractive Studies with Two Commercial Paint System », in *New Insights into the Cleaning of Paintings. Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference*, WDC : Smithsonian Institution Scholarly Press, n°3, 2013, pp. 147-157.
- [21] SMITHEN, P., « A history of the treatment of acrylic painting », in *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered*, L.A. : GCI, 2007, p. 171.



## Les peintures acryliques en dispersion et le fixage de leurs films

dans le cadre de JERI Conservation - Restauration 2016

Olivia BARANI – Restauratrice de peinture

1

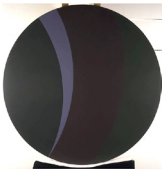
## Plan de l'exposé

- I. Présentation
- II. Composition des peintures acryliques en dispersion
- III. Formation du film
- IV. Propriétés de films de p.a.
- V. Fixage et expériences (empiriques)
- VI. Bonus

2

### Exemples d'œuvres peintes à l'acrylique en dispersion

#### I. PRÉSENTATION



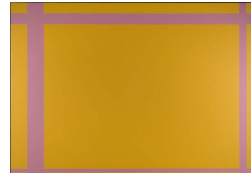
**Andromeda, Alexander Liberman, 1962,**  
Peinture acrylique sur toile,  
165 X 165 cm, Tate Modern.



**Painting, Barrie Cook, 1970,**  
Peinture acrylique sur toile,  
262 X 307 cm, Tate Modern.

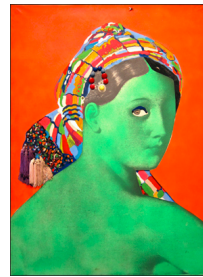


**Blanche et bleue, Claude Viallat, 1967,**  
Peinture acrylique sur toile libre,  
214 X 414 cm, Centre Georges Pompidou.



**Untitled 2/72, Jeremy Moon, 1972,**  
Peinture acrylique sur toile,  
203 X 290 cm, Tate Modern.

3



**La Grande Odalisque, Martial Raysse, 1964,**  
Peinture acrylique, verre,  
mouche, passementerie en  
fibre synthétique sur  
photographie marouflée sur  
toile, 130 X 97 cm,  
Centre Pompidou.



**Superposition de tubes, Arman, 2001,**  
Acrylique, tubes de  
peinture sur toile,  
Plexiglas superposé,  
150 X 102 cm.



**Cuadrado tabaco y vibracion, Jesus Rafael Soto, 2004,**  
Peinture acrylique sur bois,  
métal, 102 X 102 X 17 cm,  
Centre Pompidou.

4

### Détails de peintures acryliques avec soulèvements ou altérations de la cohésion



**Sans titre, Marthe Wéry, 2002,**  
peinture acrylique sur  
aluminium, 150 X 130 cm,  
Collection Banque Nationale de  
Belgique.



**Structure cristalline V, Valentin Ganév, 2004,**  
peinture acrylique sur  
toile, 73 X 60 cm,  
Collection de l'artiste.



Facé et revers de **Autorretrato ciego muy feliz y emocionado, Abraham Cruzvillegas, 2012,** peinture acrylique sur supports papier, installation, Centre Pompidou - Beaubourg.

5

### Peintures acryliques en dispersion

#### II. FORMULATION / COMPOSITION

- **Peinture acrylique en dispersion** = résine acrylique (dispersion) + pâte pigmentaire (dispersion)

**Résine acrylique en dispersion** > synthétisée par les concepteurs/ producteurs de polymères,

**Pâte pigmentaire** > préparée par les fabricants de couleur.

- **Composition** : Complexe, multiple et très souvent non connue (secret industriel).

Variation des formulations en fonction :

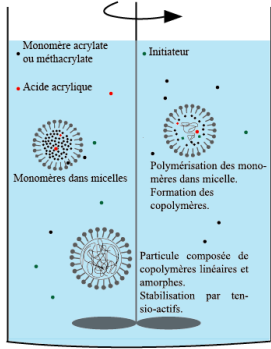
- Fabricants,
- Date de production des peintures.

Amélioration des performances, concurrence, respect des normes, etc. > Constantes reformulations.

6

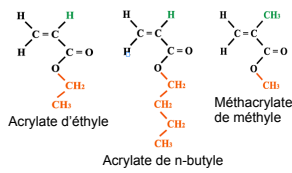
Résine acrylique (en dispersion) : liant et adhésif

Synthèse de la résine acrylique en dispersion

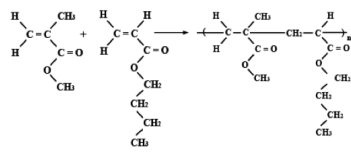


Polymérisation en dispersion

Monomères acrylates et méthacrylates



Formation d'un copolymère



7

Résine acrylique (en dispersion) : liant et adhésif

Exemples d'additifs

**Tensio-actifs** : disperser dans l'eau les particules hydrophobes de polymères acryliques ;

**Agents anti-mousse** : contrer la tendance au moussage des tensio-actifs ;

**Agents épaississants** : augmenter la viscosité de l'eau ;

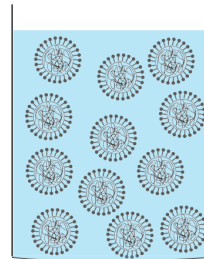
**Solvants de coalescence** : permettre la formation homogène du film acrylate ;

**Conservateurs** : éviter le développement de micro-organismes ;

**Agents tampons** : la dispersion est stable sur une large gamme de pH, mais les conditions alcalines sont indispensables pour les polymères acrylates et les agents épaississants celluloseux qui sont insolubles à bas pH ;

**Initiateurs de polymérisation, agents de transfert de chaîne, agents de gel/dégel, promoteurs d'adhésion, etc.**

Résine acrylique en dispersion



Eau : phase continue de la dispersion.  
Particules de polymères : phase discontinue (en suspension dans l'eau).

8

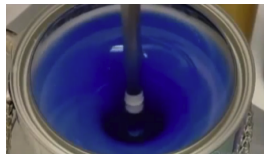
Pâte pigmentaire



1.



2.

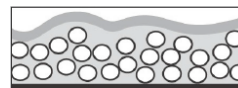


3.

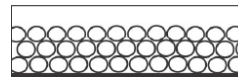
Addition de la pâte pigmentaire à la résine acrylique et mélange homogène obtenu par agitation

9

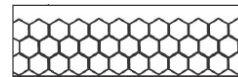
III. FORMATION DU FILM



**Étape 1** : Dispersion aqueuse.  
La peinture demeure malléable.  
Début évaporation.



**Étape 2** : L'évaporation est ralentie.  
Les particules de polymère se rapprochent.  
Un état ordonné des particules se crée.



**Étape 3** : Début de la **coalescence** (fusion) des particules de polymère.  
Déformation des particules de polymère en contact et formation d'un réseau en nid d'abeille.



**Étape 4** : Formation du film continu par enchevêtrement des chaînes de polymère entre les particules.

B. Ormsby - Tate©

Schéma dans : ORMSBY B., VILLAFRANCA SOISSONS I., *Conservation of Acrylic Paintings*, Workshop « Plastics in art and for art », Naples : Fondazione Piart, 24, 25 et 26 nov. 2014. 10

Propriétés optiques

IV. PROPRIÉTÉS DES FILMS DE PEINTURE ACRYLIQUE



Différentes gammes de médiums (et autres produits) acryliques en dispersion



Différentes marques de peinture acrylique en dispersion



Films de peinture acrylique (en dispersion), bleu de phthalocyanine.  
Film brillant (Golden Acrylics®)  
Film mat (Liquitex Basics Matt®)

11

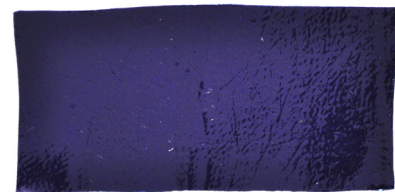
Matériau thermoplastique

Température de transition vitreuse de la résine acrylique (Tg) : ≈ 10 - 15 °C

Tg > T° amb. : matériau dur, rigide et cassant ;

Tg < T° amb. : matériau mou, souple et élastique ;

A ≈ 20 °C, les films peuvent se marquer en surface - empreintes (impacts, poids, etc.).



Empreintes de plis (fines lignes) de Mélinox® visibles dans la moitié droite de l'échantillon.

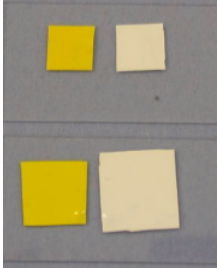
12

### Sensibilité à l'eau

> Formulation de la peinture (additifs hydrophiles, etc.), âge et épaisseur du film de peinture, pH et conductivité de l'eau, temps d'exposition à l'eau, etc.  
(E. Hagan, M. Charalambides, T. Learner, A. Murray, Ch. Young, 2006).

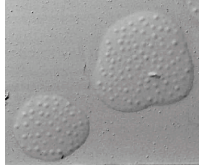
> Eau : « plastifiant externe » (J.D. Erlebacher, M.F. Mecklenburg, C.S. Tumsa, 1992 et E. Hagan, A. Murray, 2005).

#### Tests de sensibilité à l'eau (immersion) et gonflement



Échantillons contrôle

Immersion dans l'eau pendant 1 min.



Gonflement film de Liquitex® TiO<sub>2</sub> sur plaque de verre vieilli 1000h sous lampe Xénon. Gouttes d'eau déminéralisée laissées jusqu'à évaporation complète. Vue sous microscope X30.

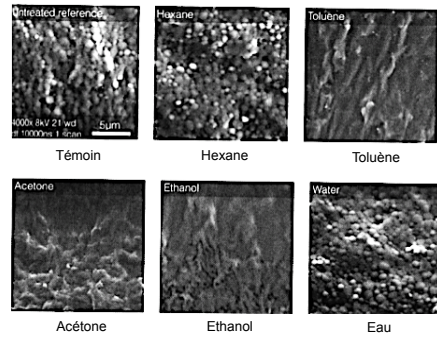
B. Ormsby - Tate©

Dans : ORMSBY B., VILLAFRANCA SOISSONS I., *Conservation of Acrylic Paintings*, Workshop « Plastics in art and for art », Naples : Fondazione Piart, 24, 25 et 26 nov. 2014

13

### Sensibilité aux solvants organiques

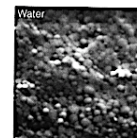
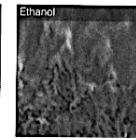
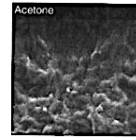
#### Influence de 5 solvants sur la matrice polymérique d'un film de dispersion acrylique



Témoin

Hexane

Toluène



Acétone

Ethanol

Eau

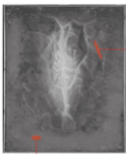
L'hexane et l'eau n'engendrent pas de dégradation visible de la matrice polymérique. S. Zumbühl©.

Dans : ZUMBÜHL, S., et al., « Solvent Action on Dispersion Paint Systems and the Influence on the Morphology- Changes and Destruction of the Latex Microstructure », in *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium*, LA.: GCI, 2007.

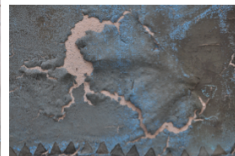
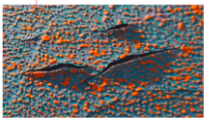
14

### Soulèvements de la CP

### V. FIXAGE ET EXPÉRIENCES



Altérations liées à un accident mécanique survenu dans l'atelier du peintre lors d'un déménagement.



Altérations liées à la technique (mixte) du peintre.

15

### Fixage

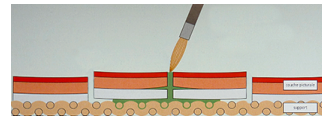


Schéma général d'un fixage d'une couche picturale en soulèvement. Infiltration de l'adhésif de fixage au pinceau. N. Knut©.

#### Questionnaire :

- > Nombre envoyé : 307
- > Nombre de réponses totales : 59
- > Réponses « positives » : 21
- > Réponses « négatives » : 38

Expériences (empiriques)

Dans : KNUT, N., *Manuel de restauration des tableaux*, Cologne : Könemann, 1999.

16

### Expérience empirique 1

Adhésifs et concentrations		
Adhésifs synthétiques	Dispersions acryliques et vinyliques	- Plexitol D498® (Lascaux) - MFK® (Lascaux) - PVAc Classic D2® (Pattex)  Diluées à 50 % dans eau déminéralisée
	Solution acrylique	Plexisol P550® (Kremer) 5 % dans White spirit
	Ethylène-acétate de vinyle	BEVA 371® en film (Kremer) 10 % dans Shellsol D40®
Colle naturelle	Origine animale	Esturgeon (Kremer) 4 % dans eau déminéralisée

#### Objectifs :

> Etude empirique de l'efficacité et de la stabilité des adhésifs cités ;

> Liste risques rencontrés lors du fixage d'une CP acrylique et propositions de précautions à prendre.

17

### Expérience empirique 1

- > Préparation de 41 échantillons-multicouches
- > Séchage des peintures acryliques pendant 1 mois en enceinte climatique (23 °C et 50 % d'HR)
- > 1<sup>er</sup> vieillissement accéléré de 1000 h. sous lampe Xénon filtre lumière jour extérieure (290-800 nm)
- > Réalisation des craquelures et des soulèvements
- > Fixage des soulèvements des films de peinture acrylique
- > 2<sup>nd</sup> vieillissement accéléré de 1000 h. sous lampe Xénon



Schéma échantillon multicouche  
Dimensions : 3 x 4 cm.

- a : Support de mousseline en polyester blanc
- b : Encollage « acrylique » Sennelier®, réf. N133509, application à la brosse
- c : Préparation « acrylique » blanche Golden Gesso®, réf. N360724, application à la carte
- d : Film de peinture Liquitex® ou Golden® blanc ou bleu, application à la carte



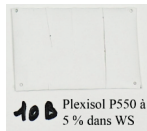
Modèle de soulèvements de la CP acrylique sur les échantillons.

18

### Expérience empirique 1

- > Les adhésifs infiltrés n'ont ni jauni, ni contrain les films de peinture acrylique (*observations à l'œil nu*)
- > Les résidus secs d'adhésifs synthétiques (en dispersion) peuvent engendrer des altérations irréversibles

#### Exemples de résultats de fixage, après 1000 h. de vieillissement accéléré



Peinture Liquitex Basics Matt® Blanc TIO2.

#### Résidus d'adhésif synthétique acrylique



Exemple d'échantillon (Golden Acrylics® Blanc TIO2) : vue générale et détail.

19

### Expérience empirique 1

- > Aucune écaille de peinture refixée ne s'est soulevée lors du test de flexion et d'adhérence sur mandrins cylindriques.



Mandrins cylindriques Ø 2.5 cm, Ø 2 cm et Ø 1 cm), test adapté de celui de la norme ISO 1519 :1973.

- > Tableau récapitulatif des risques rencontrés lors du fixage et propositions de précautions.

Le fixage nécessite la réalisation préalable de :

- Tests de sensibilité à la chaleur,
- Tests de sensibilité de la couche picturale à l'eau,
- Tests de sensibilité de la couche picturale aux solvants organiques.

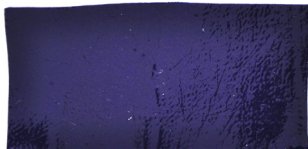
Objectif : déterminer quel adhésif (substance collante + solvant), concentration et mise en œuvre.

20

### Expérience empirique 1

#### Films de peinture acryliques (en dispersion)

Point d'attention	Principaux risques	Précautions
<b>Polymères thermoplastiques</b>  Sensibilité à la chaleur : ramollissement / fusion du film de peinture Tg liant acrylique : 10-15°C	* Ecrasements de reliefs (à la spatule mais aussi lors de la mise sous poids pour favoriser l'adhérence des couches entre elles) * formation d'empreintes (plis de Mélinex / fibres d'intissés de polyester, etc.) : illustration * Lustrage de la matière picturale * Inclusion de particules de poussière	* Idéal : éviter l'apport de chaleur. * Attention particulière quant aux conditions climatiques (T° et HR) dans lesquelles le restaurateur travaille.



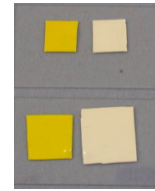
Empreintes de plis (fines lignes) de Mélinex® visibles dans la moitié droite de l'échantillon.

21

### Expérience empirique 1

#### Films de peinture acryliques (en dispersion)

Point d'attention	Principaux risques	Précautions
<b>Sensibilité à l'eau</b>  * Additifs hydrophiles non volatils présents dans le film sec de peinture * Eau = « effet plastifiant » (Hagan)	* Gonflement du film de peinture * Extraction des additifs hydrophiles * Assouplissement de la CP : * écrasements de relief, lustrage, etc. * Formation d'auréoles * Décoloration, etc.	* S'assurer que l'eau n'engendre pas formation auréoles, décoloration, etc. * Limiter l'apport d'eau : recours à des adhésifs en dispersion, mise en gel des adhésifs, etc. * Recours à une eau tamponnée pour nettoyage des excédents d'adhésif * ⚠ au taux d'HR de l'air



Échantillons contrôle

Immersion dans l'eau pendant 1 min.

B. Ormsby - Tate®

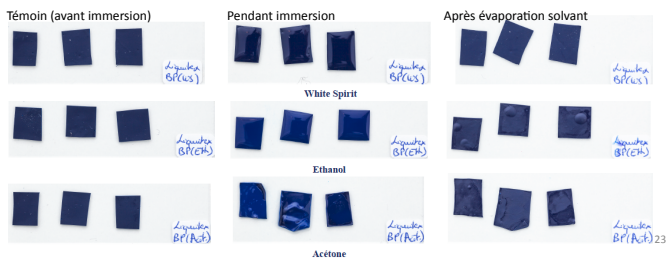
22

### Expérience empirique 1

#### Films de peinture acryliques (en dispersion)

Point d'attention	Principaux risques	Précautions
<b>Sensibilité aux solvants organiques</b>  Matrice polymérique	* Gonflement * Ramollissement * Dissolution * Auréoles * Décoloration, etc.	* Les solvants les moins pernicieux pour les polymères acrylates sont les solvants aliphatiques (isooctane, hexane, etc.) et les naptas (WS). * ⚠ : Les films de peinture acrylique (en solution) se dissolvent dans les naptas.

#### Exemples de comportements aux solvants. Films de Liquitex Basics Matt BP



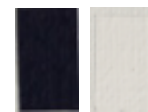
### Expérience empirique 2

- **Objectif du test :** Déterminer si adhérence possible de films libres de peinture acrylique, non vieillés et vieillés artificiellement, par un faible apport d'eau sur une toile enduite d'un apprêt universel acrylique.

- **Préparation des éprouvettes-tests :**

> Au total, **80 échantillons** de film libre de peinture acrylique **Liquitex®** et **Golden®** TIO2 et BP. Dimensions des échantillons secs de peinture acrylique : 1,5 X 0,8 cm et d'une épaisseur variant entre 100 et 165 µm (+/- 4 µm).

> **Toile Claessens® - Toile 100 % lin**, enduite industriellement d'un apprêt universel acrylique blanc.



Exemples de films libres de peinture acrylique fixés à l'eau sur toile enduite.

24

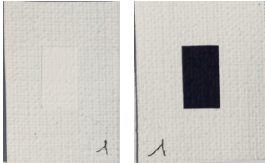
### Expérience empirique 2

• **Préparation des éprouvettes-tests (suite) :**

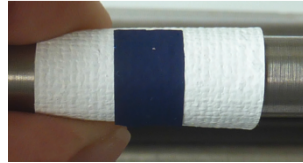
- > **40 échantillons** ont subi un **vieillessement accéléré** de 500 h. sous lampe Xénon (290 - 800 nm ; 48 °C et 15 % d'HR dans l'enceinte de vieillissement),
- > **40 autres échantillons** sont restés en **enceinte climatique** (23 °C et 50 % d'HR) pendant 500 h. à l'abri de la lumière.

• **Fixage à l'eau :**

- > **40 échantillons**, dont 20 vieillis artificiellement : **eau déminéralisée** (pH 6,8 –  $\sigma$  : 0,092 mS/cm),
- > **40 échantillons**, dont 20 vieillis artificiellement : **eau tamponnée** (pH: 5,5 –  $\sigma$  : 8 mS/cm).



Exemples d'échantillons. Films secs de peinture acrylique fixés à l'eau sur toile enduite.

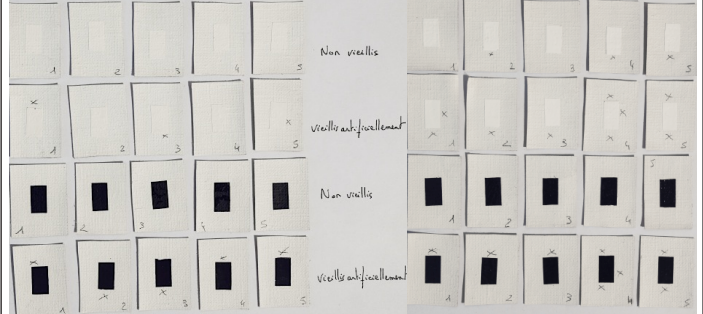


Essai d'adhérence par flexion/ pliage d'un échantillon sur le mandrin cylindrique Ø 1 cm.

25

### Expérience empirique 2

**Fixage des films libre de peinture acrylique Liquitex® et Golden® TIO2 et BP à l'eau déminéralisée : pH 6,8 et cond. 0,092 mS.**



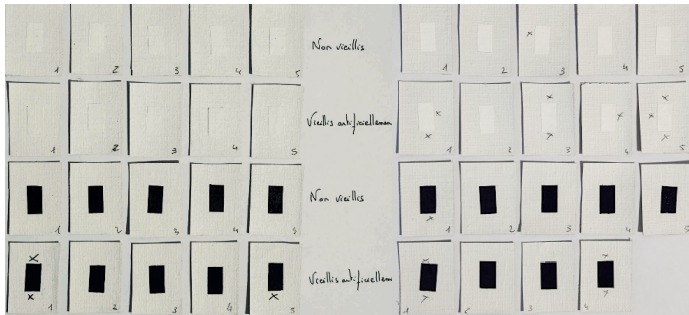
Liquitex Basics Matt® TIO2 et BP

Golden Acrylics® TIO2 et BP

26

### Expérience empirique 2

**Fixage des films libre de peinture acrylique Liquitex® et Golden® TIO2 et BP à l'eau tamponnée : pH 5,5 et cond. 8 mS.**



Liquitex Basics Matt® TIO2 et BP

Golden Acrylics® TIO2 et BP

27

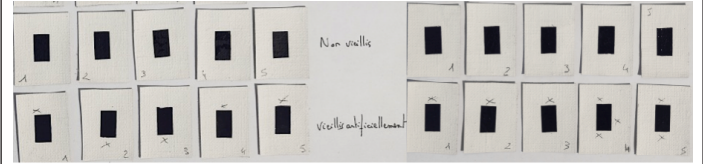
### Expérience empirique 2

> D'une manière générale, les films vieillis artificiellement présentent une moins bonne adhérence à l'eau (dém. ou tamp.), que ceux non vieillis.

**Hypothèses :** Les rayonnements lumineux dans l'enceinte de vieillissement auraient occasionné :

- altération des additifs. Ex: tensio-actifs de type PEO,
- modification chimique de certains groupes fonctionnels. Ex: groupe carboxyle (-COOH) des acides acryliques employés comme promoteurs d'adhésion (liaisons H),
- Autre(s) ?

**Exemple fixage à l'eau déminéralisée**



Liquitex Basics Matt® BP

Golden Acrylics® BP

28

### Expérience empirique 2

> D'une manière générale, l'adhérence des films de peinture paraît plus effective à l'eau tamponnée qu'à l'eau déminéralisée.

**Question / Hypothèse :** Diminution du gonflement des films de peinture et extraction limitée des additifs hydrophiles ? Autre(s) ?

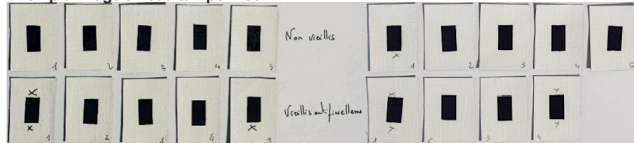
**Exemple fixage à l'eau déminéralisée**



Liquitex Basics Matt® BP

Golden Acrylics® BP

**Exemple fixage à l'eau tamponnée**



Liquitex Basics Matt® BP

Golden Acrylics® BP

29

### Expérience empirique 2

> Adhérence des films à l'eau :

**Hypothèses :**

- Plastifiant externe (Erlebacher, 1992; Hagan, 2005 et 2007, etc.) : ↓ Tg du film de peinture (et de la préparation acrylique) et ↑ du pouvoir collant à T° amb. (env. 20 °C).

- Formation de liaisons H avec :
  - les additifs « hydrophiles » (tensio-actifs, éthers cellulose, etc.),
  - les acides acryliques (R-COOH) employés comme promoteurs d'adhérence, etc.

- Autre(s) ?

30

*Sincères remerciements*



LA CAMBRE **m**

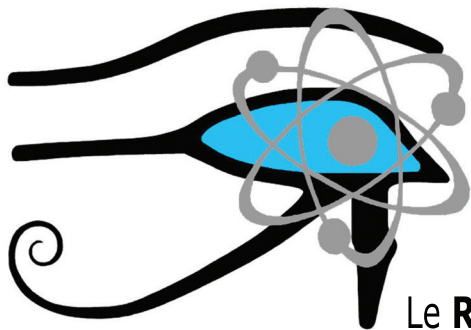
INSTITUT  
**MEURICE**

**ULB**

Centre  
Pompidou

**JERI 2016**  
Conservation  
Restauration

- **Jana SANYOVA** – Scientifique en conservation à l'IRPA-KIK et conférencière à ENSAV- La Cambre, Bruxelles.
- **Laure MORTIAUX** – Restauratrice de peinture et assistante à l'atelier de peinture de l'IRPA – KIK.
- **Cécile DE BOULARD** – Restauratrice de peinture et enseignante à ENSAV-La Cambre.
- **Catherine DEKERCKHEER** – Responsable du service Peintures et vernis à l'Institut Meurice, Bruxelles.
- **Simon DEROVER** – Ingénieur, Laboratoire Peintures et vernis de l'Institut.
- **Kristin BARTIK** – Laboratoire d'ingénierie des nanosystèmes moléculaires de l'Ecole polytechnique de Bruxelles, ULB - Bruxelles.
- **Véronique SORANO - STEDMAN** – Chef du service de la restauration des œuvres du Musée National d'art Moderne Centre Georges Pompidou.
- **Sylvie LEPIGEON** – Restauratrice des peintures, Musée National d'Art Moderne Centre Georges Pompidou.
- **Keith CHENG** – Attaché des collections, Musée National d'Art Moderne Centre Georges Pompidou.
- À l'ensemble de l'équipe **JERI 2016**...

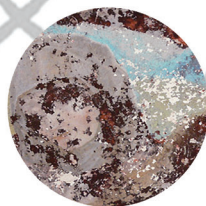
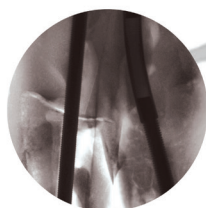


# Re.S.Artes

Le **R**egard de la **S**cience sur les **A**rts et le patrimoine culturel

## Imagerie scientifique

numérique et mobile  
*UV, IR, RX*



## Analyse de matériaux

supports et polychromies  
*MEB, IRTF, ...*

## Identification d'agents d'altération

champignons, bactéries, sels solubles  
*ADN, chromatographie ionique*

### Ils nous font confiance :

Musée Rodin, Musée Guimet,  
Musée du Quai Branly,  
Fondation Giacometti,  
Arc Nucléart, ...



### Pour plus d'informations :

[www.res-artes.com](http://www.res-artes.com)

[info@res-artes.com](mailto:info@res-artes.com)

+33 (0)5 56 81 64 42





**HÉLÉNA BÜLOW**

Conservation-restauration  
d'œuvres d'art contemporain  
[h.bulow@laposte.net](mailto:h.bulow@laposte.net)  
<http://h-bulow.e-monsite.com>  
35600 Bains-sur-Oust

**La conservation et la réinstallation d'une œuvre contemporaine complexe, évolutive et interactive : *Fichier Poïpoi de 1963 à maintenant*. Un questionnement sur l'adaptation de la pratique du conservateur-restaurateur face à ce type de créations**

Résumé

Cette communication présente une approche de la conservation des œuvres contemporaines perçues comme complexes du fait de leur matérialité mixte, du nombre important d'éléments constitutifs et de leurs modalités d'exposition (œuvres à dimensions variables, interactives, fonctionnelles...). Une étude de cas de l'œuvre *Fichier Poïpoi de 1963 à maintenant* sera présentée. Elle permettra de montrer concrètement les difficultés et les principales interrogations pour la conservation, la gestion et la réinstallation de ce type de création.

L'œuvre étudiée a été réalisée en 1994, par Joachim Pfeufer en rapport à un projet artistique créé en collaboration avec Robert Filliou. Cette œuvre est interactive, évolutive, protéiforme et son installation a été jusqu'à présent dirigée par l'artiste. Plusieurs interlocuteurs ont été sollicités pour appuyer et collaborer aux traitements de conservation-restauration préconisés. Il apparaît alors que le conservateur-restaurateur d'œuvres d'art contemporain complexes ne doit pas s'attacher à la seule matérialité mais également à l'expérience que l'œuvre offre aux visiteurs, à son fonctionnement, afin qu'elle soit pleinement comprise et conservée. Les documents réalisés (constat d'état, guide de réinstallation, etc) contiennent un système d'informations qu'il semble nécessaire de conserver en vue de la réinstallation de ce type d'œuvres.

## Introduction

Cette intervention porte sur une œuvre complexe qui reprend certaines problématiques de conservation des œuvres contemporaines, pour lesquelles le conservateur-restaurateur doit adapter sa démarche. L'œuvre étudiée s'intitule *Fichier Poïpoi de 1963 à maintenant*, réalisée par Joachim Pfeufer. Elle a été créée en 1994 dans le cadre d'un projet artistique fait en collaboration avec Robert Filliou. Elle est mise en dépôt au musée des Beaux-arts de Nantes depuis 2003 par Joachim Pfeufer, propriétaire de l'œuvre. Il s'agit d'une installation constituée de 149 éléments différents et de 277 fiches papier dont le nombre est exponentiel puisque l'œuvre est interactive et évolutive. Cette œuvre n'a jamais été présentée de la même façon (figure1).

Avant ce travail, réalisé dans le cadre du mémoire de fin d'études<sup>1</sup>, l'œuvre était dissociée, sa fiche d'inventaire ne comprenait pas tous ses éléments constitutifs; certains étaient conservés chez l'artiste. Ce dernier ajoute des éléments pratiquement à chaque installation de l'œuvre. La fiche d'inventaire mentionnait des éléments qui ne faisaient pas partie de l'installation, mais qui faisaient partie du projet artistique à partir duquel l'œuvre a été réalisée. Cette installation n'était plus en mesure d'être comprise par le musée puisque certains de ses éléments étaient perdus ou altérés, il était alors très difficile de l'exposer.

Une collaboration avec l'artiste s'est établie tout au long de l'année de recherche, un lien de confiance a pu se créer après plusieurs échanges. Joachim Pfeufer m'a décrit au cours d'un premier rendez-vous de plusieurs heures le projet artistique dont l'œuvre est issue, sa manière de voir le monde et de travailler. Au fur et à mesure de nos échanges, plusieurs interrogations sur le devenir de l'œuvre (ses paramètres d'exposition, son évolution et sa prise en charge) ont été formulées par l'artiste. Ce sont ces questions qui m'ont aidée à fournir un ensemble documentaire nécessaire à la conservation et à l'installation de l'œuvre pour le musée. L'un des mes axes de travail a alors été de retransmettre les informations données par l'artiste, difficilement compréhensibles par le musée. L'institution a demandé des interviews à l'artiste, une notamment a eu lieu en ma présence. Joachim Pfeufer pensait et décrivait l'œuvre en terme d'histoire et de poésie, l'histoire du projet artistique et du passé amical avec Robert Filliou. Le musée pensait l'œuvre en terme technique dans une optique d'installation (réalisée par le musée pour la première fois) et posait des questions nécessitant des réponses précises (comment installer tel élément, avec quel lien, à quelle distance du sol placer la fusée, etc...), questions auxquelles l'artiste ne pouvait répondre, ou que de façon approximative. Le document de réinstallation que j'ai réalisé par la suite a permis de rendre plus concrètes les informations données par l'artiste et n'a été possible qu'après une série de rendez-vous autour de la création de l'œuvre. Ces premiers entretiens ont également permis l'adaptation des questions techniques à cette œuvre et de faire comprendre à l'artiste la nécessité de connaître et de transmettre certaines informations au musée pour les réinstallations futures et la conservation de l'œuvre sans la dénaturer.

---

1 D.N.S.E.P obtenu à l'Ecole Supérieure d'Art d'Avignon, 2014.



1994



2000



2001



2004



2006



2012



2013

Fig. 1 Sept expositions de l'œuvre par ordre chronologique, expositions détaillées en note de bas de page n°2

## 1.Présentation de l'œuvre *Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant* :

*Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant* est la réalisation à l'échelle 1 de propositions débutées en 1963, dans le cadre de recherches menées pour un projet artistique, par Robert Filliou (poète, écrivain et artiste plasticien français 1926-1987) avec Joachim Pfeufer (né en 1935, artiste américain et professeur d'art ). Ce projet a été réalisé dans le but d'élaborer un centre de création permanente et s'est concrétisé dans plusieurs pays sous la forme d'architectures modulables appelées *Poïpoïdromes à Espace-Temps Réel* (figures 2 et 3). Les centres de création permanente étaient des lieux construits pour favoriser l'échange et la communication entre les visiteurs et aussi pour leur permettre de créer des objets et de méditer sur l'art et la vie. *Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant* poursuit les buts fixés dans le cadre de ce projet artistique. Elle est également pensée comme étant d'une part un espace fonctionnel qui contient des éléments interactifs (propice au jeu) et d'autre part comme étant un espace documentaire et remémoratif de ces actions passées (contient des photos et des dessins par exemple). C'est par le placement des éléments dans le lieu d'exposition que les deux facettes de l'œuvre sont comprises par les visiteurs. L'espace dédié à l'interaction est voulu ouvert, de façon à le rendre accessible aux visiteurs tandis que l'autre espace est fermé et des éléments documentaires non interactifs sont présentés.



Fig. 2 *Poïpoïdrome à Espace-Temps Réel n°1*, 1976, Budapest.



Fig. 3 Construction *Du (ou de la) Poïpoïdrome Optimum* au Centre Pompidou en 1978 pour l'exposition « Hommage aux Dogons et aux Rimbauds ».

*Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant* contient des matériaux alimentaires: des bonbons en forme de dentier (figure 4) et des pâtes en forme de sexe masculin (figure 5), des objets usinés en matières plastiques comme un jouet en forme de tracteur (figure 6), des fleurs (figure 7) et des lettres en mousse (figure 8), du matériel informatique qui doit être fonctionnel: un Macintosh SE/30 avec clavier et souris (figure 9), des métaux qui sont principalement en alliages ferreux, des éléments en matières organiques et des matériaux dérivés du bois.

A ces éléments s'ajoutent des fiches papier qui sont remplies par le public et intégrées par l'artiste à l'œuvre après chaque exposition. Des tampons et des encriers sont disposés à côté des fiches papier vierges que le public est invité à tamponner (figure 10). Les écrits de ces fiches varient, on y trouve par exemple des noms et prénoms, des avis positifs et négatifs sur l'œuvre, la raison pour laquelle les personnes sont venues voir l'exposition, des phrases sur l'art et la vie et des dessins (figure 11).

Sont également présents des objets réalisés par Robert Filliou et Joachim

Pfeufer (un croquis de la Fusée Poïpoï par exemple, figure 12) d'autres qui ont été échangés avec la population des Dogons au cours d'un voyage au Mali en 1978 (une tabatière, une statuette figure 13, une malle en bois figure 14). Ces objets recouvrent un caractère ethnographique et ont été acquis dans le cadre du projet pour réaliser des centres de création permanente. D'autres encore sont des objets réalisés en usine, récupérés et transformés par Joachim Pfeufer (le jouet en forme de tracteur par exemple avec un ours en peluche qui le conduit et une antenne TV sur laquelle des bonbons en forme de dentier sont collés, jouets ayant appartenus à l'une de ses filles, figure 15).



Fig. 4



Fig. 9

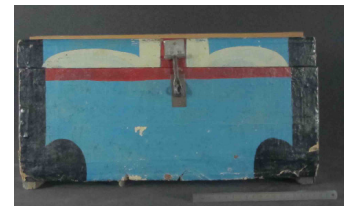


Fig. 13



Fig. 14

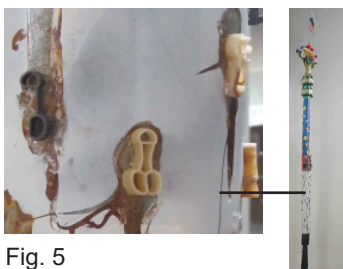


Fig. 5



Fig. 10



Fig. 6



Fig. 11



Fig. 15

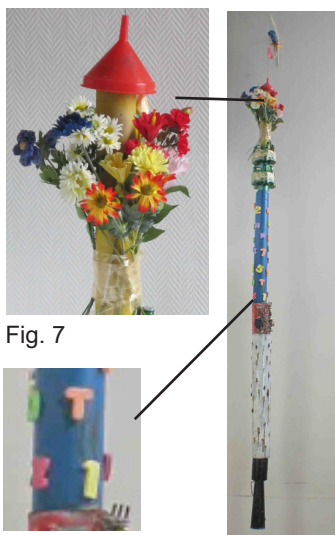


Fig. 7



Fig. 12

Fig. 8

A chacune des 7 expositions<sup>2</sup>, l'œuvre n'a jamais eu la même forme. Ceci est voulu par l'artiste et participe à son fonctionnement. Elle est donc protéiforme, interactive, évolutive et adaptable aux différents lieux d'exposition. Un autre caractère relatif à la constitution de l'œuvre et à sa réception est important à considérer : il concerne la présence physique du spectateur dans l'œuvre et son interactivité avec certains éléments engendrant des marques d'usage et donc une évolution de la constitution de l'œuvre. L'ensemble des éléments est installé pour amener le visiteur à créer des objets, à se documenter sur le projet artistique et à réfléchir sur l'art et sur sa vie. Il est nécessaire de documenter la présence du spectateur dans l'œuvre pour réitérer le même type d'expérience provoquée par l'ensemble des éléments installés par l'artiste et qui sont adaptés aux différents espaces d'exposition.

## 2.Méthodologie de documentation, le rôle du conservateur-restaurateur pour la réinstallation de l'œuvre, une part de sa mission :

Apartir de cette définition de l'œuvre on peut se demander: Quand l'artiste ne sera plus en mesure d'installer l'œuvre, qui prendra en charge ces principes d'interactivité, d'évolution et d'adaptabilité? Qui intégrera les éléments réalisés par les visiteurs en exposition? Est-ce que l'œuvre continuera d'évoluer quand l'artiste ne sera plus présent ou se figera-t-elle? Faut-il distinguer plusieurs types d'évolution (l'une, concerne l'ajout d'éléments par l'artiste à chaque installation de l'œuvre, l'autre concerne l'aspect esthétique des éléments fonctionnels et le nombre de fiches papier, du fait de l'interaction avec le public)? Comment expliquer et conserver des faits immatériels propres à l'artiste (volontés et gestes) par une documentation donnant des informations concrètes afin de guider les réinstallations futures de l'œuvre en étant le plus objectif possible ?

- Méthodologie de documentation

Mon travail de recherche sur une méthodologie de documentation de ce type d'œuvre complexe est né d'une constatation réalisée au cours de stages en institutions muséales présentant des collections d'œuvres contemporaines. Il est difficile de gérer ces œuvres au quotidien en raison du temps important à fournir pour leur documentation technique ; documentation qui propose des choix de traitements adaptés à la matérialité et à la fonctionnalité des éléments. Mes premières recherches se sont basées sur un unique document qui proposait d'assembler les informations techniques, logistiques, matérielles, immatérielles, de réinstallation et de conservation préventive, lui-même basé sur un document réalisé lors du projet "PRACTIS"<sup>3</sup>. C'est un document de base

---

2 Expositions passées de l'oeuvre (ordre chronologique):

Le Fichier Poïpoï out of the Poïpoïdrome [Galerie Arlogos, Nantes, 1994] .

Comment va ta vache ? [MAC, Lyon, 2000].

[Galerie Arlogos, Paris, 2000].

Le Fichier Poïpoï [Musée des Beaux-arts de Nantes,2003-2004].

Transmission Robert Filliou / Joachim Pfeufer [Centre national d'art contemporain Villa Arson, Nice, 2006].

Mémoires d'éléphants [L'atelier, Nantes, 2012].

Les messages de l'art [Musée des Beaux-arts de Nantes, Chapelle de l'Oratoire, Nantes 2013].

3 Ce document réunit les recherches d'un groupe de travail organisé par deux conservatrices-restauratrices: Federika Huys du S.M.A.K. et Pip Laurenson de la Tate Gallery. Source:[http://www.inside-installations.org/research/detail.php?r\\_id=658&ct=structure](http://www.inside-installations.org/research/detail.php?r_id=658&ct=structure)

qui encadre les renseignements à chercher pour documenter et faciliter la conservation, la maintenance et la mise en exposition d'un type d'œuvres. On peut y voir la concrétisation de l'ensemble des informations à fournir pour établir une documentation complète sur les installations. Les informations décrites vont documenter tous types d'installations : celles qui comprennent du multimédia, des objets issus de la société de consommation ou des éléments autographes par exemple. Ce document est alors difficilement utilisable au quotidien pour le personnel d'un musée, puisque certaines données requièrent des recherches approfondies. Il peut par exemple être utilisé lors de l'acquisition d'une œuvre. J'ai rapidement constaté que le document que j'avais pu réaliser sur ce modèle ne pouvait pas convenir à toutes les œuvres et qu'il conduisait à adapter l'œuvre au document et non l'inverse, cela ne peut donc pas être un document avec une forme unique à appliquer de manière systématique. Puisque la conservation-restauration d'un bien culturel est réalisée au cas par cas, les choix et les priorités de documentation sont également à opérer suivant l'œuvre étudiée et la demande.

Le conservateur-restaurateur doit pouvoir garder une analyse critique des informations qu'il obtient et de la démarche qu'il entreprend. Les sources concernant la genèse de l'œuvre permettent d'appréhender le rôle de chaque élément dans une œuvre d'art complexe telle que les installations. Il apparaît alors primordial de comprendre le rôle des éléments constitutifs, leur unicité (décrire pour chaque élément son histoire, sa constitution et son type de fabrication ainsi que son statut). Il faudra ensuite les relier à l'ensemble des éléments de l'œuvre afin d'appréhender leur place, leur fonction et leur valeur au sein de l'installation. Les questionnements « que documenter ? Et avec quels moyens pour une efficacité optimum de compréhension de la pièce ? » apportent des choix de documentation mais également de mise en compréhension d'une œuvre pour sa conservation-restauration matérielle, fonctionnelle et sa réinstallation.

De façon à documenter les différentes formes que l'œuvre a eues au cours de ses expositions, ainsi que sa constitution matérielle et les logiques de disposition des éléments, un tableau de caractérisation de chaque élément a été réalisé. Ce tableau réunit les informations matérielles, l'histoire des éléments, leurs usages passés et actuels, leur statut et leur similitude de placement en exposition. Il est alors possible de réaliser des choix de traitements adaptés à la constitution matérielle des éléments, à leur valeur et au système référentiel qu'ils créent dans l'œuvre (à leur fonction). Enfin, ce tableau est complété par un second tableau de constat matériel.

- Guide de réinstallation

Extraits de l'entretien du 2 avril 2014 avec Joachim Pfeufer:

*H.B. : ce que j'ai déduit après mes recherches, c'est que l'œuvre a un noyau d'éléments, une typologie et un nombre d'éléments pour qu'elle soit comprise ainsi que des éléments secondaires qui sont exposés quand il y a plus d'espace pour l'exposer.*

*J.P. : oui, on peut dire ça comme ça, c'est un peu difficile de séparer les choses parce que c'est des installations en fonction de l'espace et des relations entre les choses.*

*H.B. : sur quels points portez-vous votre attention lors de l'installation de l'œuvre ?*

*J.P. : c'est curieux, dans tous les trucs Du Poïpoïdrome, c'est un peu prétentieux, c'est l'idée de poésie spatiale parce que ce qui est intéressant c'est les séparations et les relations d'un objet à l'autre et comme je connais assez bien les éléments je les dispose en fonction du lieu et comment ils cohabitent.*

---

*H.B. : (...) est-ce que vous avez un premier geste quand vous installez l'œuvre ?*

*J.P. : je n'ai pas de règle mais en fait je commence à faire un positionnement pour la table, elle a une relation avec les murs de l'espace.*

*H.B. : quel type de relation recherchez-vous ? Que la table soit proche, éloignée, au centre ?*

*J.P. : qu'elle soit parallèle, c'est tout et à ce moment-là c'est asymétrique, la table fait un espace interne et un espace externe et à l'Atelier (en 2012, à Nantes, pour l'exposition « Mémoires d'éléphants ») c'était aussi le même système, il y a une zone où les gens ne vont pas.*

*H.B. : donc c'est voulu que les gens n'aillent pas partout ?*

*J.P. : oui, il y a un devant et un derrière, une arrière-scène et les gens travaillent devant ce qui est un espace plus ouvert, c'est tout bête et la table sert surtout à fermer l'accès aux parties arrières.*

*H.B. : le caddie est aussi disposé pour fermer l'espace arrière ?*

*J.P. : oui, je m'en sers comme ça. On travaille pour des gens qui n'ont pas de contrat de positionnement, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas face à l'œuvre, ils doivent regarder dans certaines conditions, ils sont en train de bouger autour. Donc c'est la manière claire de la limite d'accès qui se fait par la disposition des objets.*

---

*H.B. : (...) donc si quelqu'un d'autre que vous doit installer l'œuvre ?*

*J.P. : il deviendra artiste ! Non, il y a des raisonnements dans chaque cas. Ce que je crois, ce serait un texte qui commence dès l'histoire de Poïpoï, ma rencontre avec Herman Haan, j'ai présenté Herman à Robert et Herman voulait qu'on vienne avec lui au Mali. Donc il y a toute l'expérience jusqu'en 1963, enfin c'est un peu complexe, je ne veux pas commencer à faire une autobiographie. Mais c'est peut-être possible d'expliquer simplement. Le Poïpoï et le Poïpoïdrome ça n'a jamais été l'idée d'une œuvre, ça faisait partie de notre histoire de la vie. C'est évident que quand c'est disposé d'une manière ou d'une autre, je raconte une histoire mais je me la raconte à moi-même. Ecoute, je me permets aussi d'en décrire les limites, comment dirais-je, de ce qui est acceptable socialement, je suis toujours en train de travailler en quelque sorte sur Filliou. Quand on travaillait ensemble, c'était avec des échanges très vifs et on ne posait jamais d'objectifs.*



*H.B. : (...) il y a des éléments qui sont fournis par le musée pour exposer l'œuvre comme l'escabeau par exemple. Est-ce que le type d'escabeau, la taille et le nombre de marches doivent rester similaires ?*

*J.P. : non, effectivement il y a des différences de tailles, mais tu sais, l'histoire de l'emplacement exact, peut-être que si l'escabeau est plus petit, peut-être que c'est une autre relation avec l'espace, mais ça se fait, on le garde. Ce qui est assez intéressant c'est de communiquer l'état d'esprit.*

Pour cette œuvre caractérisée comme protéiforme et évolutive, la conservation-restauration ne devait pas mener à figer l'œuvre dans une forme donnée mais au contraire elle devait permettre son adaptabilité aux lieux d'exposition. Cette notion est basée sur le fait que l'adaptabilité de l'œuvre lui confère son caractère protéiforme voulu par l'artiste. Pour que cette notion soit respectée il est nécessaire d'encadrer les réinstallations de l'œuvre, sans la dénaturer. Le document de réinstallation est basé sur l'hypothèse, exposée par la suite à l'artiste, que chaque élément constitutif de l'œuvre a été inséré pour une raison particulière. Cela peut être dû au hasard, à l'aspect esthétique, au système documentaire ou remémoratif que l'objet induit dans l'œuvre. En s'appuyant sur les différences et les points communs entre chaque exposition, un noyau de l'œuvre a pu être mis à jour. On trouve des éléments qui sont exposés de façon récurrente et d'autres qui ne sont pas exposés à chaque fois. Ces derniers sont exposés selon la taille de l'espace d'exposition. Un index abécédaire des éléments qui ont fait et font partie de l'œuvre a été produit pour appuyer cette constatation de noyau de l'œuvre.

Un guide de réinstallation a donc pu être réalisé en collaboration avec l'artiste, il montre les éléments qui doivent toujours être exposés ainsi que leur placement les uns par rapport aux autres. Ce guide est composé de plusieurs parties : deux premières pages sous forme de texte présentent l'œuvre et le projet artistique (fiche d'identification, description). Elles mentionnent également les vérifications nécessaires à réaliser avant le prêt de l'œuvre, comme le bon fonctionnement de l'ordinateur Macintosh SE/30, le stock de fiches papier vierges et les éléments à fournir par la structure qui présente l'œuvre (une échelle, des tabourets). Elles expliquent également les caractéristiques spatiales de l'espace d'exposition (hauteur sous plafond, prises électrique, cimaise...).

Chaque exposition passée de l'œuvre est détaillée par photographie et schéma ce qui permet de comprendre les différentes possibilités de monstration de l'œuvre et son caractère protéiforme.

Une notice d'installation est notée : l'artiste commence par un premier geste qui est le placement de la table mobilier perpendiculairement à un mur d'exposition, ensuite les éléments non interactifs sont positionnés entre cette table et le mur d'exposition tandis que les éléments interactifs sont placés sur la table et dans son prolongement. Les ensembles d'éléments sont décrits et photographiés afin de détailler leur positionnement dans l'espace les uns par rapport aux autres. Une fois les éléments installés selon cette logique de placement, les deux espaces de l'œuvre sont formés et imbriqués grâce aux relations créées entre les éléments. Joachim Pfeufer installe l'œuvre en se remémorant l'histoire des éléments et les place selon leur relation (ex : l'ours sur le tracteur est le technicien de la fusée poïpoï, il doit être à côté de la fusée, les éléments dogons sont mis ensemble dans la malle achetée au Mali)

Les schémas des différentes expositions de l'œuvre ont été réalisés à l'aide d'un logiciel assez courant (de modélisation 3D, sphère professionnelle et familiale) SketchUp®, dont j'ai utilisé la version gratuite. (figure 16). Ces schémas ont été réalisés avec les mesures exactes des éléments constitutifs de l'œuvre. Cette version du logiciel permet d'introduire des silhouettes humaines et de voir les différentes installations de l'œuvre dans les détails, de mesurer ses différentes formes et de préparer les expositions à venir en déplaçant les éléments suivant la configuration du nouveau lieu d'exposition par exemple.

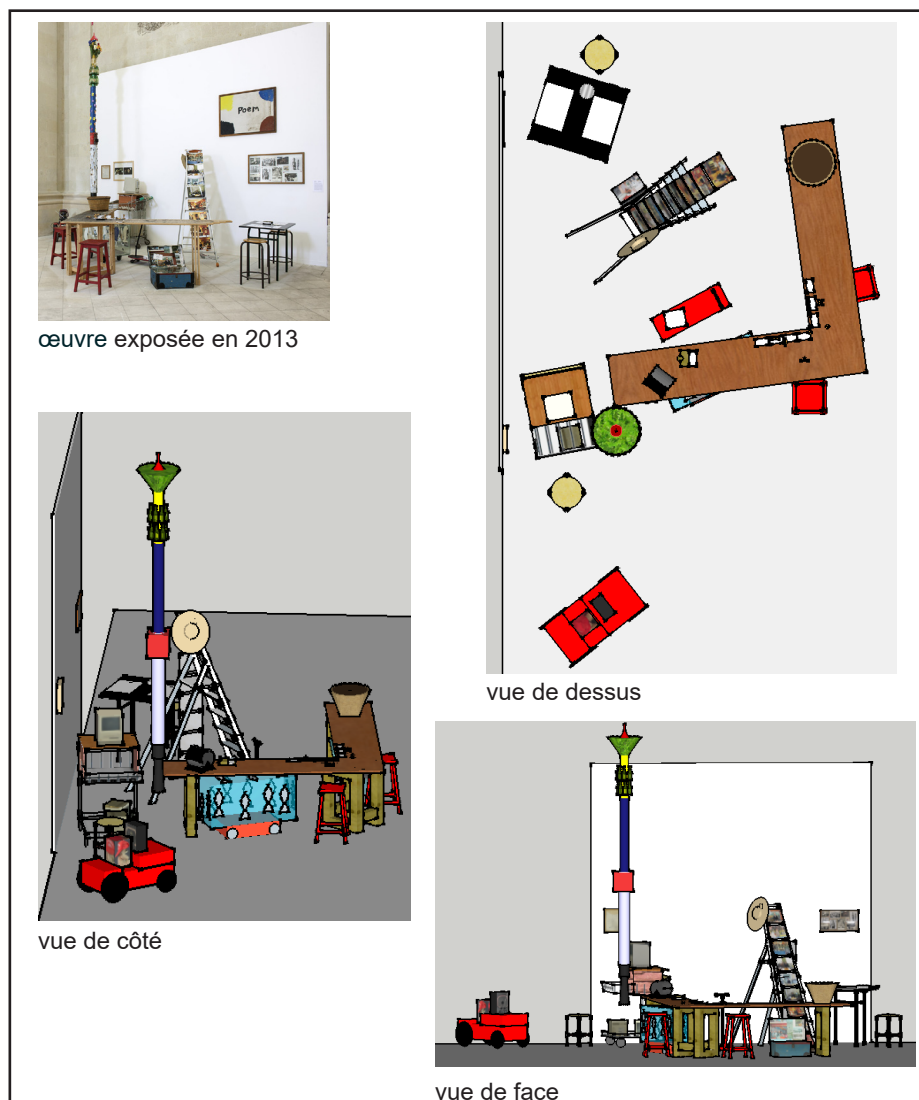


Fig. 16 Extrait du guide de réinstallation, photographie de l'œuvre exposée en 2013 avec 3 exemples de schémas réalisés avec SketchUp®

Il était donc indispensable d'avoir une connaissance de l'ensemble des éléments de l'œuvre pour proposer un document de réinstallation visant son adaptabilité dans l'espace tout en posant les limites de sa malléabilité (sans dénaturer son fonctionnement<sup>4</sup> ni sa réception). Le caractère protéiforme de cette œuvre requiert l'implication du

<sup>4</sup> Fonctionnement: ici fait référence à l'interaction avec le spectateur par le biais d'éléments fonctionnels tels que l'ordinateur sur lequel les visiteurs peuvent se servir pour lire des documents et écrire sur un fichier texte, les tampons et encriers stylo, fiches... Pour le fonctionnement des œuvres voir J.P. Cometti : *Conserver/Restaurer L'œuvre d'art à l'époque de sa préservation technique*, ed Gallimard, 2015.

restaurateur pour la réalisation d'un guide de réinstallation car sa compétence lui permet de déterminer quand le mode de présentation nuit à l'identité de l'œuvre.

### 3.Méthodologie et choix opérés pour la conservation-restauration de cette œuvre complexe:

Dans la publication *Inside Installations*<sup>5</sup>, l'une des interrogations fréquentes concerne la durée de vie typiquement courte des matériaux utilisés. De manière générale, les œuvres d'art contemporain ne répondent souvent plus au critère de pérennité en vigueur pour les œuvres plus anciennes. Les installations peuvent être réalisées avec tous les matériaux existants et elles présentent des aspects esthétiques très variés (notamment au sein d'une même œuvre, comme c'est le cas pour l'œuvre étudiée). Selon la formation classique du conservateur-restaurateur (en fonction d'une spécialisation par matériau), plusieurs professionnels peuvent être amenés à traiter différentes parties d'une même œuvre.

Les questions soulevées sont nombreuses: comment le conservateur-restaurateur peut faire face à la complexité de cette œuvre constituée d'un grand nombre d'éléments hétéroclites ? A titre d'exemple, certains éléments manufacturés du fait de leur usage par le public dans l'œuvre sont altérés, faut-il alors choisir de les restaurer ou de les remplacer? De ce fait, est-ce que la conservation de la matérialité des éléments de l'œuvre peut aller à l'encontre de son intégrité fonctionnelle et de sa réception? Comment est-il possible de réaliser des choix différents de conservation-restauration adaptés aux statuts des éléments tout en homogénéisant les traitements préconisés ? Les questions abordées ici font par conséquent écho à une problématique plus large de conservation des œuvres contemporaines complexes.

Cette œuvre présente un grand nombre d'éléments hétéroclites, alors les interventions et les risques inhérents à sa constitution matérielle, à son exposition et à son conditionnement ont été hiérarchisés et listés. Par exemple, la fusée Poïpoï présente des risques liés au vieillissement des matériaux et à leurs interactions. Les rubans adhésif encerclant les bouteilles de bières ont vieilli et sont dégradés, ils perdent leur pouvoir collant. Au cours de nos entretiens, Joachim Pfeufer a exprimé son souhait de laisser le vieillissement des matériaux apparent. Ensuite des préconisations de conservation curative et préventive ont été faites pour consolider le ruban adhésif ponctuellement et pour créer un système de maintien secondaire des bouteilles de bière. Il s'agirait d'utiliser des aimants en néodyme pour maintenir soit les bouteilles de bière soit des socles, au support métallique constitutif de la fusée Poïpoï.

La plupart des altérations relevées lors du constat d'état étaient dues soit aux anciennes conditions de stockage, soit à leur matérialité (notamment du fait de certains matériaux de réemploi, ou des matériaux périssables). Concernant la mise en œuvre des opérations de conservation et les choix de produits à utiliser il est évident que l'étude technique des éléments a primé. Des conditionnements ont été réalisés pour chaque élément.

Avec le tableau de caractérisation, différents signes ont été catégorisés afin de

5 SCHOLTE T., WHARTON G. [et al.] *Inside installations- theory and practice in the care of complex artworks*. Editeurs Tatja Scholte, Glen Wharton, Amsterdam university press, 2012.

regrouper des choix de conservation-restauration. On constate:

-des marques dues à un usage antérieur sur les éléments qui, une fois intégrés dans l'œuvre ont un statut de document puisqu'ils remémorent certaines actions passées dans le cadre du projet artistique (figure 17). Dans ce cas, l'aspect esthétique comprenant les marques d'usage a été conservé puisqu'elles attestent des actions passées de Joachim Pfeufer et Robert Filliou, à l'origine de la création de l'œuvre.



Fig.17 Carte géographique de Budapest et carnet A4 réalisé par Robert Filliou, utilisés dans le cadre du projet artistique, pour construire des centres de création permanente, intégrés à l'œuvre étudiée, marques d'usage visibles, aspect esthétique qui doit être conservé tel quel.

-des marques survenues après l'insertion des éléments dans l'œuvre, pour ces dernières une distinction a été faite entre les éléments interactifs et les éléments non interactifs. Les marques d'usures évolutives en nombre concernent les éléments interactifs du fait de leur utilisation (figure 18). Pour ces éléments, les



Fig.18 Tampon et clavier, exemple d'éléments interactifs manufacturés de Fichier Poipoï de 1963 à maintenant.

marques d'usures ont été conservées puisque celles-ci sont dues au principe d'interactivité. Il faut ici se demander jusqu'à quel degré ces marques peuvent apparaître sur l'objet et si elles entravent l'action qu'il permet de réaliser. Le tableau de constat créé permet de suivre l'évolution de ces marques et d'enregistrer les nouvelles observées sur les objets interactifs au fur et à mesure des expositions. Après avoir dialogué avec l'artiste et après des recherches sur la fabrication des objets concernés, il apparaît que les éléments manufacturés qui ont perdu leur fonctionnalité doivent et peuvent actuellement être remplacés à l'identique (stratégie de stock ou même de recréation par impression 3D selon les éléments), les encriers, les fiches et les tampons. Il a été proposé de conserver et d'archiver les informations numériques mais également les informations écrites sur les fiches papier et donc de numériser l'ensemble de celles-ci et de dupliquer les informations numériques sur différents supports.

Les éléments non interactifs réalisés par les artistes ou réemployés présentent des altérations survenues après l'intégration des éléments dans l'œuvre: elles sont dues à l'homme, à l'environnement ou à leur constitution matérielle et à leur type d'assemblage. Pour ceux-ci des opérations de conservation-préventive et de conservation-curative ont été préconisées (exemple, figure 19).



Fig 19 Exemple d'altération relevée sur un élément non interactif: l'ensemble des étiquettes en papier autocollant de fabrication industrielle est en partie décollé. Un collage des éléments désolidarisés a été proposé à l'artiste et accepté (afin d'éviter la perte totale des étiquettes papier). La mise en œuvre de ce traitement a été appuyée et conseillée par deux conservatrices-restauratrices de matières plastiques et d'art graphique, le traitement a été réalisé par moi même.

De manière générale, il est apparu que moins d'un tiers des éléments de l'œuvre nécessite des traitements de conservation-restauration. La plupart des dégradations physico-chimiques relevées est due au stockage de l'œuvre avant sa mise en dépôt en 2003 au musée des Beaux-arts de Nantes. D'autres dégradations semblent être la conséquence d'actes de vandalisme lors de l'exposition de l'œuvre (arrachement des pâtes en forme de sexe masculin sur la fusée, manques visibles à hauteur d'homme) et également encourues lors de manipulations des éléments

(la configuration des éléments rend assez difficile leurs manipulations). Plusieurs dégradations physico-chimiques puis mécaniques ont été causées par le vieillissement des matériaux (c'est le cas pour le ruban adhésif par exemple, figure 20). Des dégradations mécaniques ont également été faites par le système de maintien réalisé pour accrocher certains éléments (par exemple rubans adhésifs double face posés au revers des deux séries de photographies, rubans adhésifs sur la Fusée Poïpoï).



Fig.20 Exemple de dégradation liée au vieillissement des matériaux, fusée Poïpoï: ruban adhésif transparent devenu jauni et cassant, ruban adhésif blanc ajouté par une tierce personne. Proposition de réalisation d'un second système de maintien des bouteilles de bière, expliqué et accepté par l'artiste. Circuit électronique: dégradation liée à l'interaction des matériaux, substance blanche rejetée par le transistor (solution semi conductrice, contenant des ions). Le vieillissement de cet élément a provoqué une modification chimique ainsi qu'un rejet de la substance à l'extérieur du transistor en perçant son enveloppe en matière plastique. Cette coloration blanche n'est pas due à la volonté de l'artiste mais au vieillissement du contenu du transistor. Ce composé est toxique pour l'homme et pour l'œuvre, il peut interagir avec les matériaux de l'œuvre. Proposition de nettoyage mécanique réalisée, de plus il a été préconisé une surveillance régulière et particulière pour ces éléments électroniques.

Pour réaliser les traitements sur ces matériaux hétérogènes, une collaboration a été demandée à plusieurs conservateurs-restaurateurs de spécialités différentes. Des traitements devront être réalisés notamment par un conservateur-restaurateur d'art graphique, de photographies. Cette collaboration a été sollicitée afin d'appuyer certaines propositions de traitements et pour en étudier de nouvelles. Mon rôle a été d'homogénéiser les traitements, de respecter le même degré d'intervention et de mettre en commun les informations matérielles et fonctionnelles des éléments. Le nettoyage ponctuel a porté sur l'encrassement dû au stockage de l'œuvre chez l'artiste. Il ne s'agit pas de nettoyage systématique mais réalisé au cas par cas, selon la caractérisation des éléments. Par exemple, l'ordinateur Macintosh SE/30 a été démonté pour être nettoyé mécaniquement, l'accumulation de poussière empêchait le bon fonctionnement de l'ordinateur. Sur la coque, une trace de crasse qui attirait le regard a été jugée néfaste pour l'esthétique de cet élément, elle a été nettoyée. Les marques de jaunissement et de saleté sur le clavier et la souris n'ont pas été nettoyées puisqu'elles sont uniformes, dues à l'utilisation courante de l'ordinateur et pas jugées comme néfastes pour l'utilisation et l'appréciation de cet élément. Le but recherché dans le choix des traitements de conservation-restauration était de ne pas introduire de rupture référentielle. (Exemples de traitements réalisés, figures 21, 22 et 23).



Figure 21 Exemple de nettoyage effectué sur du verre (encadrement), pour retirer les marques de rubans adhésifs posés lors d'un transport de l'œuvre. Après tests, un nettoyage chimique a été retenu (éthanol à 50% dans l'eau déminéralisée).

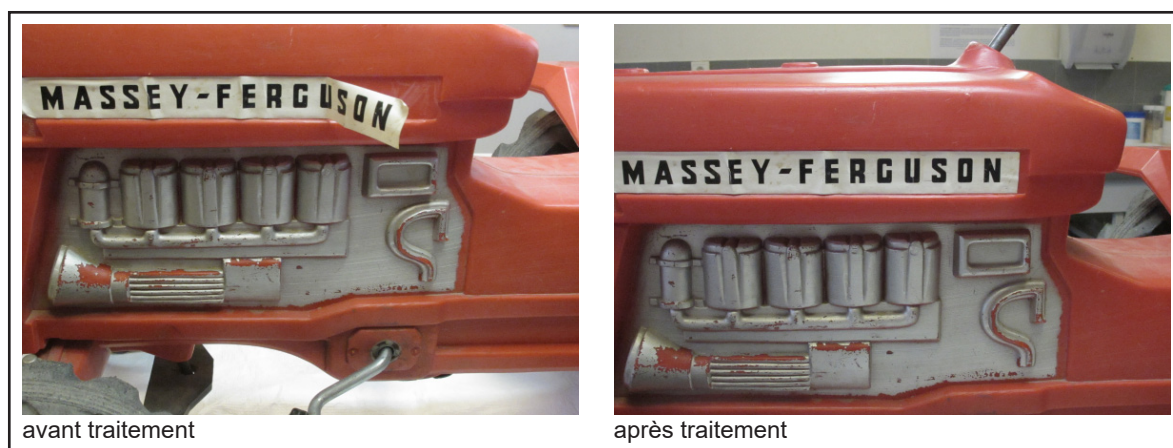
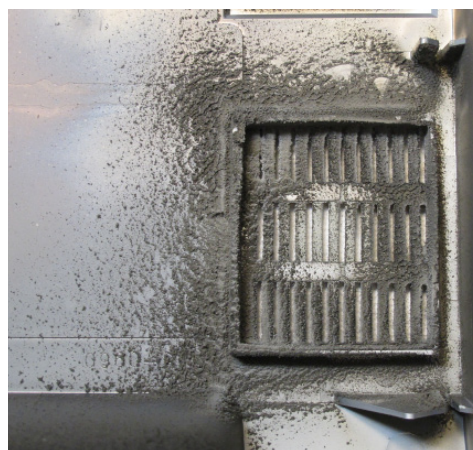


Fig. 22 Traitement de collage de l'étiquette du tracteur jouet, après des tests, un collage a été réalisé avec de la Béva film, scellage à chaud (point de plus bas que celui du support en matière plastique), traitement proposé en concertation avec une conservatrice-restauratrice spécialisée en matières plastiques (thermodurcissables et thermoplastiques).



avant traitement



avant traitement



après traitement



après traitement

Fig. 23 Traitements réalisés : nettoyage aqueux ponctuel, effectué à l'extérieur de l'ordinateur. Dépoussiérage par micro aspiration à l'intérieur de l'ordinateur, réalisé après démontage de l'ordinateur. Ce deuxième traitement a permis un meilleur fonctionnement de l'ordinateur.



## Conclusion

Cette étude a tenté de mettre en lumière l'expertise du conservateur-restaurateur pour la documentation technique de conservation, de réinstallation des œuvres et la nécessité de son insertion dans la chaîne patrimoniale pour aider à la gestion quotidienne de ce type d'œuvres. Elle a également tenté de mettre en avant sa capacité à être un intermédiaire entre l'institution et l'artiste pour élaborer des documents techniques utilisables au quotidien. Les questions soulevées pour réaliser ce type de documentation ont été mises en évidence pour que la démarche entreprise contribue à la gestion de ce type d'œuvre. Ce sont les questions méthodologiques qui doivent être considérées et non la forme finale des documents produits. Le conservateur-restaurateur de ces œuvres évolutives et interactives est amené à documenter quand le processus d'exposition altère leur réception, tout en prenant en compte leur caractère protéiforme.

Cette étude a également tenté de montrer la nécessité pour le conservateur-restaurateur de ce type d'œuvres d'avoir un rôle de coordinateur et une connaissance étendue sur un ensemble de matériaux, afin de réaliser une première étude technique, de hiérarchisation des risques et des traitements de conservation-restauration, liée aux valeurs artistiques et fonctionnelles de ces œuvres. Cela permet de travailler en équipe, avec d'autres restaurateurs spécialisés mais également avec d'autres secteurs d'activités (informaticiens, ingénieurs, électriciens, etc) selon les besoins de l'œuvre.

## BIBLIOGRAPHIE

(par sujet, ordre alphabétique)

### 1. Conservation-restauration

- Ouvrages généraux :

- BRANDI C. *Théorie de la restauration*. Paris: Ecole nationale du patrimoine, MONUM éd. du Patrimoine, 2001.

- RIEGL A. *Le culte moderne des monuments*. Paris: ed. L'Harmattan, 2003.

- Ouvrages spécialisés :

- CAPDEROU C., FLIEDER F. *Sauvegarde des collections du patrimoine, la lutte contre les détériorations bactériologiques*. Paris: ed. CNRS, 1999.

- CARREGA M. *Aide-mémoire matières plastiques*. 2ème édition. Paris: Dunod, 2009.

- CORBIN G. *Les caoutchoucs dans les collections patrimoniales - partie expérimentale, vieillissement artificiel, recherche d'un consolidant pour le caoutchouc naturel* (Vol. I, II, III). Paris: CNAP, 2011.

- ILLES V. *Guide de manipulation des collections*. Ed. Somogi éditions d'art, 2004.

- LAVEDRINE B. (re) *Connaitre et conserver les photographies anciennes*. Paris: ed. du comité des travaux historiques et scientifiques, 2008.

- LAVEDRINE B., avec la collaboration de GANDOLFO J.P., MONOD S. *Les collections photographiques, guide conservation-préventive*. Paris : ed Arsag, 2000.

- SHASHOUA Y., *Conservation of plastics, materials science, degradation and preservation*, ed. Elsevier, 2008.

- PLOYE F. *Connaitre et conserver les impressions numériques dans les collections photographiques patrimoniales* [pdf]. Paris, 2011.

### 2. Conservation-restauration d'art contemporain

- Ouvrages généraux :

- AMSELLE J.L. *L'art de la friche: Essai sur l'art contemporain*. Ed. Flammarion, 2005.

- BEERKENS L. [et al.] INCCA. *The Artist Interview. For conservation and presentation of contemporary art. Guidelines and practice*. INCCA, 2010.

- CHIANTORE O., RAVA A. *Conserving contemporary art- issues, methods, materials, and research*. Los Angeles: ed. the Getty conservation institute, 2012.

- COMETTI J.P., *Conserver/Restaurer L'œuvre d'art à l'époque de sa préservation technique*. ed. Gallimard, 2015.

- Actes de colloque :

- ESBA. *Restauration et non restauration en art contemporain*, tome 1 et 2. Tours: ed. esba, 2008-2009.

- MAC/VAL. *Date limite de conservation*. ed. MAC/VAL, 2009.

- SCHOLTE T., WHARTON G. [et al.] *Inside installations- theory and practice in the care of complex artworks*. Editeurs Tatja Scholte, Glen Wharton, Amsterdam university press, 2012.

- THE GETTY CONSERVATION INSTITUTE. *Mortality Immortality? – The legacy of 20th century art*. Los Angeles: ed. Miguel Angel Corzo, 1999.

- The symposium *Modern Art who cares?* (Vol I, II, III). Amsterdam: The foundation for the conservation of modern art. 1999.

-WAGNER C. *Le cas de Joseph Beuys*. 1994.

• Articles :

-VEGA CARDENAS A. *Restauration épistémologique*. CEROART, réinventer les méthodologies. 2011, n°6.

-VERBEECK-BOUTIN M. *De l'axiologie, pour une théorie des valeurs appliquée à la conservation-restauration*. CEROART, les dilemmes de la restauration. 2009, n°4.

• Thèse :

-WALRAVENS N. *L'œuvre d'art en droit d'auteur – forme et originalité des œuvres d'art contemporaines*. Ed. Economica, 2005.

• Mémoires :

-BLANC Barbara. *De l'œuvre-objet à l'œuvre-idée: une approche de la conservation dans l'art contemporain*. Mémoire de fin d'études, diplôme de conservation-restauration. Ecole Supérieure d'Art d'Avignon, 2011.

-BLUZAT H. *Conservation-restauration d'une œuvre composite « Le grand serpent de Bernard -Bazile, Etude des matériaux constitutifs »* Mémoire de fin d'études, Institut National du Patrimoine- département des restaurateurs, 2004.

-BÜLOW H. *Etude de documentation, de conservation-restauration et de réinstallation d'une œuvre interactive, évolutive, remémorative et documentaire: Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant, réalisée par Joachim Pfeufer en 1994*. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure d'Art d'Avignon, 2014.

-CORBIN G. *Recherche sur la conservation et la restauration de Foot Soldier (Gdozilla) de Kenji Yanobe. Complétée d'une étude sur les mousses polyuréthane souples*. Mémoire de fin d'études, diplôme de conservation-restauration. Ecole Supérieure d'Art d'Avignon, 2007.

-DURANDA. *Perpétuer l'instant? Ou quelle restauration pour les œuvres impermanentes ou performatives?* Mémoire de fin d'études, diplôme de conservation-restauration. Ecole Supérieure d'Art d'Avignon, 2010.

-FAYEN J. *La chaise percée (De Kastoel) de Patrick Van Caeckenbergh*. Mémoire de fin d'études. Ecole des Beaux-arts de Tours, 2007.

-FROMENT E. *Les relations du conservateur-restaurateur avec l'artiste*. Mémoire de fin d'études. Université Paris-Sorbonne, 2003.195 .

• Journée d'études :

-INCCA F. Première rencontre des adhérents, 05.10.2012, Paris (compte rendu disponible).

-INCCA F. L'art contemporain, modification des pratiques et recherches de légitimité, 4.10.2013 (compte rendu disponible).

• Support numérique :

-C2RMF. Art contemporain obsolescence technologique [en ligne]. disponible sur [<http://obsolescence.hypotheses.org/obsolescence-technologique>].

-ICC. Notes de l'ICC. Disponible sur [<http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/index-fra.aspx>].

-GRACZYK A., PREVET M., sous la direction de LE DANTEC N. *Quand l'art se met à table, ou la conservation préventive d'œuvres d'art contemporain et populaire constituées de matériaux alimentaires* [pdf.] Institut National du Patrimoine, 2012.

### 3. Esthétique

- Ouvrages :

- BELTING H. *Le chef-d'oeuvre invisible , Un mythe moderne de l'art*. Paris: ed. Chambon Jacqueline, 2003.
- BENICHOU A., *Ouvrir le document –Enjeu et pratiques de la documentation dans les arts visuels contemporains-*, ed. Les presses du réel, 2010.
- BOURRIAUD N. *Esthétique relationnelle*. Ed. Les presses du réel, 2001.
- DEWEY J. *OEuvres philosophiques - L'art comme expérience*, Publications de l'université de Pau. Ed. Farrago, 2005.
- GOODMAN N. *Langages de l'art – Une approche de la théorie des symboles*. Ed. Jacqueline Chambon, 1990.
- GUELTON B. *L'exposition – interprétation et réinterprétation*. Ed. Harmattan, 1998.

### 4. Installations

- Ouvrages :

- BISHOP C. *Installation art- a critical history*. Ed. Tate publishing, 2005.
- BUSKIRK M. *The contingent object of contemporary art*. Ed. the MIT Press, 2005.
- DE OLIVEIRAN. PETRY M., OXLEY N. *Installations II, L'empire des sens*. Ed. Thames and Hudson, 2003
- DE OLIVEIRA N., PETRY M., OXLEY N. *Installations, l'art en situation*. Ed. Thames and Hudson, 1997.
- REISS J. *From margin to center, the spaces of installation art*, Ed. MIT Press, 2001.
- VAN SAAZE V. *Installation art and the museum – presentation of changing artworks*. Ed. Amsterdam university press, 2013.

- Site internet :

- INSIDE INSTALLATIONS. Disponible sur [<http://www.inside-installations.org/home/index.php>].

### 5. Robert Filliou/ Joachim Pfeufer

- Ouvrages :

- FILLIOU R. *Teaching and learning as performance arts*. Ed. Kasper Konig, 1970.
- LUSSAC O. *Fluxus et la musique*. Ed. Les presses du réel, 2010
- PFEUFER J. *Robert Filliou et le Poïpoïdrome*. doc(k)s printemps, 1988.
- TILMAN P. *Robert Filliou - nationalité poète*. Ed. Les presses du réel, 2006.  
Textes réunis et présentés par FEUILLIE N. *Fluxus Dixit- une anthropologie vol.1*. Ed. Les presses du réel, 2002.

- Catalogues d'exposition :

- CARRE D'ART. *L'ivresse du réel, l'objet dans l'art du XXème siècle*. Nîmes: edition de la réunion des musées nationaux, 1993
- MUSEE d'ART CONTEMPORAIN LYON. *Et tous ils changent le monde*, Biennale d'art contemporain, -Musée d'art contemporain de Lyon.
- MUSEE D'ART MODERNE DE LILLE METROPOLE. *Robert Filliou, Génie sans*

*talent*. Ed. Musée d'art moderne de Lille métropole, Villeneuve d'Ascq.  
-Mille voix/1000 voies. Le journal de la Cédille et de l'écart absolu, n°1.

• Journaux :

-Cahiers du centre Pierre Francastel. Fulux en France, n°2 autonome 2005.

-LUVAH Fluxus Hors série n°29. Ed. Luvah et les presses du réel.

-LAVRADON J. Robert Filliou, artiste génial. Beaux-arts magazine, décembre 2003, n°235.197

• Article :

MANGION E, *Transmission - Le ou la Poïpoïdrome - Robert Filliou et Joachim Pfeufer*. Revue multitude, hors série. Musée d'art contemporain de Nice, Villa Arson, 2006.

• Support numérique

-MUSEE D'ART CONTEMPORAIN LYON. *Robert Filliou et Joachim Pfeufer*. [pdf]. Lyon: MAC, 2010.

-ERUDIT. *Robert Filliou*. Disponible sur [<http://id.erudit.org/iderudit/46975ac>]. Montréal, Erudit, 2013.

-FILLIOU R., PFEUFER J. *Hommages aux Dogons et aux Rimbauds* [CD-ROM]. Mali, Bamako: ed. Centre Pompidou, 1978.

La conservation et réinstallation d'une œuvre  
 contemporaine complexe, évolutive et interactive:  
*Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant*

- Un questionnement sur l'adaptation de la pratique du  
 conservateur-restaurateur face à ce type de créations -



Projet artistique à l'origine de l'œuvre étudiée



De gauche à droite:  
 Joachim Pfeufer, Robert Filliou, 1978,  
 Budapest

1957: Rencontre de Joachim Pfeufer et d'Herman Haan. Joachim Pfeufer prend connaissance des enregistrements dogons réalisés par H. Haan

1960: Rencontre de Joachim Pfeufer et de Robert Filliou, découverte du langage dogon pour Robert Filliou

1963: Début du projet pour un centre de création permanente : *Le (ou la) Poïpoïdrome*.

1972: Joachim Pfeufer réalise un projet *Le (ou la) Poïpoïdrome* entièrement démontable pour une demande de Munich

1975: Création de la Fondation Poïpoï à Flayosc

1976 : Construction et don *Du (ou de la) Poïpoïdrome* à *Espace-Temps Réel n°1* au club des jeunes artistes à Budapest

1977: Construction *Du (ou de la) Poïpoïdrome* à *Espace-Temps Réel n°2* à Nantes (école des Beaux-arts, par des étudiants de l'école)

1978: Construction *Du (ou de la) Poïpoïdrome* à *Espace-Temps Réel n°3* à la galerie Surdurgata, Reykjavik / Exposition «Hommage aux Dogons et aux Rimbauds» Centre Pompidou, Paris / Voyage au Mali

1987: 2 décembre, décès de Robert Filliou

Historique des expositions



Plan de l'intervention:

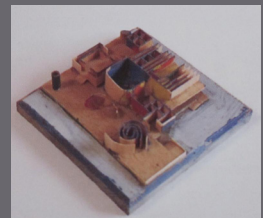
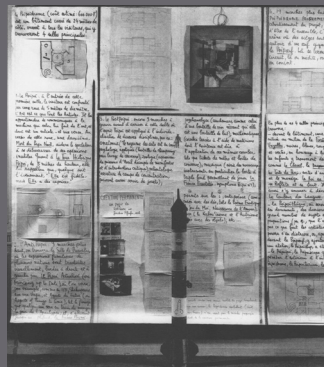
1. Présentation de l'œuvre *Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant*

2. Méthodologie de documentation, le rôle du conservateur-restaurateur pour la réinstallation de l'œuvre, une part de sa mission

3. Stratégie et choix opérés pour la conservation-restauration de cette œuvre complexe

*Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant*

Joachim Pfeufer (entretien du 2 avril 2014), à propos de la création de l'œuvre étudiée :  
 "c'est Le Poïpoïdrome qui est la véritable référence au travail"



A gauche: proposition artistique de la Fusée Poïpoï faite en 1963, concrétisée en 2000 dans l'œuvre *Fichier Poïpoï de 1963 à maintenant*.  
 Cidessous: maquette des *Poïpoïdromes* à *Espaces-Temps Réels*, l'espace de l'œuvre étudiée est crée en rapport à ces architectures

## Fichier Poipoi de 1963 à maintenant

Joachim Pfeufer (entretien du 2 avril 2014), à propos de la création de l'œuvre étudiée :  
 "c'est Le Poipoidrome qui est la véritable référence au travail"



Photographies Du ou de la Poipoidrome à Espace-Temps Réel n°1, 1976.

Réunis au siège de la Production Poipoi, Courberland, Mayenne, Vers, le 15 Juin au 1er Juillet 1976, les co-architectes du Poipoidrome ont travaillé sur les possibilités d'améliorer les programmes d'animation du Centre Beaubourg dans les activités de la Production, à partir de son Poste Type 00. Ils ont élaboré sur ce qui suit :

- 1- le Postotype 00 basé sur le partie du Centre Beaubourg partant au printemps 77 le premier véritable Poipoidrome habitant "propagée" sur les routes de France l'idéal de la création permanente."
- 2- le premier véritable Poipoidrome habitant sera installé sur le partie à partir de l'Atelier Poipoi de Postotype 00 ( voir maquette (maquette) )
- 3- le Poipoidrome habitant consistera en un seul gigantesque ( à l'échelle du Poipoidrome Optimum ) installé conformément au code de la route. Il sera accompagné d'un véhicule de soutien transportant les animateurs d'animation.

4- L'animation prévue pour la première sortie, aux mains des co-architectes et de leurs co-équipiers, est la suivante :

a- à chaque arrêt du Poipoidrome habitant, distribution des paniers aux musiques de l'Agence du Poipoidrome ( " Ouf Ouf Ouf " , écrite et composée par les co-architectes ), chanté ensuite en chœur par 300 animateurs et spectateurs autour de l'OufOuf.

1- distribution des prix et cadeaux du Poipoidrome, partant le genre et laissant la trace de l'idéal de la création permanente.


2- documentation de la participation des spectateurs, destinée à être érigée dans le Postotype 00, qui restera en m-1 pendant la durée du circuit.

3- la première sortie du Poipoidrome habitant sera liée au Jour-Philas 77 sur les routes de France l'idéal de la création permanente et sera réalisée de manière élargie à la structure qui accompagne traditionnellement les œuvres éphémères. Les arrêts d'animation seront liés au départ et à l'arrivée de chaque étape, et tout le long du parcours.

4- il est estimé que la mise en état de Postotype 00, le fonctionnement du Poipoidrome habitant n°1, et ses animateurs, nécessitent un coût de mise en état qui sera assuré par la Production Poipoi au titre de ses activités préférentielles avec les responsables du Centre Beaubourg.

Amicalement communiqué à Jean-Luc Martin et Pierre Billon, pour leur usage personnel.

Robert Filliou Pfeufer



Texte de la Fondation Poipoi rédigé par Robert Filliou et Joachim Pfeufer

## L'espace de l'œuvre, son fonctionnement



En haut: œuvre exposée en 2012, à l'Atelier, Mémoires d'éléphants, Jean-Paul Sidolle, Nantes  
 Crédit photographique: Laurent Moriceau

En bas: œuvre exposée en 2013, Les messages de l'art, Musée des beaux-arts de Nantes

## Constitution de l'œuvre, exemple d'éléments non interactifs, réalisés par Joachim Pfeufer

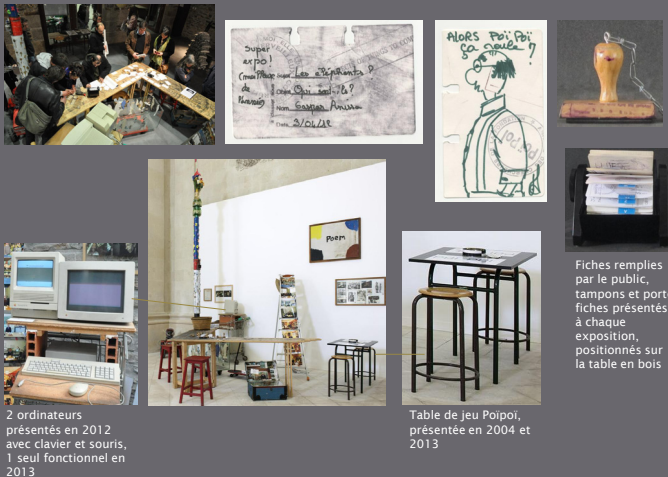


3 photographes de détail de la Fusée Poipoi réalisée en 2000

Œuvre exposée en 2013: photographie permettant la localisation des éléments présentés à gauche

2 photographes de l'ensemble tracteur, ours et antenne TV, réalisé en 1994.

## Constitution de l'œuvre: exemple d'éléments interactifs



2 ordinateurs présentés en 2012 avec clavier et souris, 1 seul fonctionnel en 2013

Table de jeu Poipoi, présentée en 2004 et 2013

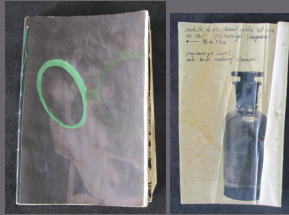
Fiches remplies par le public, tampons et porte-fiches présentés à chaque exposition, positionnés sur la table en bois

## Constitution de l'œuvre: propositions artistiques débutées en 1963 et concrétisées dans l'œuvre étudiée



De gauche à droite: croquis réalisé en 1963 par Robert Filliou, maquette de la Fusée Poipoi réalisée par les deux artistes en 1963, Fusée Poipoi concrétisée en 2000 par Joachim Pfeufer

## Constitution de l'œuvre: exemple d'éléments non interactifs, documentaires du projet artistique débuté en 1963 par les deux artistes



En haut, de gauche à droite: carte géographique de Budapest, carnet A4 réalisé par Robert Filliou, proposition artistique des deux artistes, *Bouteille de vin/bouteille de lait*. Ces trois éléments sont exposés dans la malle en bois.



En bas: cadre contenant 10 photographes des constructions des *Poipoidromes à Espaces-Temps Réels*

## Constitution de l'œuvre: éléments non interactifs, à caractères ethnographiques, échangés par Robert Filliou et Joachim Pfeuffer avec l'ethnie des Dogons au Mali en 1978



A gauche: chapeau et corbeille Dogon  
A droite, en haut: tabatière, statuette, fer de lance, cosses d'Acacia, échangés avec les Dogons et positionnés dans la malle pour l'exposition de l'œuvre.  
A droite, en bas: Malle achetée par les deux artistes sur un marché à Bamako, Mali



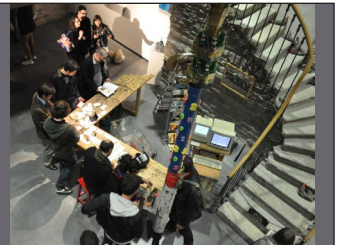
1994, constitution de départ



Œuvre exposée en 2004, exemple d'éléments ajoutés: Fusée Poipoï, Poi-oeuf, 1 écran d'ordinateur. Crédit photographique: Cécile Clos, Musée des beaux-arts de Rennes



Œuvre exposée en 2013, exemple de changement: écran disposé dans le bas du caddie, reste un écran fonctionnel. Retrait du poi-oeuf.



Crédit photographique: Laurent Moriceau



## Méthodologie de documentation et réinstallation de l'œuvre

Extraits d'un entretien avec Joachim Pfeuffer, à propos de l'installation de l'œuvre :

H.B.: (...) sur quels points portez-vous votre attention lors de l'installation de l'œuvre ?

J.P.: c'est curieux, dans tous les trucs *Du Poipoidrome*, c'est un peu prétentieux, c'est l'idée de poésie spatiale parce que ce qui est intéressant c'est les séparations et les relations d'un objet à l'autre et comme je connais assez bien les éléments je les dispose en fonction du lieu et comment ils cohabitent.

H.B.: (...) donc si quelqu'un d'autre que vous doit installer l'œuvre ?

J.P.: il deviendra artiste ! Non, il y a des raisonnements dans chaque cas. Ce que je crois, ce serait un texte qui commence dès l'histoire de Poipoï, ma rencontre avec Herman Haan, j'ai présenté Herman à Robert et Herman voulait qu'on vienne avec lui au Mali. Donc il y a toute l'expérience jusqu'en 1963, enfin c'est un peu complexe, je ne veux pas commencer à faire une autobiographie. Mais c'est peut-être possible d'expliquer simplement. Le Poipoï et le Poipoidrome ça n'a jamais été l'idée d'une œuvre, ça faisait partie de notre histoire de la vie. C'est évident que quand c'est disposé d'une manière ou d'une autre, je raconte une histoire mais je me la raconte à moi-même.

H.B.: (...) il y a des éléments qui sont fournis par le musée pour exposer l'œuvre comme l'escabeau par exemple. Est-ce que le type d'escabeau, la taille et le nombre de marches doivent rester similaires ?

J.P.: non, effectivement il y a des différences de tailles, mais tu sais, l'histoire de l'emplacement exact, peut-être que si l'escabeau est plus petit, peut-être que c'est une autre relation avec l'espace, mais ça se fait, on le garde. Ce qui est assez intéressant c'est de communiquer l'état d'esprit.

## Tableau de caractérisation de l'œuvre, exemples:

Présentation photographique	Description	Déroulement	Matériaux	Techniques de fabrication	Éléments de fabrication	Autogrammes	Intégration dans l'œuvre	Fonctionnement technique	Éléments de l'objet	Statut / valeur
	Ensemble d'éléments : contenu ZF, tracteur à Mamey-Frappeaux	Tracteur pour un enfant (1963-64)	Plastique, papier, métal	Objets ethnographiques (Dogons)	Fabrication industrielle	Tracteur à vapeur	Tracteur à vapeur	Tracteur à vapeur	Tracteur à vapeur	Objet ethnographique de Joachim Pfeuffer
	Objet en peluche	Objet en peluche pour les enfants (1963-64)	Textile, tissu, bois	Objets ethnographiques (Dogons)	Fabrication industrielle	Objet en peluche	Objet en peluche	Objet en peluche	Objet en peluche	Objet ethnographique de Joachim Pfeuffer
	Appareil TV	Appareil TV (1963-64)	Bois, métal, plastique	Objets ethnographiques (Dogons)	Fabrication industrielle	Appareil TV	Appareil TV	Appareil TV	Appareil TV	Objet ethnographique de Joachim Pfeuffer
	Ensemble d'éléments : malle dans laquelle sont exposés des éléments de l'œuvre	Malle en bois	Bois	Objets ethnographiques (Dogons)	Fabrication artisanale	Malle	Malle	Malle	Malle	Objet ethnographique de Joachim Pfeuffer
	Élément dépôt	Élément dépôt	Bois	Objets ethnographiques (Dogons)	Fabrication artisanale	Élément dépôt	Élément dépôt	Élément dépôt	Élément dépôt	Objet ethnographique de Joachim Pfeuffer
	Élément dépôt	Élément dépôt	Bois	Objets ethnographiques (Dogons)	Fabrication artisanale	Élément dépôt	Élément dépôt	Élément dépôt	Élément dépôt	Objet ethnographique de Joachim Pfeuffer





**Fiche technique d'aide à l'installation**

Pour comprendre la logique d'installation il est impératif de lire les descriptions fonctionnelle et spatiale ainsi que les caractéristiques d'installation de l'œuvre.

**a. Mise en place du mobilier de l'espace fonctionnel**

L'œuvre doit être exposée à proximité d'un mur, cependant l'espace fonctionnel ne doit pas être collé à ce mur.

1. Disposition de la table perpendiculaire sur trois tréteaux, elle doit être à peu près parallèle à un mur de l'exposition. Le tréteau le plus large est positionné sous l'angle de la table, les deux autres sont chacun à une extrémité.
2. Disposition du caddie Leroy-Merlin en continuité d'un côté de la table perpendiculaire.
3. Disposition des trois tabourets : les deux en bois sont en rouge sont à mettre près de la table perpendiculaire. Celui avec l'assise en bois et l'armature métallique est à placer devant le caddie. Les trois tabourets doivent être du même côté des éléments (voir photographies et schémas).

**b. Mise en place du mobilier et des éléments au sol et au plafond de l'espace documentaire**

4. L'écabane se place à l'intérieur de l'angle perpendiculaire formé par la table en bois, la distance de placement se fait par rapport aux deux extrémités de la table perpendiculaire (l'écabane ne doit pas être trop à l'intérieur de l'angle perpendiculaire, il est posé à la hauteur des deux extrémités de la table).

5. Au sol : l'aquarium en verre sur chariot est positionné sous la table à une extrémité. La malle est également sous la table, à l'autre extrémité. La table est assise sur tréteaux, il y a un tréteau au milieu de la table et deux autres chacun à une extrémité. L'aquarium et la malle sont positionnés entre les tréteaux, chacun d'un côté.

6. Accrochage de la ficelle, elle doit être installée à environ un mètre du sol (précisions de manipulations, voir page suivante).

7. Positionnement de l'élément tracteur-ours-antenne TV à proximité de la ficelle. L'ours est tourné vers l'œuvre, il surveille l'ensemble.

8. Éléments encadrés à accrocher au mur : dessin alpha, cadre 10 photographies et cadre des fiches manuscrites sur fond rouge. Ces deux derniers éléments doivent être disposés à côté (ils forment un ensemble). Les spectateurs doivent pouvoir approcher ces éléments (éléments manuscrits à lire), ils doivent également faire partie de l'espace « arrière-scène » de l'œuvre, comparé à l'avant-scène formé par la table perpendiculaire et le caddie.

9. Positionnement des éléments sur le mobilier et dans la malle, se reporter au point : Description des ensembles d'éléments et de leur relation spatiale.

Extrait du guide de réinstallation de l'œuvre

**4 Description des ensembles d'éléments et de leur relation spatiale**

**Espace documentaire**

**a. Norme de l'œuvre**

**Table perpendiculaire munie sur 3 tréteaux :**

- 7 tréteaux, chacun possède une charne métallique pour les accrocher sur la table en bois. Les 7 fiches rouges sont disposées le long de l'angle perpendiculaire de la table, toujours en sens descendant (voir schémas).
- 3 tréteaux, posés sur la table perpendiculaire en bois, remplis de fiches rouges (voir schémas).
- Le double pour rapprocher l'œuvre en cours d'exposition.
- Corbeille dogon, posée sur la table à proximité des fiches rouges, elle sert à recevoir les fiches manuscrites qui sont versées dans la corbeille après l'exposition.
- 10 fiches manuscrites (contenant les fiches manuscrites des expositions passées, placées sur l'une des deux extrémités de la table).



Disposition de l'œuvre : Schéma - Dogon - Exposition - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

**Ficelle :**

- 2 séries de photographies accrochées entre elles avec des trousseaux (une de 8 photographies, une de 10 photographies).
- Les deux séries sont installées chacune sur chaque côté de l'écabane.
- « Dessin alpha », la visibilité de chaque série à l'écabane ou la base de l'écabane, le dogon repose sur ce côté de l'écabane.



Disposition de l'œuvre : Schéma - Dogon - Exposition - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

**Ensemble ficelle, ours-tracteur-antenne TV :**

- Ficelle (épave suspendue au plafond, elle se repose pas sur le sol, elle se trouve à un mètre du sol environ (manipulations détaillées p.12)).
- Le dessin alpha notamment qui représente la ficelle. Proposé dans l'écabane, il est possible à proximité de la ficelle.
- L'ours en peluche est assis sur le tracteur avec l'antenne TV à la place du volant. L'antenne TV a un trou au centre, ce trou permet d'attacher la ligne métallique présente sur le tracteur (à la place du volant) dans l'antenne TV.



Disposition de l'œuvre : Schéma - Dogon - Exposition - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

**Caddie Leroy-Merlin :**

- Sur la planche de base collectionneur Mactronic SE 1008 fonctionnant (déposé à côté d'une piste de course). Le robot tracteur « Polypolisseur » est au centre de l'écabane, il est entouré par les autres collections de fiches.
- Planche manuscrite « avant Mactronic SE fonctionnant et relié à l'ordinateur » (voir Mactronic SE fonctionnant et relié à l'ordinateur).
- Complémentaire les autres en bois.
- 2 séries sont fonctionnelles.
- « Fiche pour mettre en tension deux radiateurs, il a été placé dans un pot sur un des deux côtés des tréteaux sur le sol.



Disposition de l'œuvre : Schéma - Dogon - Exposition - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

**Montage de l'ensemble ours-tracteur-antenne TV :**

- 1 - Ours est positionné sous le toit.
- 2 - Mise en place de l'antenne TV au trou que volait le côté de l'antenne TV avec les trousseaux (voir à l'annexe II des légendes proches l'antenne TV vers l'ours de ficelle).
- 3 - Le tracteur est placé dans l'écabane, il est relié à l'ordinateur. A l'intérieur du trou, le circuit électronique est monté, il ne faut pas faire passer les fils à l'extérieur, les fils sont reliés à l'ordinateur en interne. Un trou est fait à l'écabane pour passer le tracteur en interne. Un trou est fait à l'écabane pour passer le tracteur en interne. Un trou est fait à l'écabane pour passer le tracteur en interne. Un trou est fait à l'écabane pour passer le tracteur en interne.



Disposition de l'œuvre : Schéma - Dogon - Exposition - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

**3 tabourets :**

- Un avec l'assise en bois et l'armature métallique est à disposer devant le caddie et deux tabourets en bois sont en rouge sont à positionner devant la table perpendiculaire (des deux du même côté).



Disposition de l'œuvre : Schéma - Dogon - Exposition - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

**2 cadres :**

- Cadre avec 10 photographies.
- Cadre avec fiches manuscrites sur fond rouge.
- Les photographies dans le cadre sont manuscrites, et les fiches manuscrites dans l'autre cadre correspondent à une manuscrite, elles remplissent les photographies. Ces deux cadres sont à accrocher au mur, ils se disposent sur le sol contre l'écabane ou contre la table. Ils sont positionnés dans l'espace documentaire mais toujours vers l'extérieur pour être facilement lisibles par les spectateurs.



Disposition de l'œuvre : Schéma - Dogon - Exposition - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

Extrait du guide de réinstallation de l'œuvre

**Stratégie et choix opérés pour la conservation-restauration de cette œuvre complexe**

**Différents statuts des éléments constitutifs :**

- Objets fonctionnels, de la vie quotidienne et professionnelle, fabrication en série, toujours actuelle
- Objets à caractère ethnographique, réalisés par les Dogons, Mali
- Objets documentaires, fabrication en série, ayant servis aux deux artistes et comportant des marques d'utilisation passée
- Objets réalisés en série et transformés par Joachim Pfeufer, comportant des marques d'utilisation passée
- Propositions artistiques réalisées par Joachim Pfeufer
- Éléments dont le nombre est croissant, réalisés par le public



Extrait du guide de réinstallation, schémas de l'œuvre exposée en 2012 et 2013



Exemple d'éléments ayant servis aux deux artistes pour leur projet artistique, carte géographique de Budapest, 1978.

Bas : marques d'usures et inscriptions des deux artistes pendant l'utilisation de la carte



Exemple d'éléments fonctionnels usés et encrassés par l'interaction avec le public



2 photographies de gauche: Fusée Poipoï à sa création en 2000

4 photographies de droite: Fusée Poipoï en 2014, empreintes visibles, pâtes avec parties manquantes



Exemples d'éléments étrangers positionnés par un tiers sur une série de photographies (détail d'une photographie, en haut à gauche) et sur la Fusée Poipoï (détail en haut à droite)



Photographie de gauche: avant traitement

Photographie de droite: après traitement  
 Traitement de collage de l'étiquette du tracteur jouet, après tests un collage a été réalisé par de la Béva film, scellage à chaud (point de fusion plus bas que celui du support en matière plastique), traitement proposé en concertation avec une conservatrice-restauratrice spécialisée en matières plastiques (thermodurcissables et thermoplastiques)



Nettoyage chimique des marques de rubans adhésifs posés lors d'un transport de l'œuvre. Méthode retenue après tests de nettoyage mécanique et chimique: éthanol en solution dans de l'eau déminéralisée, 50 %

Zone de test



Photographies du nettoyage intérieur et extérieur de l'ordinateur fonctionnel, nettoyage aqueux ponctuel sur la coque, nettoyage par micro-aspiration à l'intérieur.



# Kingdom of Arts - KoA

## Votre partenaire pour :

Concevoir avec vous des solutions adaptées à vos besoins



Chevalet pour la prise photo



desserte d'atelier réglable

Développer vos demandes de produits, solutions spécifiques



Profilés en hêtre – « Chanfreins rapportés »



Rechercher pour vous les meilleurs produits existants sur le marché



Rondelles cuvettes



Tyvek

## Vous avez :

- Des projets
- Des idées de développement
- Des difficultés à trouver des solutions adaptées à vos contraintes

## Vous recherchez :

- Des équipements
- Des matériels
- Des matériaux
- Des fournitures

## Notre démarche :

- Être à votre écoute
- Analyser vos besoins
- Vous faire bénéficier de notre réseau de fabricants et prestataires
- Etablir une proposition et/ou devis
- Vous accompagner dans le suivi de vos projets



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

[commerce@kingdom-of-arts.com](mailto:commerce@kingdom-of-arts.com)

Tel : 04 68 21 95 54 / 06 85 94 49 43



Présentation par :

**MARIE-CÉCILE CUSSON**, conservateur-restaurateur  
**ATELIER RÉGIONAL DE RESTAURATION - BIGNAN**  
[atelier.regional.restoration@wanadoo.fr](mailto:atelier.regional.restoration@wanadoo.fr)  
[www.atelierregionalderestoration.com](http://www.atelierregionalderestoration.com)  
56500 Bignan

**PHILIPPE CUSSON**, dirigeant  
**GENEOSIS**  
[pcusson@geneosis.fr](mailto:pcusson@geneosis.fr)  
[www.managementinnovatif.fr](http://www.managementinnovatif.fr)  
56190 Muzillac

## **L'apport du numérique dans le cadre du projet de restauration de la tour de Nankin du Musée des Beaux-Arts de Rennes**

MUSÉE DES BEAUX-ARTS DE RENNES  
ATELIER RÉGIONAL DE RESTAURATION (BIGNAN)  
BUREAU D'ÉTUDES GENEOSIS

### Résumé

La tour de Nankin du musée des Beaux-Arts de Rennes appartient à la collection de Robien. Cette maquette qui se présente actuellement en pièces détachées date de la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle et provient de Canton, en Chine.

Elle est composée d'un assemblage complexe mais répétitif (bois, nacre, décor de sous-verres), et la modélisation en 3D a été un outil très efficace pour comprendre l'objet, transcrire son état de conservation, envisager les différentes hypothèses et conforter le parti pris de restauration.

Au-delà des possibilités de l'outil numérique pour réaliser une reconstitution virtuelle ou fabriquer une réplique avec des technologies de prototypage, il est ici question de confronter l'approche d'un bureau d'études industriel sur un objet issu d'une production artisanale, avec les regards croisés du restaurateur et du conservateur.

## Présentation de l'œuvre

L'objet dénommé « tour de Nankin » du musée des Beaux-Arts de Rennes consiste en une reproduction de pagode chinoise datant de la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle et provenant de Canton, en Chine. Il est entré dans les collections du musée par les saisies révolutionnaires de 1794 et fait partie de la collection de Christophe-Paul de Robien dit le Président de Robien (1698-1756).

Cet objet exceptionnel de 93 cm de haut, actuellement en pièces détachées, se compose de 8 blocs principaux en bois, de taille décroissante. Ces derniers s'emboîtent par un système de tenon-mortaise. Ils constituent l'architecture de la tour sur laquelle venait se plaquer un décor élaboré à base de nacre (parfois gravée et dorée) et de décors en sous-verre, qui en recouvrait toute la surface. Pour chaque registre, les décors sont basés sur le même modèle avec quelques variantes.



Fig. 1 : Eléments de la pagode dans les réserves du musée au moment de la prise en charge par l'ARR

Intégré à un lot d'objets de provenances extra-européennes, il a initialement été confié à l'Atelier Régional de Restauration en 2014 pour étude et traitements de conservation. Des recherches menées parallèlement par le musée des Beaux-Arts de Rennes allaient permettre dans un second temps, d'approfondir l'étude et d'élaborer un projet de restauration.



## Première étape : Atelier Régional de Restauration de Kerguéhennec (ARR) – 2014

Lors de notre première approche, nous avons pu distinguer et dénombrer :

- les blocs de bois correspondant à chaque niveau ; soit 8 éléments (Fig. 2)
- les pièces de nacre : toitures (faces supérieure et inférieure), parements en faux appareil et plinthes gravées, sols des coursives, plaques ajourées de portes et fenêtres qui laissaient apparaître en retrait des décors en sous-verre (Fig. 3 à Fig. 7) . Des rambardes posées sur le haut de chaque bloc entourent le décor du bloc supérieur (Fig. 8). Des moulures assurent certaines transitions ; soit au total 163 pièces de nacre dont certaines lacunaires.
- les décors en sous-verre : 5 fenêtres, 4 portes dont une seule complète et une très fragmentaire, 3 fragments de bandeaux horizontaux (Fig. 9).



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

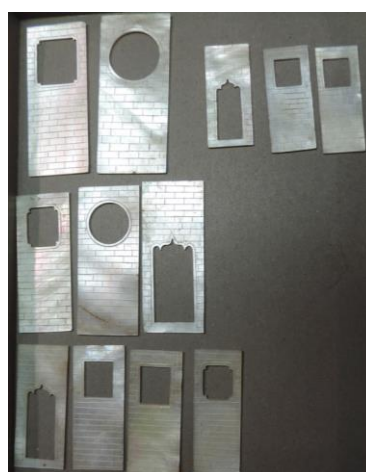


Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9 : Décors en sous-verre en cours d'inventaire : première ligne : fenêtres, deuxième ligne : portes, troisième ligne : fragments de bandeaux horizontaux

Devant la quantité de pièces en présence, il a vite été nécessaire d'adopter une démarche méthodique parallèlement au travail de nettoyage.

- Inventaire avec constat d'état de tous les éléments de décor suivant une typologie qui a facilité la classification, l'analyse et l'étude.
- Reconstitution du puzzle, registre par registre, certaines pièces étant parfois difficiles à attribuer à un niveau en particulier (notamment les rambardes présentes sous la forme de fragments).
- Numérotation de chaque pièce localisée, au revers. Les mêmes numéros ont alors été reportés registre par registre sur les facettes de bois correspondantes <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Pour cela, nous avons essayé de suivre les indices matériels en place, à savoir les dépôts de colle encore présents sur les blocs de bois. Même si nous n'avons aucune garantie qu'il s'agit de la colle originale, nous partons du principe que ces restes correspondent à un positionnement probablement correct des éléments de nacre à un moment donné. C'est donc cette configuration que nous avons reconstituée. La validation du positionnement de chaque élément de nacre a donc été facilitée par l'empreinte « fantôme » symétrique laissée



Fig. 10 : Attribution des pièces de nacre à chaque registre et numérotation des pièces grâce aux traces de colle conservées sur le bois et sur le revers des pièces de nacre.

A ce niveau de notre étude, nous pouvions faire le constat que 37% des pièces de nacre et 15% des décors en sous-verre étaient conservés (dont des pièces lacunaires). Le bilan de nos investigations pouvait se résumer à un tableau récapitulatif précisant, par niveau et en fonction de la typologie, quelles étaient les pièces de nacre et de verre présentes, celles à restaurer, celles qui manquaient (Fig. 11). Un code couleur permettait dans un premier temps d'avoir une vision globale de l'état matériel de la maquette : vert (pièce présente complète), jaune (pièce cassée ou fragmentaire), rouge (pièce absente).

Qté	Fichier	Désignation	Matériau	1	2	3	4	5	6	7	8	à restaurer	à refaire
<b>N1.asm Niveau N1</b>													
1	N1-A.par	Base N1-A	Bois										
8	N1-F.par	Rambarde N1-F	Nacre									3 fragments	8
8	N1-G.par	Sol N1-G	Nacre									1	7
8	N1-H.par	Plinthe inf N1-H	Nacre										7
8	N1-I.par	Parément sup N1-I	Nacre	1	2	3					8		
7	N1-J.par	Parément inf N1-J	Nacre	1	2	3	4				8		7
1	N1-K.par	Verre porte N1-K	Verre										
8	N1-Q.par	Moulure sup N1-Q	Nacre	1	2	3					8		
7	N1-O.par	Moulure inf N1-O	Nacre	1	2								8
2	N1-R.par	Plinthe entrée N1-R	Nacre										1
8	N1-S.par	Verre rectangle N1-S	Verre										7
7	N1-T.par	Grand cadre N1-T	Nacre										7
8	N1-U.par	Petit cadre N1-U	Nacre										8
2	N1-V.par	Montant entrée N1-V	Nacre										2
7	N1-S.par	Grand verre N1-W	Verre										2
<b>N2.asm Niveau N2</b>													
1	N2-A.par	Noyau N2-A	Bois										
4	N2-B.par	Porte N2-B	Nacre		2							1	3
4	N2-C.par	Fénêtre N2-C	Nacre										3
8	N2-D.par	Toiture N2-D	Nacre	1	2	3	4	5	6	7	8	1	3
8	N2-E.par	Sous-toit N2-E	Nacre	1	2	3	4	5	6	7	8		3
8	N2-F.par	Rambarde N2-F	Nacre									4 fragments	8
8	N2-G.par	Sol N2-G	Nacre	1									6
4	N2-J.par	Verre porte N2-J	Verre										
4	N2-K.par	Verre fenêtre N2-K	Verre										
8	N2-L.par	Arêtier N2-L	Nacre										8
8	N2-M.par	Cloche N2-M	Or										
8	N2-N.par	Suspente N2-N	Fer										
8	N2-Q.par	Moulure N2-Q	Nacre										3

Fig. 11 : Extrait de la nomenclature : niveaux N1 et N2

Au terme de ce travail long et fastidieux, il est apparu que le nombre important de pièces manquantes mais également les nombreuses inconnues semblaient compromettre tout projet de restauration.

## Deuxième étape : Collaboration ARR - musée des Beaux-Arts de Rennes – 2014 /2015

Après des mois de recherches effectuées par le conservateur Monsieur François Coulon et sa collaboratrice Madame Éloïse Falaise, deux tours (dont une très proche stylistiquement de celle conservée à Rennes), ont été localisées en Angleterre, au château de Burghleyhouse, près de Stamford (Fig. 12). S'en est suivi un voyage d'études par le conservateur qui y a collecté des informations décisives pour la poursuite du travail.

aux revers des plaques de nacre par la colle lorsque le décolllement était relativement récent. Dans le cas contraire, le bois sale ou trop nettoyé ne permettait pas un positionnement toujours évident.



Tour n°1 - © Cliché F. Coulon



Tour n°2- © Cliché Burghleyhouse

Fig. 12 : Les deux tours des collections de Burghleyhouse



Tour rennais : détails des pièces de nacre

Tour n°1 : détails

Tour n°2 : détails

Fig. 13 : Comparaisons entre les décors de nacre des tours rennais et anglaises

La ressemblance entre les tours permettait alors de faire des hypothèses de reconstitutions et de finaliser le projet de restauration. Dans la perspective d'une présentation aux conservateurs, donneurs d'ordre et éventuels mécènes, les besoins devenaient alors d'un autre ordre :

- Rendre compte et permettre de visualiser l'état de conservation de façon claire
- Donner à voir les volumes à restituer d'après les modèles retenus
- Présenter l'allure supposée de la tour, selon différents scénarios

Après la mise « à plat » de l'état, il devenait donc nécessaire de le « mettre en relief ». La mise en plan traditionnelle semblait atteindre ses limites.

En effet, de la forme particulière des blocs de bois, taillés en facettes, résulte la complexité à retranscrire rapidement et rigoureusement le positionnement dans l'espace des pièces de décor de manière traditionnelle. Par exemple, pour un étage intermédiaire, chaque bloc de bois présente 8 faces. Sur chacune d'entre elles, on distingue 5 plans différents, sachant que certaines pièces du décor s'inscrivent en retrait du plan (décors en sous-verre), d'autres se posent perpendiculairement au plan des sols (rambardes) et que d'autres encore s'installent sur les arêtes de jonction entre faces (arêtières).

Compte tenu de la reproductibilité évidente de certaines pièces, de la complexité (typologie et nombre de pièces) et de l'intérêt de l'objet, la possibilité d'utiliser l'outil numérique a été rapidement envisagée. Le potentiel offert par les systèmes de numérisation s'avérant très prometteur, une modélisation en 3D de la tour ainsi qu'une animation servant en particulier à rechercher des fonds pour la restauration ont été devisées. Répondant aux besoins induits par les nouvelles pistes qui s'offraient à nous, cette proposition a été validée par la commission scientifique régionale de restauration des collections des musées. Une nouvelle dynamique était insufflée au projet Tour de Nankin.

## **Redéfinition du projet Tour de Nankin**

Lors d'une réunion dans les locaux de l'ARR avec les responsables du musée des Beaux-Arts de Rennes<sup>2</sup>, plusieurs axes de travail ont alors été définis.

- **La reconstitution virtuelle**

Elle permettrait d'illustrer la technique de fabrication, de visualiser les pièces manquantes ainsi que les pièces cassées à restaurer mais également de faire des hypothèses de reconstitution<sup>3</sup>. Les fichiers générés pourront être exploités, pour la réalisation en 3D (à l'aide de technologies additives) des pièces manquantes trop

---

<sup>2</sup> Réunion du 9 février 2016 dans les locaux de l'ARR avec le conservateur Monsieur François Coulon, sa collaboratrice Madame Éloïse Falaise, ainsi que la chargée de mission Mécénat Madame Caroline Resmond.

<sup>3</sup> Parallèlement, des modèles de décors (sous-verre et motifs gravés) devaient être étudiés pour incrustation dans le modèle virtuel.

hypothétiques. Ce travail laisse la possibilité de réaliser des compléments volumiques ultérieurs notamment au niveau de la base, dans le cas où nos recherches permettraient de compléter la reconstitution de cette dernière encore mal connue.

- **La restauration de la tour conservée à Rennes**

La restauration devrait permettre à cet objet de retrouver toute sa splendeur au sein du cabinet de curiosité De Robien. Ce projet, particulièrement interventionniste, sera l'aboutissement d'une étroite et longue collaboration entre conservateur, ingénieur, restaurateur, artisan nacrier et plateforme technologique. Ce projet alliera savoir-faire traditionnels et ingénierie dans le respect de la déontologie de la conservation restauration.

- **La « maquette réplique »**

Sur la base des fichiers générés lors de la reconstitution virtuelle, la tour pourrait être reconstituée en résine à échelle 1 si possible et agrémentée de reproductions de décors en sous-verres inspirés de la tour anglaise, chaînes et clochettes. Cet objet créé plus particulièrement pour le public malvoyant, devrait pouvoir également être utilisé à des fins pédagogiques.

### **Troisième étape : Collaboration ARR – Bureau d'étude Geneosis - 2015-2016**

La présentation de la problématique à un bureau d'étude a permis de confirmer rapidement l'intuition de l'ARR : la modélisation de l'objet semblait réalisable dans une enveloppe budgétaire très raisonnable.

Le bureau d'étude Geneosis<sup>4</sup> avait déjà collaboré, par le passé avec l'ARR pour la conception, la mise en plan et le suivi de fabrication de soclages spécifiques. Sa connaissance des problématiques de restauration a constitué un atout dans la compréhension du cas présent.

Son offre pour la modélisation de l'objet et la fourniture d'images fixes et animées permettant de visualiser l'assemblage dans l'espace et d'en fournir une nomenclature complète a été retenue.

L'objectif initial était double :

- Disposer de supports de communication visuels, notamment pour une recherche de financement (mécénat)
- Permettre aux conservateurs de conforter leur réflexion sur le parti pris à adopter pour la restauration

---

<sup>4</sup> GENEOSIS est un bureau d'étude industriel qui intervient auprès de PME pour la conception et le développement de nouveaux produits. Consultant-formateur dans le domaine de l'innovation, son dirigeant travaille notamment avec Bretagne Développement Innovation.

## Choix du mode opératoire pour réaliser la modélisation

La particularité de l'objet est qu'il est constitué de pièces dont les formes peuvent être obtenues par des combinaisons de fonctions géométriques simples et répétitives. Il semblait donc a priori aisé de reproduire le volume des pièces à partir d'un logiciel de conception 3D.

Il aurait pu être tentant de faire appel à d'autres technologies de numérisation utilisées par le bureau d'étude et notamment le scanner 3D.

Ce premier questionnement par rapport au mode d'acquisition de la géométrie n'est pas anodin et la réponse apportée ne pouvait pas être uniquement économique.

- **Observation de l'objet**

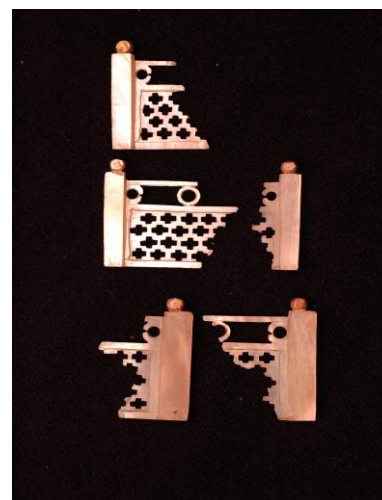
Le bureau d'étude a appréhendé l'objet comme un produit manufacturé. Sans pouvoir encore parler de production industrielle (nous sommes au XVII<sup>ème</sup> siècle en Chine), il apparaît que, dans une certaine mesure, les pièces, en bois et en nacre ont été fabriquées avec un souci élevé de reproductibilité dimensionnelle, comme dans le cas d'une fabrication en série selon des tolérances définies :

- On observe sur la face supérieure de chaque bloc de bois, des tracés en étoile gravés à même le bois et délimitant angulairement chacune des faces de l'octogone
- Les cotes de largeur de l'octogone, prises au pied à coulisse électronique révèlent une très faible dispersion géométrique entre les 4 directions mesurées – à l'exception d'un bloc de bois qui s'est fendu avec le temps

Ainsi, on peut imaginer tout le talent des artisans chinois du XVII<sup>ème</sup> siècle, (ébéniste, nacrier...), investis dans la réalisation de cette reproduction de pagode, à une échelle réduite : il s'agissait d'un objet luxueux qui se devait de respecter une symétrie de ses huit faces. De ce fait, les décors plaqués étaient fabriqués en séries de 4 ou 8 pièces identiques (toitures, fenêtres, portes, sous-toitures, rambardes, moulures). Les artisans devaient probablement disposer de gabarits permettant de garantir une excellente reproductibilité des tracés.

Les barrières finement ciselées (voir ci-contre) permettaient de prouver toute la dextérité de l'artisan, capable de reproduire à l'identique un usinage si délicat, avec un risque permanent de casser le morceau de nacre... on précisera que l'épaisseur des panneaux centraux ajourés est inférieure au millimètre !

A l'évidence l'artisan se devait de respecter des ajustages très précis entre les pièces de nacre afin de garantir un niveau de finition satisfaisant, comme la précision des coupes d'angles pour l'ajustage des poteaux le confirme (voir ci-contre en bas).



Le vocabulaire de l'industrie mécanique est utilisé ici à dessein : fabrication en série, usinage, tolérances, cotes d'assemblage... on peut supposer que la préoccupation de l'artisan était d'obtenir une géométrie qui s'approche d'une précision que nous qualifierions aujourd'hui d'industrielle.

Si on imagine les outils utilisés à l'époque, qui n'avaient rien d'un centre d'usinage à commande numérique, la précision avec laquelle toutes ces pièces ont été réalisées est remarquable.

Pour autant, nous avons pu constater une différence de fidélité aux modèles géométriques, selon qu'il s'agit de bois ou de nacre. Cette dernière semble avoir imposé des contraintes intrinsèquement liées à la matière : léger galbe de certaines pièces, épaisseurs variables des plaques... Par ailleurs, on peut imaginer que, par souci d'économie, certaines plaques ont pu être ajustées ou réutilisées bien que ne répondant pas parfaitement aux gabarits de référence.

### • Discussion

Fallait-il restituer les imperfections géométriques liées aux défauts de fabrication, aux imperfections de la matière ou à l'effet du temps sur les matériaux ?

Il convient de revenir aux raisons pour lesquelles nous avons envisagé la modélisation de l'objet : à qui ce modèle numérique 3D doit-il servir et en quoi peut-il être utile ?

- 1) Fournir rapidement des images virtuelles pour faciliter la compréhension de l'objet mais aussi à des fins de communication. Pour cela, l'essentiel du travail était de reconstituer l'assemblage, en partant de pièces individuelles et de générer les images de la tour virtuellement remontée. Les imperfections étant minimales, le mode d'acquisition de la géométrie importait peu (prise de cotes ou scanner). Par contre, un certain nombre de pièces étant incomplètes ou inexistantes, nous étions de toute façon obligés de les redessiner sur la base de dimensions obtenues par déduction à partir de l'assemblage d'autres pièces du modèle.
- 2) Fournir une vision complète de l'état de conservation de l'objet afin d'envisager les différents scénarios de restauration. Le travail le plus important à ce stade résidait dans la constitution de l'inventaire des pièces.
- 3) Envisager des hypothèses de reconstitution à partir de la tour complète du musée de Burghleyhouse (n°1), qui présentait une base et un sommet, tous deux absents de la maquette de Rennes. L'outil de conception était pour cela tout indiqué.
- 4) Dans la perspective d'une restauration traditionnelle, pouvoir fournir des plans de fabrication au nacier chargé de refaire les pièces manquantes (surfaces, quantités). Sur ce point, il n'était pas envisageable de tenir compte de chaque imperfection géométrique. Des plans « type » destinés à chiffrer un coût de matière pouvaient suffire dans un premier temps. Les ajustements devaient pouvoir se faire par la suite, objet en main.
- 5) Réaliser une réplique complète de la tour grâce aux technologies additives, à des fins didactiques utilisable également pour un public malvoyant. Dans ce



cas, il nous fallait disposer d'un modèle numérique exempt de toute imperfection géométrique afin de faciliter l'assemblage des pièces générées.

Permettant par ailleurs de contourner l'écueil des difficultés à scanner des surfaces réfléchissantes ou transparentes<sup>5</sup>, le choix s'est donc porté sur une modélisation sans recours au scanner, par conception en 3D d'une géométrie théorique, essentiellement basée sur les données dimensionnelles des blocs de bois.

Chaque pièce de la tour a donc été mesurée au pied à coulisse électronique (Fig. 14). Toutes ces valeurs ont ensuite été exploitées pour créer chacune des pièces (Fig. 15).



Fig.14 : Prise de mesures au pied à coulisse électronique

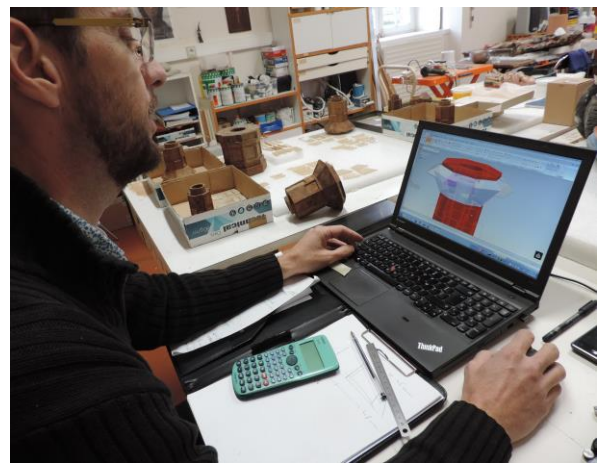


Fig. 15 : Mise en volume des pièces à l'aide du logiciel Solid Edge

### Utilisation du logiciel Solid Edge

Solid Edge est un logiciel de conception mécanique qui permet la modélisation volumique, pour des applications principalement industrielles.

Les fonctions de modelage permettent de générer un volume de matière à partir d'une esquisse définie à l'écran par le dessinateur, avec la texture choisie. On peut également procéder à des enlèvements de matière, des perçages ou différentes fonctions qui permettent de « tailler » la pièce par pans successifs, comme avait pu le faire l'artisan (Fig. 16).

---

<sup>5</sup> « But transparent artworks, such as glass, or reflecting ones, like glazed ceramics, are still difficult to scan, and devices using optical technologies encounter many difficulties with them. The reconstruction of the surface geometry of these objects is complicated by the fact that the light is transmitted through, or refracted and, in some cases, reflected by the surface. » Dans Introduction au Colloque international : Les nouvelles technologies appliquées au patrimoine : perspectives et enjeux (du 6 au 7 novembre 2014) - Musée du quai Branly, bibliographie (1).

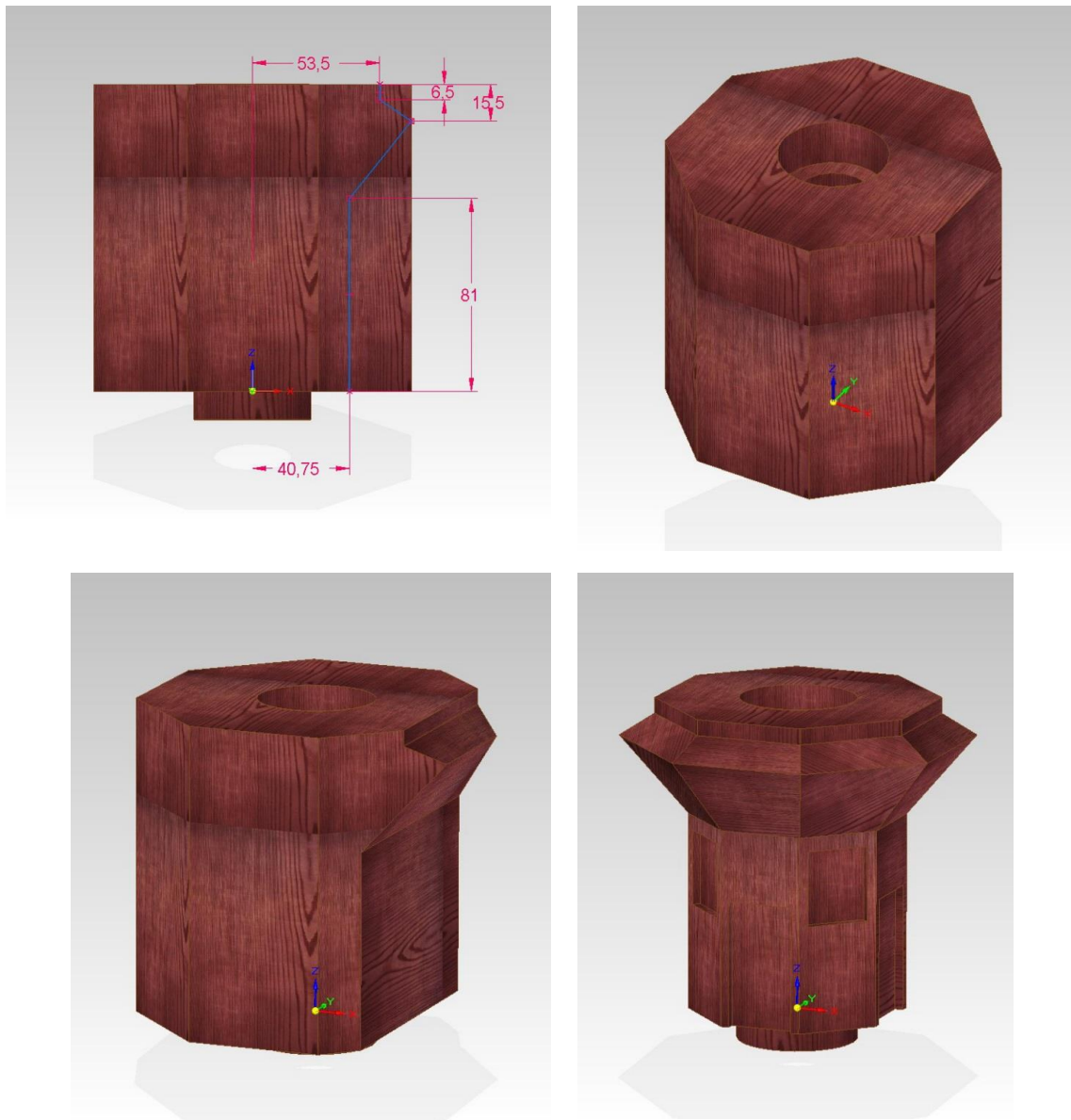


Fig. 16 : A partir d'un volume de matière, façonnage jusqu'à obtention de la forme avec Solid Edge

- **Conception du modèle théorique**

Le logiciel permet de constituer un assemblage de plusieurs pièces ainsi créées, grâce à des fonctions de positionnement, de collage ou d'alignement entre elles. On a pu ainsi très facilement retrouver et vérifier le positionnement des parements de nacre sur les blocs de bois. Les fragments de rambardes ont ainsi pu être également réattribués à leurs niveaux respectifs.

Une fois l'assemblage reproduit en 3D, il est possible de contrôler la géométrie des pièces par rapport au modèle théorique : il s'agit alors de vérifier la cohérence du modèle et permettre de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de positionnement (Fig. 17).

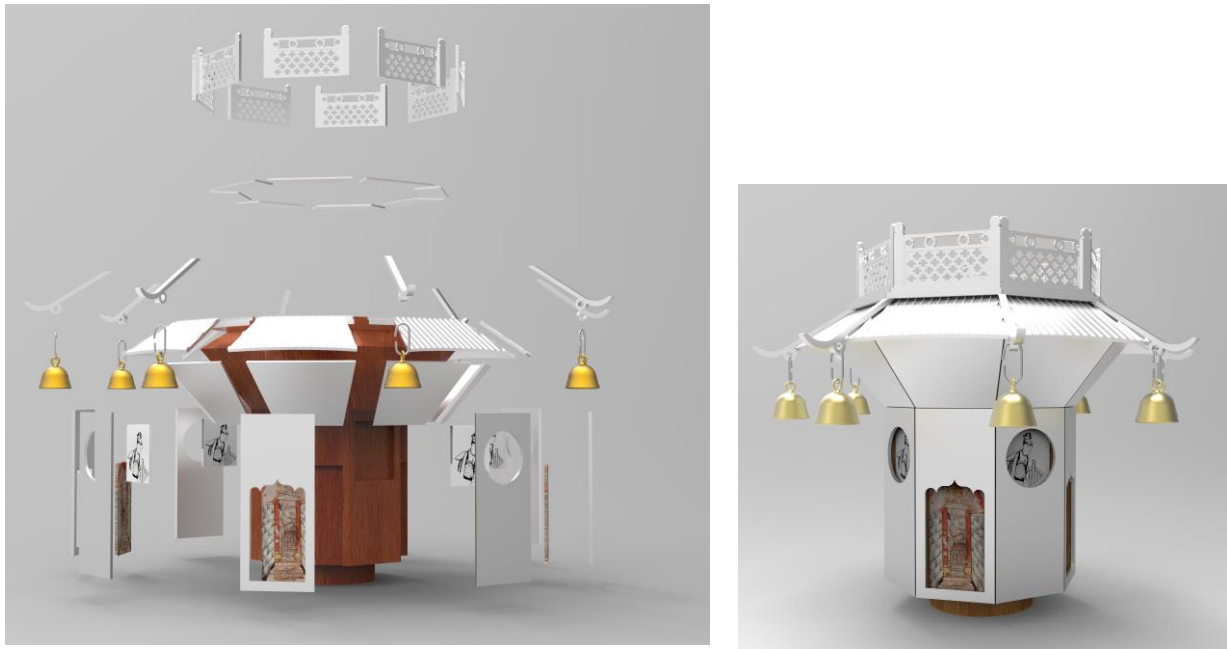


Fig. 17 : Positionnement dans l'espace de tous les éléments de décor et collage virtuel.

L'exemple le plus frappant concerne les facettes inclinées sur lesquelles sont collés les éléments de toiture et de sous-toitures en nacre. Leur forme est trapézoïdale et il n'est pas possible de calculer simplement l'angle de découpe de la nacre. Dans ce cas particulier, le logiciel de CAO a permis de déterminer très précisément la valeur de cet angle à partir des cotes de largeur et de hauteurs prises sur le bloc de bois à l'aide du pied à coulisse.

Une fois toutes les pièces d'un registre dessinées, il est possible de gagner du temps en procédant par copie, puis réduction de chaque dimension jusqu'aux cotes relevées à chaque niveau, puisque les registres successifs sont de tailles décroissantes.

Enfin, les registres sont emboîtés à l'aide du logiciel pour reconstituer virtuellement l'ensemble de la tour.

- **Jeux de couleurs**

Nous avons proposé de faciliter la lecture du modèle en utilisant des codes de couleurs permettant de rendre compte de l'état de chaque pièce de la maquette, en particulier les éléments de nacre. Nous avons jugé utile de reprendre les mêmes couleurs que celles utilisées dans le tableau récapitulatif de la nomenclature réalisé avec Excel (Fig. 18 et 19).

- blanc : pièce existante et complète
- jaune : pièce cassée, à restaurer
- rouge : pièce absente
- bleu : pièce hypothétique, imaginée et proposée à partir de l'exemple de la tour n°1 du musée de Burghleyhouse

- **Rendus : images et vidéos**

Le logiciel Solid Edge permet d'exporter des vues d'écran ou de petites vidéos. En complément et pour obtenir des rendus réalistes de bonne qualité, le modèle est traité par le logiciel spécialisé Keyshot.

Enfin, à partir du logiciel Solid Edge, il a été possible de générer des fichiers au format PDF-3D. Ces fichiers peuvent être partagés avec toutes les parties prenantes, sans licence logiciel particulière : il suffit d'avoir le logiciel Adobe Acrobat en version gratuite pour visualiser l'objet à l'écran, le faire tourner, le déplacer, zoomer et explorer tous les détails de la modélisation.



Fig. 18

Remontage virtuel avec les pièces de nacre existantes (intactes en blanc et à restaurer en jaune)



Fig. 19

Remontage virtuel figurant les pièces de nacre à refaire (en rouge) et les volumes extrapolés d'après la tour anglaise n°1 (bleu et clochettes).



Fig. 20

Restitution virtuelle de la tour avec son décor de nacre et ses clochettes extrapolés d'après la tour anglaise. Les décors en sous-verre ne sont pas représentés.

## Utilisation du tableau Excel et exploitation des données dimensionnelles

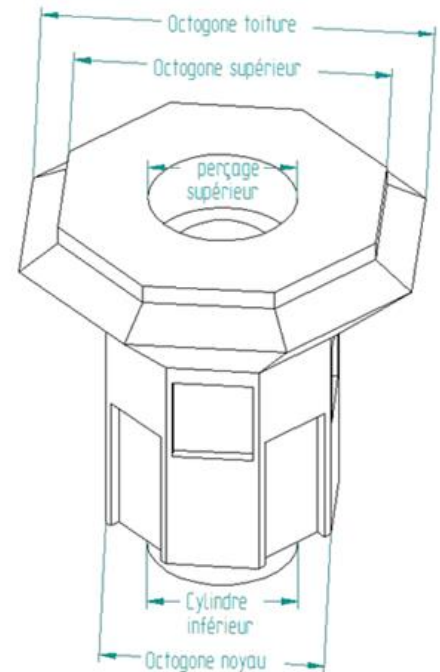
Parallèlement à la fourniture d'un tableau bilan détaillant la nomenclature, l'étude des données collectées, lors de la prise de cotes sur les blocs de bois, nous a semblé digne d'intérêt.

- **Etude paramétrique**

Plusieurs paramètres dimensionnels des blocs apparaissent intéressants à étudier afin de comprendre la cohérence de la maquette. On a ainsi tracé plusieurs courbes à 8 points montrant la décroissance des dimensions du bas vers le haut : on constate globalement une décroissance régulière et cohérente.

La décroissance est cependant plus forte entre les niveaux 5, 6 et 7 : la linéarité observée entre les niveaux 1 à 5 ne se poursuit visiblement pas avec la même pente.

La largeur de l'octogone est réduite d'environ 7 à 9 mm entre chaque niveau et ce jusqu'au niveau 5. Puis la réduction de largeur est successivement de 16 à 14 mm entre les niveaux suivants, puis à nouveau de 10 mm entre les deux derniers niveaux.



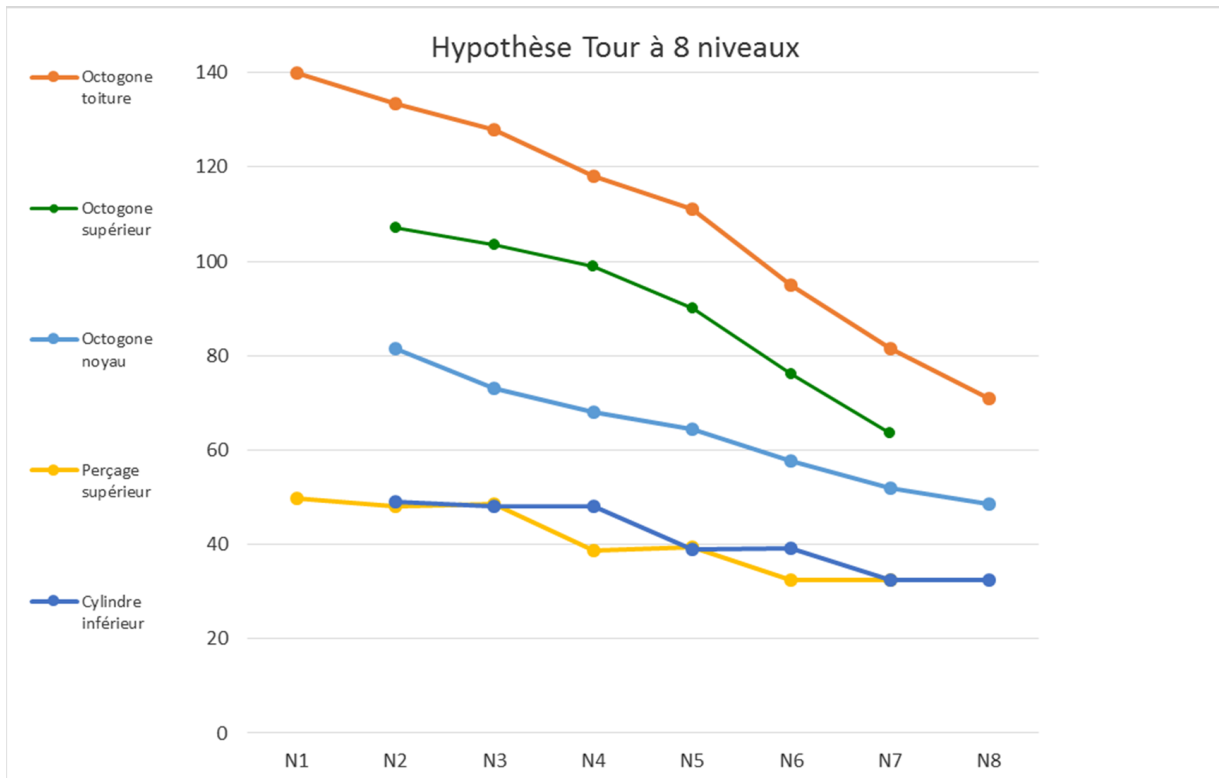
- **Interrogations sur le nombre de niveaux de la tour**

Nous avons donc émis l'hypothèse que deux niveaux supplémentaires auraient pu être intercalés respectivement entre les niveaux 5 et 6, et 6 et 7, ce qui conduirait à avoir une tour à 10 niveaux. Cette hypothèse est d'autant plus intéressante que l'une des tours de Burghleyhouse qui est l'une des tours les plus semblables connues, comporte justement 10 niveaux.

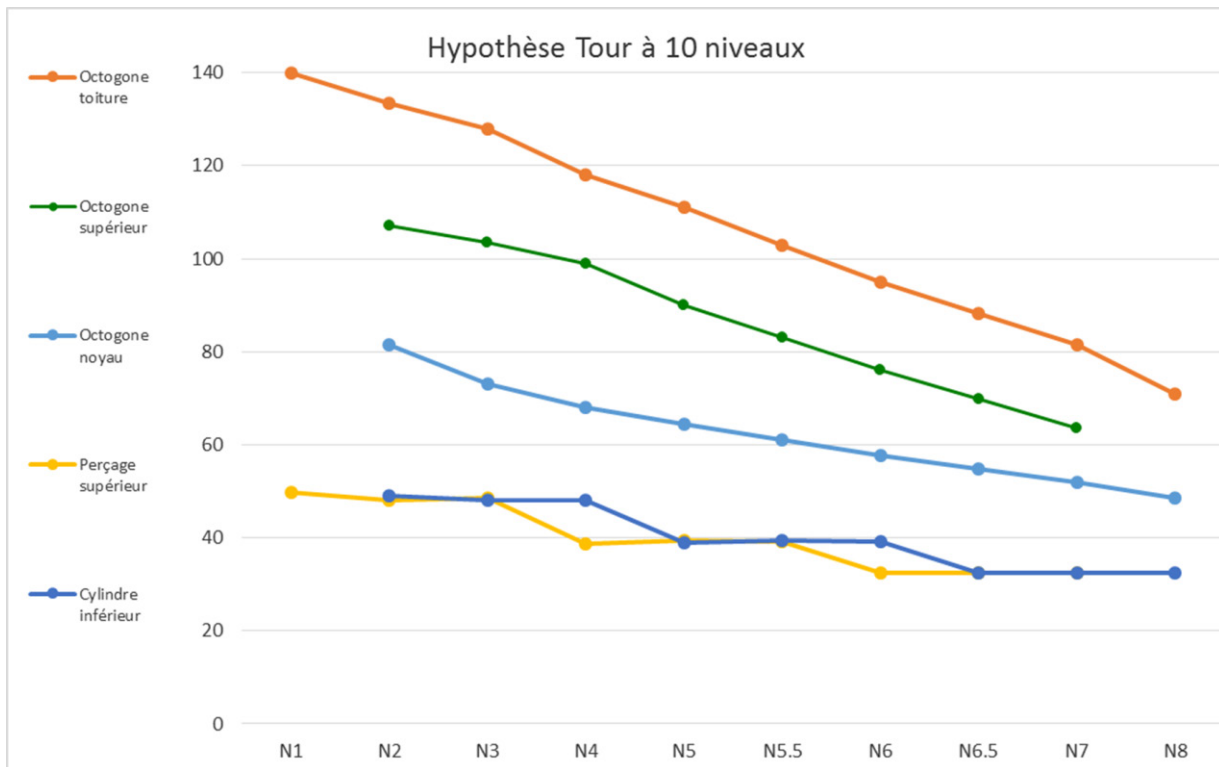
Nous avons donc calculé les dimensions vraisemblables, par interpolation, notamment pour la largeur et la hauteur des octogones (voir les diagrammes comparatifs ci-après).

- **Hypothèse « 10 niveaux »**

On constate à ce stade que l'hypothèse de niveaux supplémentaires, nommés respectivement 5.5 et 6.5 est tout-à-fait plausible et le tracé des courbes réalisé avec ces niveaux supposés est édifiant : on constate que la décroissance devient quasi-linéaire.



Les diamètres des emboitements cylindriques successifs sont donnés par les courbes bleu foncé et jaune.



- **Confrontation de l'hypothèse « 10 niveaux » avec les contraintes d'assemblage**

Pourtant, l'étude des pièces de nacre positionnées à la jonction entre les blocs successifs nous révéleront que cette hypothèse ne peut pas être validée. Or, dans ce contexte (fabrication à priori adaptée à une production « en série »), on peut proposer l'hypothèse d'une fabrication de plusieurs versions possibles, au choix du client : celui-ci aurait pu commander par exemple une tour à 8 niveaux ou à 10 niveaux. Les pièces de bois étant toutes de dimension standard, seules quelques pièces de nacre (sol des coursives) devaient alors être taillées ensuite selon des dimensions adaptées, afin d'assurer la finition après emboîtement des niveaux pourvus de leurs décors. On remarquera que ces éléments ne présentent pas le même niveau de finition que ceux visibles en façade (pièces non gravées, angles parfois approximatifs). La découverte d'une troisième tour de même type nous aiderait probablement à éprouver cette hypothèse.

### Utilisation des plans de chaque pièce

Le logiciel de conception intègre les fonctions de mise en plan des pièces ; nous avons donc pu éditer les plans de fabrication, par type de pièces, notamment pour le nacrier chargé d'évaluer la quantité de matière à fournir (Fig. 21).

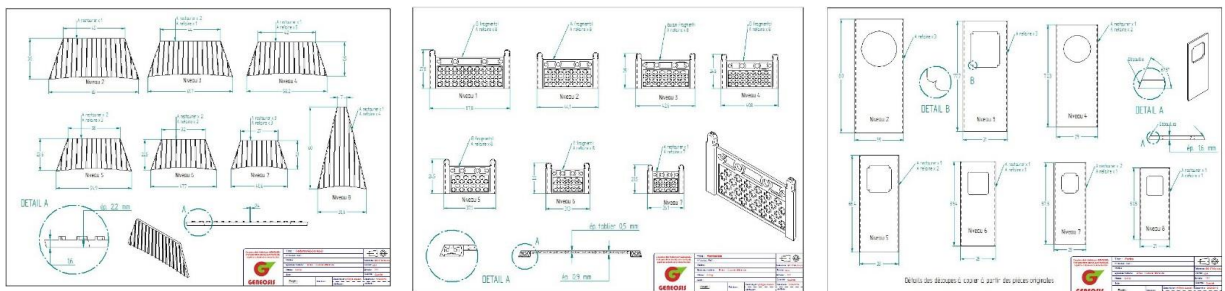


Fig. 21 : Exemples de plans de fabrication indiquant les cotes, les angles et les quantités à refaire. © Geneosis

D'autre part, nous avons exporté la définition volumique des pièces au format STL, utilisé habituellement pour l'utilisation des technologies d'impression 3D.

Différents essais ont ainsi pu être réalisés avec la collaboration de la plateforme Compositic de Lorient. Ces débuts prometteurs laissent entrevoir la possibilité de recourir à ces technologies, en complément, voire en alternative à une restitution artisanale.

### Construction d'une réplique tactile

Une première recherche a été menée avec le plateau technique Compositic (Université Bretagne Sud) pour déterminer :

- le matériau qui serait le mieux adapté à cette construction, en particulier pour rendre l'aspect de la nacre, dans des conditions satisfaisantes de

conservation dans la durée. Une recherche est également menée pour restituer un aspect métal doré pour les clochettes (Fig. 22).

- les technologies de réalisation des pièces volumiques et des pièces planes (impression 3D / découpe laser)
- la décomposition des pièces à fabriquer et les types d'assemblages les plus appropriés entre pièces permettant d'obtenir l'aspect le plus fidèle possible, pour un coût raisonnable



Fig. 22 : Recherche de matière (fil d'apport nacré extrudé par Compositic) et premiers essais d'impression 3D de toiture, rambarde et clochettes avec différentes résines

#### **Quatrième étape : Atelier Régional de Restauration de Kerguehennec – musée des Beaux-Arts de Rennes – 2016**

Suite à l'étude menée par l'Atelier Régional de Restauration, le projet de restauration porté par le musée a obtenu un prix pour son financement par la Tefaf (The European Fine Art Fair). Le projet de restauration devait alors se concrétiser.

Les nouvelles investigations doublées du potentiel offert par l'approche du bureau d'étude ont laissé entrevoir différents scénarios dans la perspective d'une présentation au public. Il convenait alors d'en dresser le bilan et de préciser les orientations à suivre.

#### **Choix de restauration**

De nouveaux axes de réflexion ont pu être soumis au musée. Ils diversifient le premier scénario envisagé (une simple restauration traditionnelle).

- 1) Restauration artisanale traditionnelle par un nacrier avec possibilité de mise en parallèle d'une animation permettant de visualiser les zones refaites. Cela impose en priorité de valider la forme des parties manquantes et de préciser le niveau de finition (gravures, motifs, dorure...).
- 2) Restauration hybride : artisanale traditionnelle pour les pièces évidentes, technologies additives pour les parties hypothétiques (lisibilité de l'intervention) avec possibilité de mise en parallèle d'une animation permettant de visualiser les zones refaites.



- 3) Restauration minimale de type archéologique sans réintégrations, avec mise en parallèle d'une animation permettant de visualiser l'aspect supposé de la tour, avec, le cas échéant, différentes hypothèses.
- 4) Rajout d'une maquette réplique. Dans le cas d'une restauration minimale, celle-ci permettrait de donner à voir et à toucher un objet relativement fidèle, sans le coût d'une restauration artisanale.

### **Intérêt et limites des outils de modélisation**

Les outils de modélisation utilisés et l'approche de « concepteur » du bureau d'étude, ont été un formidable facilitateur dans la compréhension de l'objet. Il a été très rassurant, à la fois pour les restaurateurs et pour nos interlocuteurs du musée des Beaux-Arts de Rennes, de pouvoir visualiser, d'une part, l'aspect d'ensemble de l'objet assemblé et, d'autre part, les détails de ces assemblages donnant des précisions sur son futur remontage.

Enfin, la possibilité de modéliser virtuellement des volumes hypothétiques dans un délai très court et de les donner à voir, parfaitement positionnés dans les zones lacunaires, s'est révélée particulièrement appréciable.

Les limites concernent essentiellement la fabrication des pièces destinées à la restauration de la tour, en particulier pour le nacrier chargé de refaire les parements manquants. Les plans fournis ne sont qu'une indication utile pour réaliser son devis, mais ne peuvent pas être utilisés comme plans d'exécution. De petits ajustements sont indispensables, pièces de nacre en main.

D'autre part, à l'heure où de nombreux musées lancent des programmes de numérisation de leurs collections à l'aide de scanner, la technique mise en œuvre ici nécessite des manipulations pour la prise de cotes sur chacun des éléments. A l'évidence, il nous a fallu manier avec précaution tous les fragments et tous les objets ne se prêtent pas à cette étape, indispensable dans notre cas de figure.

Enfin, un logiciel de conception tel que celui qui a été utilisé a un coût de licence de l'ordre de 10 000 € et son utilisation nécessite une solide formation ; il convient donc de faire appel à un bureau d'étude déjà équipé.

### **Pour conclure**

Cette expérience, nourrie d'échanges transdisciplinaires, démontre le rôle décisif joué par les nouvelles technologies. Dans le projet de la tour de Nankin, le caractère très géométrique de la tour a constitué l'élément déterminant du choix de la méthode de numérisation, ceci dans une enveloppe budgétaire très raisonnable. La collaboration avec le bureau d'étude Geneosis a permis à l'ARR d'accomplir sa mission d'étude de l'œuvre et d'être en mesure de proposer une variété de scénarios s'intégrant dans le projet global du musée des Beaux-Arts de Rennes.

On ne saurait trop insister sur la nécessité, tout au long de ce genre de travail, de ne pas perdre de vue la réalité matérielle de l'œuvre. Notre approche se doit d'être sensible et doublée d'un esprit critique. Elle ne doit pas être supplantée par la fascination qu'exercent les images virtuelles, réalisables grâce à tous ces nouveaux outils, au demeurant formidables si utilisés à bon escient.

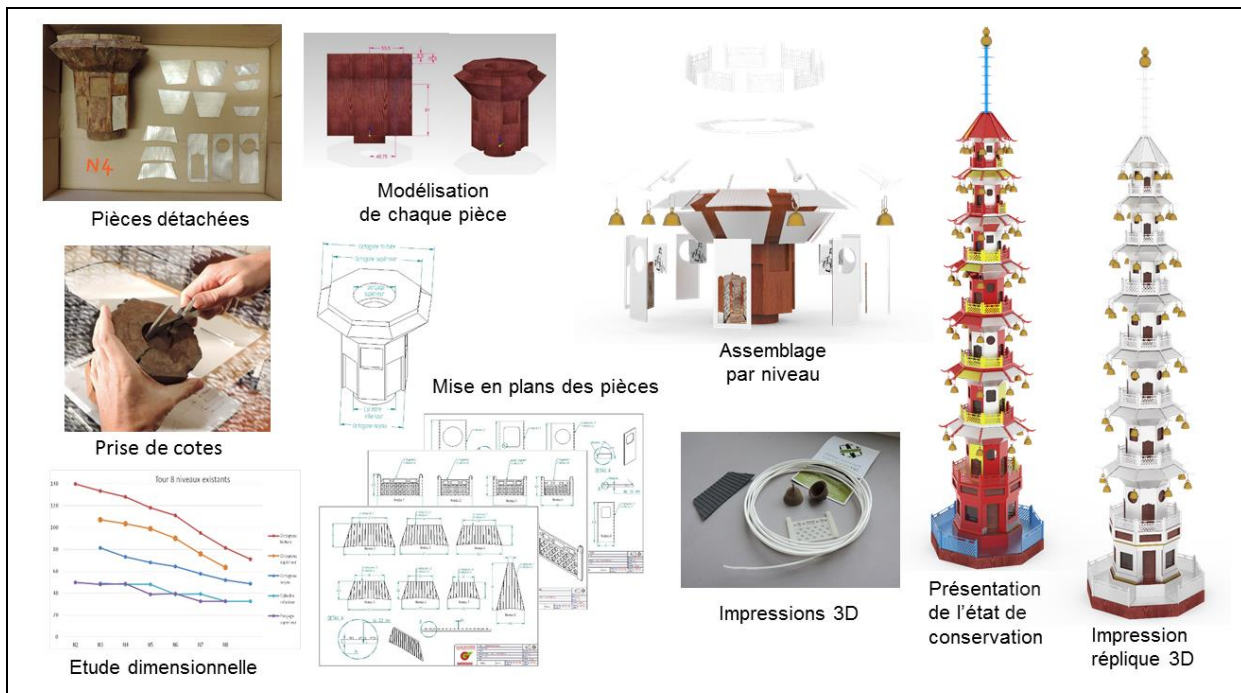


Fig. 23 : Panorama du travail réalisé en collaboration dans le cadre du projet de restauration de la tour de Nankin du musée des Beaux-Arts de Rennes

## BIBLIO

1 - MONTENS, Valérie, HAWOTTE, Sophie, *3-d technologies at the service of study and management of museum collections. Thoughts on the restoration of a delftware flower vase in the collections of the royal museum of art and history, Brussels*. Colloque international : Les nouvelles technologies appliquées au patrimoine : perspectives et enjeux (du 6 au 7 novembre 2014) - Musée du quai Branly

2 - HAWOTTE, Sophie, *L'impression 3D au service de la conservation d'objets en céramique et en verre*. Colloque APROA-BRK : Innovation en conservation-restauration (12 – 13 novembre 2015)

## SITES

- <http://moebly.fr/2013/à/15/naissance-dun-nouveau-courant-artistique-louisXIV-les-chinoiseries/>
- <http://www.burghley.co.uk/collections/contacts/>



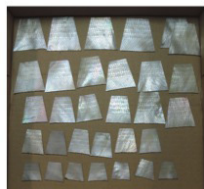
L'apport du numérique dans le cadre  
du projet de restauration de la tour de Nankin  
du Musée des Beaux-Arts de Rennes

Atelier Régional de Restauration  
Bureau d'étude Genesis  
Musée des Beaux-Arts de Rennes

JERI 2016



Début d'inventaire



Typologie



Les décors en sous-verres



Attribution des pièces de nacre à chaque registre



Localisation des décors grâce aux traces de colle  
Numérotation des différents secteurs pour inventaire



## Nomenclature

Obj. Pâte	Description	Matière	Quantité à fabriquer	Obj. Pâte	Description	Matière	Quantité à fabriquer
M.1000	Barreaux M10	Bois	1	M.1000	Barreaux M10	Bois	1
M.1001	Barreaux M10	Bois	1	M.1001	Barreaux M10	Bois	1
M.1002	Barreaux M10	Bois	1	M.1002	Barreaux M10	Bois	1
M.1003	Barreaux M10	Bois	1	M.1003	Barreaux M10	Bois	1
M.1004	Barreaux M10	Bois	1	M.1004	Barreaux M10	Bois	1
M.1005	Barreaux M10	Bois	1	M.1005	Barreaux M10	Bois	1
M.1006	Barreaux M10	Bois	1	M.1006	Barreaux M10	Bois	1
M.1007	Barreaux M10	Bois	1	M.1007	Barreaux M10	Bois	1
M.1008	Barreaux M10	Bois	1	M.1008	Barreaux M10	Bois	1
M.1009	Barreaux M10	Bois	1	M.1009	Barreaux M10	Bois	1
M.1010	Barreaux M10	Bois	1	M.1010	Barreaux M10	Bois	1
M.1011	Barreaux M10	Bois	1	M.1011	Barreaux M10	Bois	1
M.1012	Barreaux M10	Bois	1	M.1012	Barreaux M10	Bois	1
M.1013	Barreaux M10	Bois	1	M.1013	Barreaux M10	Bois	1
M.1014	Barreaux M10	Bois	1	M.1014	Barreaux M10	Bois	1
M.1015	Barreaux M10	Bois	1	M.1015	Barreaux M10	Bois	1
M.1016	Barreaux M10	Bois	1	M.1016	Barreaux M10	Bois	1
M.1017	Barreaux M10	Bois	1	M.1017	Barreaux M10	Bois	1
M.1018	Barreaux M10	Bois	1	M.1018	Barreaux M10	Bois	1
M.1019	Barreaux M10	Bois	1	M.1019	Barreaux M10	Bois	1
M.1020	Barreaux M10	Bois	1	M.1020	Barreaux M10	Bois	1
M.1021	Barreaux M10	Bois	1	M.1021	Barreaux M10	Bois	1
M.1022	Barreaux M10	Bois	1	M.1022	Barreaux M10	Bois	1
M.1023	Barreaux M10	Bois	1	M.1023	Barreaux M10	Bois	1
M.1024	Barreaux M10	Bois	1	M.1024	Barreaux M10	Bois	1
M.1025	Barreaux M10	Bois	1	M.1025	Barreaux M10	Bois	1
M.1026	Barreaux M10	Bois	1	M.1026	Barreaux M10	Bois	1
M.1027	Barreaux M10	Bois	1	M.1027	Barreaux M10	Bois	1
M.1028	Barreaux M10	Bois	1	M.1028	Barreaux M10	Bois	1
M.1029	Barreaux M10	Bois	1	M.1029	Barreaux M10	Bois	1
M.1030	Barreaux M10	Bois	1	M.1030	Barreaux M10	Bois	1
M.1031	Barreaux M10	Bois	1	M.1031	Barreaux M10	Bois	1
M.1032	Barreaux M10	Bois	1	M.1032	Barreaux M10	Bois	1
M.1033	Barreaux M10	Bois	1	M.1033	Barreaux M10	Bois	1
M.1034	Barreaux M10	Bois	1	M.1034	Barreaux M10	Bois	1
M.1035	Barreaux M10	Bois	1	M.1035	Barreaux M10	Bois	1
M.1036	Barreaux M10	Bois	1	M.1036	Barreaux M10	Bois	1
M.1037	Barreaux M10	Bois	1	M.1037	Barreaux M10	Bois	1
M.1038	Barreaux M10	Bois	1	M.1038	Barreaux M10	Bois	1
M.1039	Barreaux M10	Bois	1	M.1039	Barreaux M10	Bois	1
M.1040	Barreaux M10	Bois	1	M.1040	Barreaux M10	Bois	1
M.1041	Barreaux M10	Bois	1	M.1041	Barreaux M10	Bois	1
M.1042	Barreaux M10	Bois	1	M.1042	Barreaux M10	Bois	1
M.1043	Barreaux M10	Bois	1	M.1043	Barreaux M10	Bois	1
M.1044	Barreaux M10	Bois	1	M.1044	Barreaux M10	Bois	1
M.1045	Barreaux M10	Bois	1	M.1045	Barreaux M10	Bois	1
M.1046	Barreaux M10	Bois	1	M.1046	Barreaux M10	Bois	1
M.1047	Barreaux M10	Bois	1	M.1047	Barreaux M10	Bois	1
M.1048	Barreaux M10	Bois	1	M.1048	Barreaux M10	Bois	1
M.1049	Barreaux M10	Bois	1	M.1049	Barreaux M10	Bois	1
M.1050	Barreaux M10	Bois	1	M.1050	Barreaux M10	Bois	1



Deux tours à décor de nacre appartenant aux collections du château de Burghleyhouse (proche de Stamford en Angleterre)



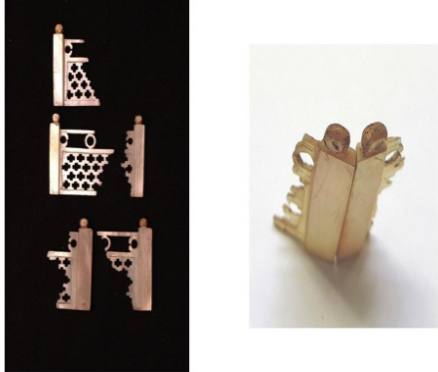
Éléments de la tour rennaise et comparaisons avec les deux tours anglaises



Éléments de la tour rennaise et comparaisons avec les deux tours anglaises

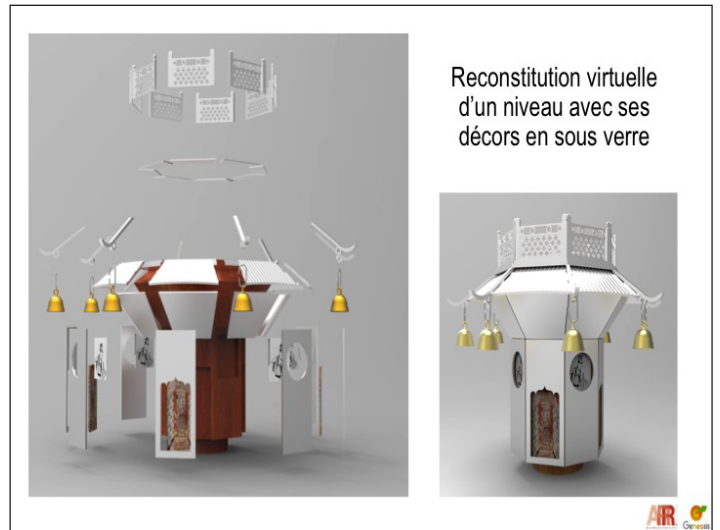
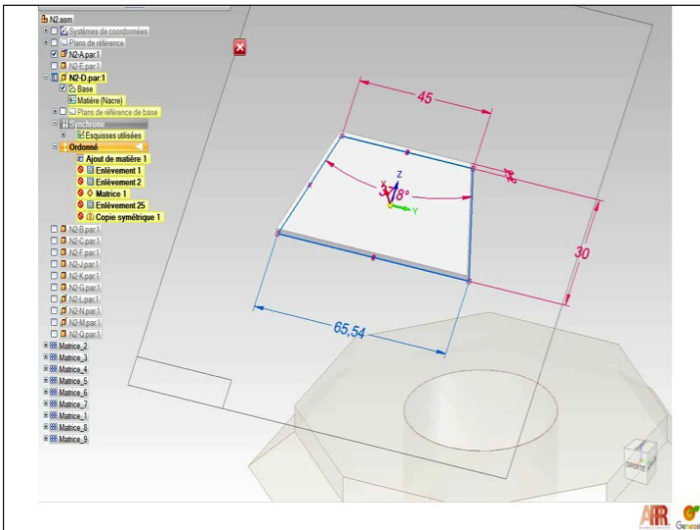
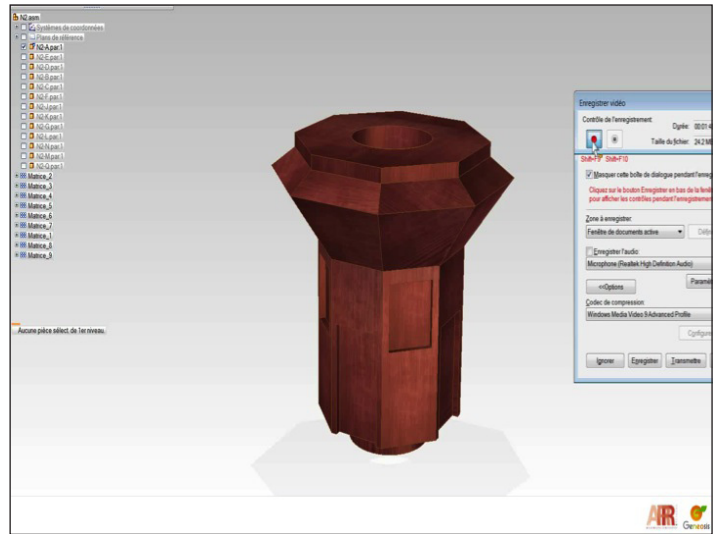
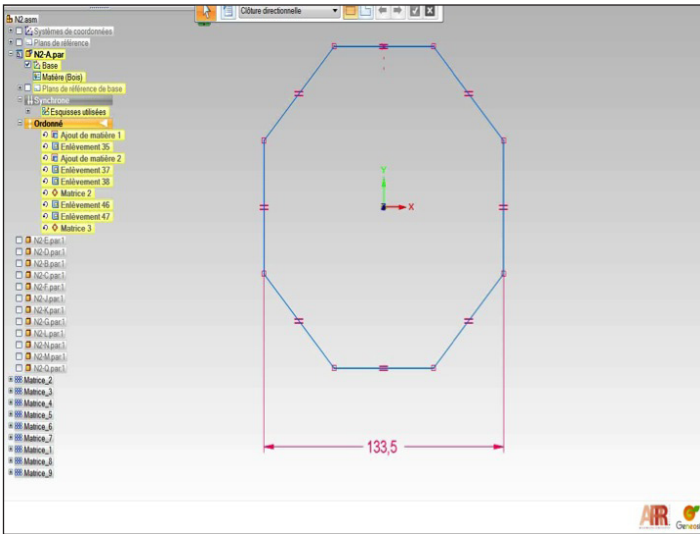


Finesse d'exécution des barrières

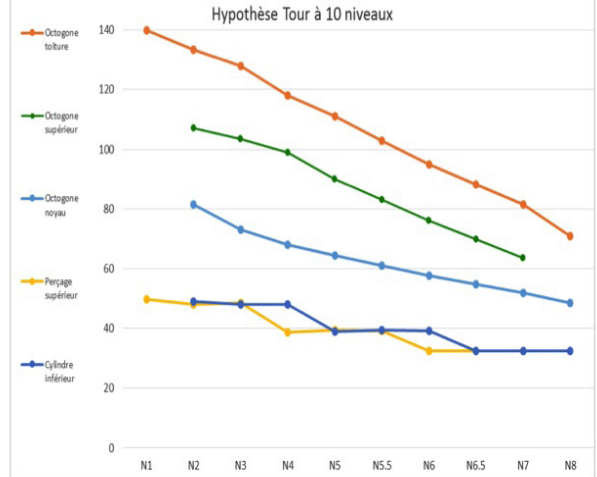
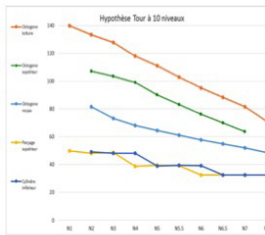
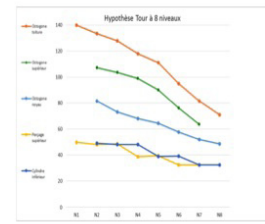
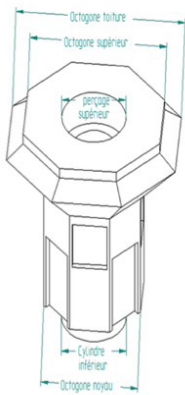


Utilisation du logiciel Solid Edge

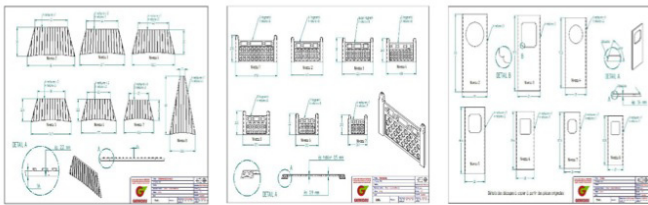




## Etude paramétrique



## Exemples de plans de fabrication indiquant les cotes, les angles et les quantités à refaire



## Recherche et tests :

- \* fil d'apport nacré extrudé par Compositic,
- \* édition d'une toiture, d'une barrière et de clochettes avec différentes résines







# Solutions de Rangement Intelligentes



Grilles à tableaux

Centre National des  
Arts Plastiques

Fondation  
Jérôme Seydoux-Pathé

Fondation Louis Vuitton

Louvre Lens

Musée Aan de Stroom (MAS)



Meubles à plans

Musée d'Art Moderne  
de Strasbourg

Musée de la Céramique  
de Sèvres

Musée des Confluences

Musée de la Guerre

Musée Ingres



Rayonnages mobiles

Musée Royal des  
Beaux Arts d'Anvers

Musée Soulages

Musée Van Gogh

Museum d'Histoire  
Naturelle de Paris

etcetera

Références



Nous organisons votre espace  
[www.bruynzeel-storage.com](http://www.bruynzeel-storage.com)

  
bruynzeel storage systems



**HÉLÈNE BLUZAT**

[lnbluzat@hotmail.com](mailto:lnbluzat@hotmail.com)

91120 Palaiseau

**AGNÈS CASCIO**

[agnes.cascio@free.fr](mailto:agnes.cascio@free.fr)

92240 Malakoff

**GUYLAINE MARY**

[guylaine.mary@gmail.com](mailto:guylaine.mary@gmail.com)

56340 Carnac

Conservateurs/restaurateurs  
d'œuvres sculptées

## **Étude historique et scientifique des pâtes à modeler ; la conservation-restauration de deux bustes d'Auguste Rodin**

Restaurateurs :

HÉLÈNE BLUZAT, AGNÈS CASCIO, GUYLAINE MARY

Scientifiques :

NATHALIE BALCAR, MARINE COTTE, JULIETTE LANGLOIS, YANNICK VANDENBERGHE

### Résumé

Cette présentation expose le détail d'une recherche concernant les pâtes à modeler utilisées par Rodin.

Ce travail, mené en collaboration avec le C2RMF (Centre de recherche et de restauration des musées de France) et le ESRF (European synchrotron radiation facility), a été entrepris préalablement à la restauration de deux bustes de Rodin, ceux d'Hanako (1908-1912) et de Clemenceau (1911-13). Ces deux œuvres en plâtre comportaient une part importante de volumes additionnels réalisés avec de la pâte à modeler souvent désignée de façon impropre et abusive, par le terme « Plastiline® ». Avant d'entreprendre une restauration, il était important d'identifier précisément la composition de ce type de matériau, très peu étudié jusqu'à présent et de comprendre les processus de dégradation.

Nous mettrons en avant les aspects innovants de cette recherche. Ceux-ci concernent tout d'abord les méthodes scientifiques utilisées pour l'identification des pâtes et de leurs altérations. Puis un protocole de tests d'atelier portant sur le nettoyage, le fixage et le collage a été mis en place. Ces tests nous ont menés entre autre à expérimenter la technique de la photo-ablation qui n'avait, à notre connaissance, jamais été utilisée auparavant sur ce type de matériau.

Cette présentation est proposée à la suite de la publication récente dans *Studies in conservation*<sup>1</sup> d'un article qui expose le détail d'une recherche concernant les pâtes à modeler autres que les cires naturelles utilisées par Rodin.

Ce travail mené en collaboration avec le C2RMF (centre de recherche et de restauration des musées de France) et le ESRF (European synchrotron radiation facility) a été entrepris préalablement à la restauration de deux bustes de Rodin, ceux d'Hanako (1908-1912) et de Clémenceau (1911-13).



Fig.1 Hanako, S.02242,  
Vue avant restauration



Fig. 2 Clemenceau, S.01982,  
Vue avant restauration

Ces deux bustes en plâtre comportent des volumes additionnels en pâte à modeler. Ce matériau malléable a été inventé durant le XIXe siècle, comme une alternative à la terre à modeler ou à la cire. Il peut présenter des compositions et des appellations variées qui évoluent avec le temps et en fonction des origines géographiques.

Cette recherche a été réalisée dans le cadre d'un mécénat mis en place par le Musée Rodin et qui a permis, de disposer de 15 journées de travail, un laps relativement court.

Plutôt que de faire une présentation exhaustive de nos investigations, nous proposons de mettre en avant les aspects innovants. Ceux-ci concernent tout d'abord l'étude approfondie de la composition des pâtes à modeler et la compréhension des processus de dégradation. Ces matériaux ont en effet été très peu étudiés jusqu'à présent. Des tests d'atelier, destinés à sélectionner les produits et les méthodes de restauration, figurent également parmi les aspects innovants. Ils étaient orientés spécifiquement sur le nettoyage, le fixage et le collage. Les tests de nettoyage, nous ont mené à expérimenter la technique de la photo-ablation au laser qui n'avait, à notre connaissance, jamais été utilisée auparavant sur ce type de matériau.

<sup>1</sup> Publication en ligne le 16 Mars 2016 sous le titre *Analysis and conservation of modern modeling materials found in Auguste Rodin's sculptures* : [dx.doi.org/10.1080/00393630.2015.1131029](https://doi.org/10.1080/00393630.2015.1131029)  
Publication imprimée prévue en 2017.

# I. Historique, présentation des œuvres et problématique

## Brève histoire de la pâte à modeler

L'étude historique des matériaux de modelage en sculptures a déjà été abordée par de nombreux auteurs cités en bibliographie, tel Reau L. en 1930 ou Colinart S. plus récemment et plus spécifiquement pour la cire. Traditionnellement l'argile ou la cire naturelle, comme la cire d'abeille, ont été souvent utilisées en sculptures, et spécialement durant le dix-neuvième siècle. Des additifs comme des minéraux, de l'amidon, de la résine de pin peuvent être mélangés aux matériaux cireux pour changer leurs propriétés physiques ou leur aspect. Toutefois, simultanément, des matériaux synthétiques alternatifs ont été introduits pour de nouvelles formulations de produit de modelage. Ils sont fabriqués avec des substances provenant des produits dérivés du pétrole comme la paraffine et de produits d'origine végétale, comme la cire japonaise ou de l'hydrolyse de graisses animales telle que la stéarine.

Plus précisément, deux compositions de la fin du XIXe siècle sont décrites dans la littérature. En Italie, Tschudi a inventé un matériau appelé *Plastiline* fabriqué avec du Kaolin et du sulfure mélangé avec de la lanoline ou de la glycérine. En Angleterre, William Harbutt a créé en 1897 une pâte à modeler appelée *Plasticine*, fabriquée à partir d'un matériau cireux et d'huile qui peut être mélangé à des pigments. Ces deux nouvelles pâtes à modeler présentaient alors une alternative à la cire d'abeille connue depuis l'antiquité.

Actuellement, différents noms sont utilisés pour désigner ces pâtes à modeler comme la plasticine (en Angleterre, USA et Belgique), plastiline ou plastilina (en France et en Italie). On trouve également les termes de Plastaline, plastelline, Plasteïne et plastile. Quelle que soit l'appellation, celle-ci ne fait pas nécessairement référence à une composition particulière. En France, le terme Plastiline est usité abusivement et les définitions varient. Actuellement, ce terme désigne souvent l'ensemble des pâtes à modeler sans distinction. Pour éviter toute confusion, nous choisirons d'employer le terme générique de « pâte à modeler » se référant à l'ensemble des matériaux de modelage synthétiques et nous éviterons des désignations commerciales comme Plastiline® ou Plasticine® sauf quand elles répondent à la formulation d'origine de Tschudi ou Harbutt.

## Les pâtes à modeler sur les œuvres de Rodin et les objectifs de la recherche

La présentation des deux bustes, *Hanako* (inv.S.02242) et *Clemenceau* (inv.S.01982) pour l'exposition, *La fabrique du portrait, Rodin face à ses modèles*, en 2009 est à l'origine du désir du musée Rodin de restaurer ces deux œuvres. Leur restauration ne pouvait être envisagée qu'après une étude permettant une meilleure connaissance de ce matériau de son usage par Rodin mais aussi de ses processus d'altérations.

En 1906, Rodin, fasciné par l'expression de l'actrice et comédienne japonaise Hanako, lui a demandé de poser pour lui. Il fait nombre de dessins et d'études. Le buste d'*Hanako* (S.02242) est l'un des derniers.

La structure du buste est hétérogène : la face est constituée d'un tirage du masque de l'actrice tandis que l'arrière de la tête est grossièrement façonné à l'aide de plaques de plâtre sommairement maintenues par des ajouts de plâtre frais. La chevelure et une partie du cou sont modelées avec une pâte de couleur ivoire appliquée sur le plâtre. Rodin a préalablement retailé à l'outil le plâtre afin que sa surface soit plus irrégulière dans le but de faciliter l'adhérence de la pâte à modeler appliquée ici en masse importante.

Le buste de *Clemenceau* est une étude pour un portrait commandé par le gouvernement argentin en remerciement d'une série de conférences que Clemenceau avait donnée à Buenos Aires en 1909. Ce buste fait partie d'une longue série qui ne compte pas moins de trente modèles dont trois ont été retravaillés avec de la pâte à modeler. La mise en œuvre et l'état de conservation sont comparables en tous points à ceux d'*Hanako*. Ainsi, a-t-il été largement retaillé par Rodin au moyen de ciseaux avant l'application de la pâte à modeler, afin de libérer de l'espace pour les volumes à remodeler et pour favoriser l'ancrage de celle-ci. La pâte à modeler a clairement été ajoutée pour amplifier l'expression du visage de *Clemenceau*.

Un examen rapide de la totalité de la collection du musée a montré que l'usage de la pâte à modeler n'est pas anodin dans le travail de Rodin puisque l'on dénombre une soixantaine d'œuvres qui comporte ce type matériau.

Les pâtes à modeler sont utilisées essentiellement sur des épreuves en plâtre qui sont des étapes importantes du processus de création de l'œuvre de Rodin et qui mènent aux modèles définitifs destinés à la réalisation des bronzes ou des marbres, dans le cadre de commandes.

La pâte à modeler malléable permettait à Rodin de prolonger son travail de modelage sur des épreuves en plâtre. Outre le fait qu'elle se mette en forme aisément comme l'argile, elle présente l'avantage de ne pas sécher et de ne pas se détacher du plâtre. Aussi Rodin pouvait-il à loisir travailler à la composition de ces œuvres pendant plusieurs séances avant de faire intervenir un mouleur, sans risquer de voir son ouvrage se déformer. Ce matériau, par ses propriétés spécifiques, enrichissait l'éventail des techniques dont Rodin disposait pour s'exprimer.



Fig.3 Tête de Balzac S. 0207, œuvre entièrement modelée en pâte à modeler



Fig.4 La mort, vue après restauration, entre les jambes des boulettes de pâte à modeler maintiennent un tissu

En plus de cet usage ponctuel sur les plâtres, la pâte à modeler pouvait être utilisée comme matériau constitutif, c'est-à-dire directement travaillée en masse sans le support d'une épreuve en plâtre comme la *Tête de Balzac* (S.00265) Elle pouvait être également utilisée comme matériau de soutien pour maintenir en place du papier ou du tissu, ce qui est le cas pour la sculpture *La mort* (S.02301)

Aujourd'hui, plus d'un siècle après leur création, la plupart de ces sculptures présentent des altérations importantes. La pâte à modeler s'est rétractée provoquant d'une part un craquellement de la surface en grosses écailles et, d'autre part, le soulèvement ou la perte de ces écailles. Ce retrait crée des soulèvements et pertes d'adhésion qui se produisent presque toujours à l'interface du plâtre et de la pâte à modeler ou encore au sein matériau devenu rigide et cassant. La moindre pression provoque la chute de fragments comme sur *Figure à mi-corps* (S.06583)

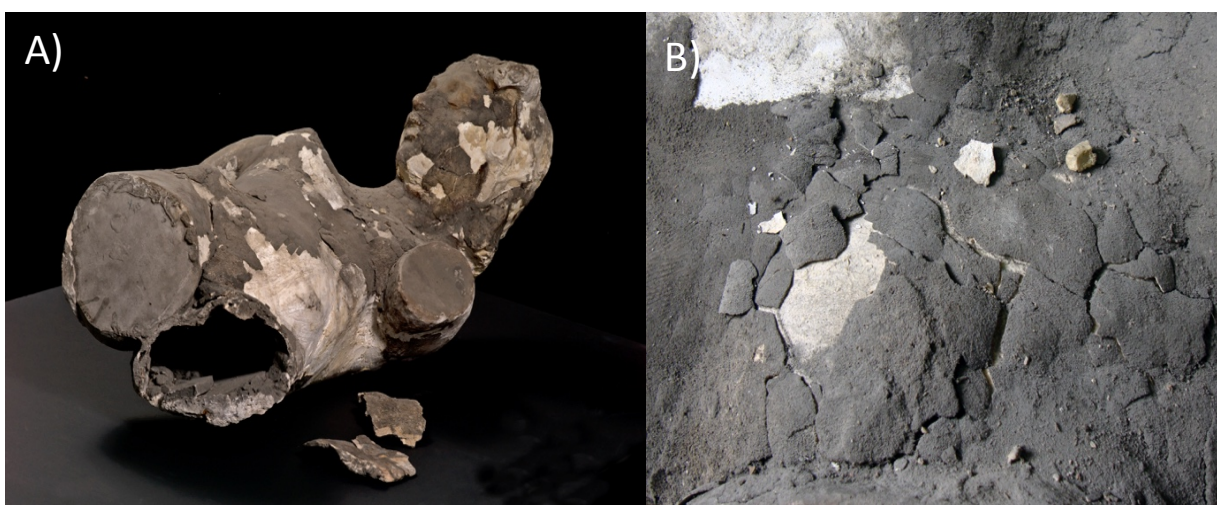


Fig.5 A et B, *Figure à mi-corps*, S.06583, détails montrant le craquellement et les soulèvements de la pâte à modeler

Le poids et la taille des fragments et écailles sont très variables. Ils peuvent aller du plus petit éclat à des fragments d'un poids avoisinant les 300 grammes et d'une longueur de 10 cm. Ce phénomène est favorisé par le caractère particulièrement poreux du plâtre qui montre très distinctement une coloration jaune et une texture grasse aux endroits où la pâte à modeler est aujourd'hui manquante. Ces changements d'aspect indiquent que les propriétés physiques et chimiques de la couche de plâtre sous-jacente à la pâte à modeler, sont modifiées.

Les dépôts observés à la surface de la pâte à modeler peuvent présenter différents aspects selon les cas : soit en couches fines, simple dépôt de poussière favorisé par le caractère très électrostatique et légèrement poisseux de toutes les pâtes, soit en couches plus épaisses formant une véritable croûte de couleur noire.

Avant leur restauration, les bustes avaient un aspect très hétérogène. La surface de la pâte à modeler était totalement noire et contrastait fortement avec le plâtre plus clair rendant difficile la lecture des œuvres. L'apparence générale était très alarmante et la conservation des ajouts de pâte à modeler menacée.

## Objectifs

Le principal objectif du traitement était donc tout d'abord d'enrayer la chute de fragments de pâte à modeler en sélectionnant un adhésif efficace et compatible qui assurerait l'adhésion entre le plâtre très hydrophile et la pâte à modeler à caractère hydrophobe. Certaines altérations, telles que les craquelures et déformations, présentaient cependant un caractère irréversible.

Le second objectif visait à obtenir un aspect plus proche de l'aspect original et surtout une meilleure lisibilité générale des volumes. La méthode de nettoyage choisie devait permettre de retrouver la couleur ivoire de la pâte à modeler et d'atténuer les contrastes avec le plâtre blanc. La difficulté majeure était de préserver les plus infimes traces d'outil et les empreintes digitales sur ce matériau particulièrement tendre et fragile.



Fig.6 *Hanako*, détail montrant des traces d'outil.

## II. Analyses et tests de restauration

Sur les 60 œuvres comportant de la pâte à modeler, 12 objets représentatifs des différents types de pâte, de leurs usages et de leurs altérations ont été sélectionnés pour être analysés par le laboratoire. Dans un premier temps, une approche multi-analytique selon des protocoles usuels et éprouvés pour l'étude des matériaux du patrimoine a été mise en place. Puis pour certaines pâtes, à savoir celle de couleur ivoire, l'étude a été approfondie avec un outil moins répandu : un accélérateur de particules (le synchrotron à Grenoble) qui produit un rayonnement couvrant les gammes spectrales infrarouge et rayon X.

Parallèlement à ces analyses, des mesures de pH ont été effectuées sur les œuvres et des échantillons ont été préparés dans le but de conduire des tests d'atelier. Ces tests expérimentaux concernant principalement la solubilité et l'adhérence avaient pour objectif le choix des produits et des méthodes de nettoyage, de fixage (fragments non séparés) et de collage (fragments détachés) les plus appropriés.

### **ANALYSES. Compositions des pâtes à modeler, identification de deux groupes**

Les observations au microscope optique sous lumière visible, les résultats des analyses par spectroscopie infrarouge et des rayons X et par les techniques chromatographiques ont révélé que Rodin utilisait deux types de pâte à modeler, dont la composition est proche des recettes d'origine de la « plastiline » et de la « plasticine » décrites dans la littérature.

Le premier groupe de pâte à modeler (groupe 1) apparaît sur trois sculptures : *Couple enlacé* (S.02723), *Tête de Balzac* (S.00265) (Fig.3) et *Muse Whistler* (S.02452). Les couleurs de la pâte à modeler de ce groupe présentent de multiples nuances du brun-ocre



au gris. La pâte à modeler est composée de matière grasse végétale ou animale, cette dernière hypothèse étant favorisée par la présence d'acide gras avec un nombre impair d'atomes de carbones.

Le second type de pâte à modeler (groupe 2) a été trouvé sur 8 œuvres du corpus sélectionné. La couleur (sauf sur les zones altérées en surface) est d'une teinte uniforme ivoire. Elle est principalement composée de paraffine et de matière grasse chargée avec du carbonate de calcium. Les deux bustes à restaurer, *Hanako* (S.02242) et *Clemenceau* (S.01982) appartiennent à ce groupe. Au total, parmi les 60 sculptures comportant de la pâte à modeler, 41 sont porteuses d'une pâte à modeler de couleur ivoire, il semble donc que Rodin affectionnait particulièrement cette couleur. On peut présumer qu'il s'agit de la même pâte à modeler sur toutes ces sculptures mais des analyses sont nécessaires pour le confirmer.

Les altérations ne semblent pas directement liées à un type d'application de la pâte. Que les volumes soient appliqués en masses épaisses ou en fines couches, ils ne sont pas moins craquelés ou moins adhérents. En revanche, la morphologie de ces altérations, semble liée à la composition du produit de modelage utilisé. Par exemple, les craquellements, les soulèvements et les croûtes noires épaisses à la surface sont caractéristiques du groupe 2 qui montre un degré d'altération plus important.



Fig.7 Craquellement et soulèvement de la pâte à modeler sur le buste de *Clemenceau*



Fig.8 Détail du buste *Hanako*, croûtes noires épaisses

Les résultats des analyses par chromatographie ont montré que la croûte noire présente sur la pâte des bustes d'*Hanako* et de *Clemenceau* qui font partie de ce groupe 2, a une composition proche du cœur de la pâte à modeler ivoire. Les différences observées peuvent trouver plusieurs origines : migration ou évaporation de certaines molécules, ou

absorption par le support poreux et participent vraisemblablement aux phénomènes de fissures et perte de fragments constatés.

## Protocoles et résultats des tests de restauration

### Mesures de pH

Dans un premier temps des mesures de pH ont été effectuées afin de choisir et de formuler des produits de conservation compatibles, particulièrement dans le cas des adhésifs (pH similaire requis).

En raison des contraintes de temps imposées, les tests n'ont porté que sur un seul type de pâte à modeler celui du groupe 2, majoritairement représenté dans la collection et présent sur les deux bustes à restaurer.

### Choix et caractérisation de la pâte utilisée pour les tests

Tous les tests de restauration ont été menés avec une pâte à modeler la plus proche possible de celle du groupe deux : la Plastiline® souple n° 50 de marque Herbin. Sa composition a été analysée par GC\_FID. Bien qu'elle ne contienne pas de matière grasse, sa composition est la plus similaire à celle du groupe 2. Elle contient également du carbonate de calcium comme charge, cela fait de la Plastiline® n°50, le meilleur matériau disponible pour réaliser les tests de restauration pour les deux sculptures, *Hanako* (S.02242) et *Clemenceau* (S.01982).

### Les tests de solubilité : protocole et résultats

Les tests de solubilité ont été menés en priorité afin de cerner la sensibilité de la pâte à modeler aux solvants qui seront potentiellement employés lors des interventions de nettoyage et de collage. Des échantillons d'1 gramme de *Plastiline® n°50* sont introduits dans des tubes à essais contenant différents solvants : eau déminéralisée, éthanol, acétone, acétate d'éthyle, ligroïne (éther de pétrole)

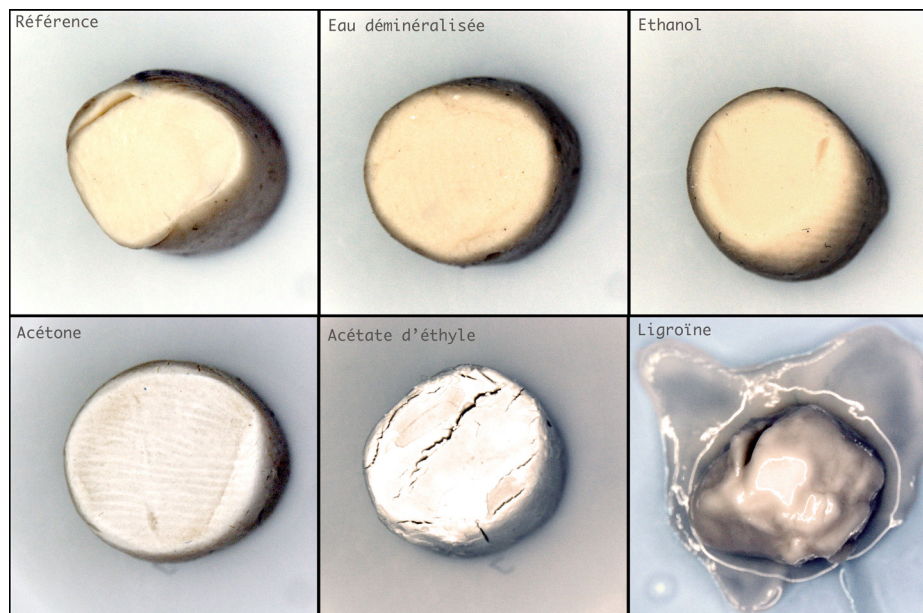


Fig. 9 Echantillons de Plastiline® après 1h d'immersion dans différents solvants. L'échantillon de référence n'est pas immergé

Bien qu'il était prévisible que la ligroïne altérerait les composants de la pâte à modeler, il a été décidé de tester ce solvant pour sa valeur comparative avec les autres solvants. Les tests d'immersions ont été menés sur des durées de 10, 30, 60 et 120 minutes ; puis égouttés et pesés. Enfin une dernière pesée a été réalisée après l'évaporation des solvants pendant deux semaines, pour observer une éventuelle incidence du séchage.

Seule l'eau, malgré un très faible gonflement, inférieur à 1%, a permis de retrouver le poids initial de l'échantillon quasi inchangé après deux semaines de séchage. Les échantillons immergés dans les autres solvants ont montré une perte de poids et donc un phénomène de dissolution. Quant aux échantillons immergés dans la ligroïne ; ils ont commencé à se dissoudre très rapidement après leur première immersion et à la fin de l'expérience ils étaient totalement solubilisés. Pour l'acétone et l'acétate d'éthyle, outre une solubilisation partielle, les échantillons ont blanchi et sont devenus rigides et cassants.

Comme on pouvait s'y attendre l'eau est donc le solvant apparemment le plus inoffensif pour la Plastiline® n°50. La dissolution et le risque de gonflement dans l'eau peuvent être considérés comme négligeables.

D'autre part, on constate que la dissolution de la Plastiline® dans l'éthanol est réduite. L'utilisation de ce solvant sera écartée pour le nettoyage mais pourra être envisagée comme solvant d'adhésif.

## **Les tests d'adhésion : protocole et résultats**

### *Protocole*

Les tests de collage avaient pour objectif le choix d'un adhésif permettant de coller des fragments de pâte à modeler totalement désolidarisés de leur support en plâtre.

Les critères de sélection étaient : l'affinité avec les deux matériaux plâtre et pâte à modeler, réversibilité, stabilité, pH proche (+/-2) ; une viscosité élevée et un pouvoir adhésif suffisant pour 300g. Ces critères ont permis la sélection de 5 adhésifs de deux natures différentes, vinylique et acrylique (Vinavil®59, Plectol®B500, en dispersion aqueuse, Paraloid®B-72, B 44 et Pioloform®BM18 dans éthanol). Ils sont choisis parmi la gamme couramment utilisée en restauration et dont les propriétés ont déjà été abondamment testées. Les cinq adhésifs ont été appliqués en quantité égale et de la même façon. 3 ml sont déposés par points sur la surface des échantillons de Plastiline® Herbin de 10 à 300 grammes qui ont été appliqués, avec une légère pression des doigts, sur des plaquettes de plâtre Molda3®. Après un séchage de 48 heures, les éprouvettes Plastiline®/plâtre ont été placées à la verticale de manière à soumettre les collages à la force de cisaillement induite par les poids de Plastiline® augmentant progressivement.

D'autres tests ont été réalisés afin de choisir l'adhésif permettant de refixer la pâte à modeler partiellement soulevée du support en plâtre mais encore solidaire. Les surfaces à encoller n'étaient pas accessibles directement et le fixage devait donc se faire par une infiltration à la seringue. Les critères de sélection sont similaires à ceux du collage. Cependant, la viscosité et l'aspect mat sont plus importants et des charges doivent être ajoutées pour les modifier si nécessaire.

7 adhésifs ont été testés à des concentrations variables (5, 10 et 20% en poids) :

- le Paraloid®B-72, 3 Pioloform® présentant différentes longueurs de chaînes moléculaires permettant de faire varier les viscosités (BN, BM et BL 18), en solution dans l'éthanol
- le Vinavil®59, le Plectol®B500 et le Primal®E330S, diluées dans de l'eau.

Des pastilles d'une dizaine de grammes de Plastiline® souple n°50 de J. Herbin et d'une épaisseur d'environ 2 mm ont été découpées à l'emporte-pièce et appliquées, avec une légère pression, sur les plaquettes de plâtre. Le bord supérieur de la pastille a été soulevé. Les adhésifs ont toujours été appliqués en quantité égale et de la même façon : 3 ml ont été injectés à la seringue à l'interface de la pastille de Plastiline® soulevée et de la plaquette de plâtre.

Après une période de séchage de 48 heures, les éprouvettes ont été placées à la verticale de manière à soumettre l'adhésif de refixage à la force de cisaillement induite par le poids de Plastiline®. L'adhésion a été aussi testée par une légère pression des doigts sur le disque.

### *Résultats et traitement de collage et de refixage*

Les résultats ont été similaires pour le collage et le fixage.



3 adhésifs sur 5, Plextol®B500, Vinavil®59 et Paraloid®B44, présentait des signes de bonne adhésion en résistant à la pression mécanique du doigt.

La composition chimique du groupe 2 (paraffine et matière grasse chargées avec du carbonate de calcium) et les résultats des tests de solubilité nous ont conduits à donner la préférence aux adhésifs en émulsion dans l'eau même si le Paraloid® est performant.

Nous avons finalement choisi le Plextol®B500 pour sa meilleure stabilité dans le temps que celle du Vinavil®59. Cet adhésif très fluide peut être épaissi à l'aide d'une charge afin d'obtenir la viscosité souhaitée en conservant un pouvoir collant suffisant.

Il peut être utilisé pour les deux fonctions de collage et de refixage ce qui réduit le nombre de produits utilisés pour les interventions de restauration.

Fig 10 *Hanako*, refixage des écailles de la pâte à modeler,

Des tests supplémentaires avec ajouts de charges dans le Plextol®B500 ont été effectués. Le Plextol®B500 pur, additionné de micro-ballons de verre (3M® scotchlite glass bubbles) ou de Tylose®MH300P (methylhydroxyethylcellulose, poudre blanche 70/30 ou 50/50 en poids), donne un mélange crémeux, injectable à la seringue, qui ne coule pas.

Les grands fragments ont été maintenus en place avec une bande en coton légèrement élastique qui garantissait un maintien ferme sans risque d'altérer le matériau de modelage. Lorsque le refixage nécessitait des compléments importants (formation de ponts), le mélange Plextol®B500/micro-ballons de verre, sans retrait lors du séchage, a été préféré.



Fig 11 *Hanako* , collage du fragment le plus lourd

## Les tests de nettoyage et le traitement

### *Protocole*

Les tests de nettoyage ont été menés directement sur des fragments détachés de pâte à modeler provenant des œuvres de Rodin car il n'était pas possible de fabriquer des ersatz présentant un vieillissement et un encrassement similaires.

Les critères de nettoyage doivent prendre en compte en premier lieu, la très faible dureté des pâtes à modeler, qui ne peuvent supporter les frottements répétés, et en second lieu leur sensibilité aux solvants.

La photo-ablation a été testée en priorité car elle offre l'avantage de n'exercer aucune contrainte mécanique à la surface. De plus, le contraste évident entre la couche de salissure noire et le substrat ivoire laissait envisager des résultats positifs avec ce type de nettoyage.



Deux types de lasers de nettoyage standard de la marque Lambda®, le Artlight II et le Art laser, ont été utilisés sur les différents états de surface de la pâte à modeler, salie ou altérée. Ces appareils, de source laser Nd : Yag, sont équipés d'une fibre optique émettant à une longueur d'onde de 1064 nanomètres.

Fig 12 : test laser sur un fragment de pâte à modeler, détaché d'*Hanako*

Le premier, Artlight II, est une petite machine compacte utilisable selon 2 modes : en mode Q-switch avec une durée d'impulsion de 8 nanosecondes et mode normal avec une durée d'impulsion beaucoup plus longue de 500 microsecondes. L'énergie d'impulsion est ajustable jusqu'à 150mJ, la fréquence de répétition des pulses laser est réglable de 0,5 à 20Hz et le diamètre du point d'impact est de 1 à 4mm.

Le second, Art Laser, est une machine plus puissante mais il n'y a qu'un mode de fonctionnement avec une durée d'impulsion de 10ns (mode Q-switch). L'énergie d'impulsion est ajustable jusqu'à 350mJ, la fréquence est réglable de 1 à 30 Hz, et le diamètre du point d'impact est de 1 à 12 mm.

Dans tous les cas, la surface est préalablement humidifiée pour augmenter le contraste, minimiser l'élévation de la température et pour accroître l'efficacité du laser.

### *Résultats et traitement*

Sur les surfaces sales simplement recouvertes d'un dépôt de poussière ou présentant de légères indurations et des craquelures, des résultats satisfaisants ont été obtenus en utilisant le laser Artlight II avec des réglages de puissance relativement faibles et en mode Q-switch soit une durée d'impulsion courte (8 ns).

Le réglage le plus souvent utilisé était une énergie de 100 mJ et une fréquence de 10 Hz. Le diamètre du point d'impact ou zone d'impact dépendait du réglage du laser et également de la distance de l'objet : il variait entre 2 et 4mm. Par conséquent l'échelle de fluences théoriques utilisée peut être évaluée de 0,77 J cm<sup>2</sup> (pour une zone d'impact de 4 mm) à 2,5 Jcm<sup>2</sup> (pour une zone d'impact de 2mm). Cette échelle de fluences est relativement basse par rapport aux possibilités des lasers.

Aucune altération de la surface n'était visible sous microscope binoculaire (x20). Tous les détails de modelage en particulier les empreintes digitales, les traces d'outil, même les plus fines, ont été parfaitement conservés ou réapparaissaient dans le cas où elles étaient masquées par le dépôt de poussière. Le jaunissement, lié au nettoyage par photo-ablation, était minime et acceptable au vu de la teinte ivoire d'origine.



Fig 13 *Clemenceau* à mi-nettoyage

Dans le cas des surfaces recouvertes d'une croûte noire épaisse, le laser Artlight II s'est révélé inefficace et de meilleurs résultats ont été obtenus avec le Art laser, plus puissant.

Une énergie d'impulsion de 150 mJ et une fréquence de pulse laser de 20 Hz permettaient un bon nettoyage mais présentaient des risques d'altération de la surface lorsque la distance était trop courte. Le point d'impact le plus petit pouvant être utilisé était de 2 mm de diamètre, la fluence théorique maximum est évaluée à 3,75 J.cm<sup>-2</sup> mais cela ne correspondait pas toujours à la fluence effective appliquée sur l'objet.

Sur les zones testées de cette façon, le nettoyage était convenable et suffisamment efficace pour préserver les traces de mise en œuvre et les empreintes digitales. Cependant, pour être efficace, la distance à la sculpture devait être réduite et il était difficile de contrôler celle-ci afin de ne pas endommager la surface. De plus, un jaunissement était visible et plus important qu'avec le premier laser Artlight II. Nous avons alors préféré chercher une méthode de nettoyage mixte afin d'alléger les croûtes d'encrassement avant l'utilisation du laser.

A la suite des tests de solubilité, les nettoyages chimiques à l'aide de solvants ont été exclus. Seule l'eau, ne présentant aucun danger pour les pâtes a été testée sous différentes formes. Nous avons ajouté de la salive à l'eau qui était facilement assimilable pour ses propriétés enzymatiques.

Les méthodes de nettoyage avec application prolongée se sont révélées très intéressantes. En maintenant une humidité, de quelques minutes à une heure, les souillures réhydratées se détachaient aisément des matières grasses. Leur élimination était alors possible avec un simple roulement de coton imprégné d'eau. Les frottements ont ainsi été réduits au minimum.

Les croûtes noires étant particulièrement épaisses sur *Hanako*, quatre étapes différentes de nettoyage ont été nécessaires. Les tests préalables montraient qu'il n'était pas souhaitable d'utiliser d'emblée la photo-ablation « à forte puissance » pour éliminer une couche de salissure particulièrement importante, avec le risque d'endommager.

Un premier nettoyage avec le laser Artlight II avec une énergie d'impulsion relativement faible (« basse puissance ») a été effectué partout où cela était possible, même si son action reste limitée. Cela nous permettait de délimiter précisément les zones d'altérations les plus résistantes.



*Hanako* en cours de nettoyage par photo ablation.

Fig 14 Première étape après le premier nettoyage avec le laser Artlight II

Fig 15 Troisième étape, second passage du même laser Artlight II

Dans un deuxième temps, des compresses d'eau déminéralisée et de carboxy-méthyle cellulose posées sur un papier absorbant ont été appliquées sur les résidus de croûte noire. Le temps d'action pour obtenir un ramollissement des salissures était de 2 heures. Elles ont alors été éliminées partiellement ou totalement selon leur épaisseur, avec un tampon d'ouate imbibé d'eau et roulé à la surface sans frottement. L'épaisseur des croûtes était ainsi amoindrie, mais elles restaient encore présentes sur le dessus de la tête.

La troisième étape consistait en finitions exécutées avec un second passage du même laser Artlight II. Les salissures résiduelles gardaient un contraste assez fort avec la couleur claire de la pâte à modeler, ce qui garantissait une bonne efficacité du traitement laser sans risque d'endommager la surface et évitait de nouveaux frottements.

Cependant, l'aspect de la pâte à modeler restait plus jaune dans ces zones où les croûtes étaient particulièrement épaisses.

La quatrième et dernière étape consistait donc à réappliquer, sur ces zones, des compresses d'eau déminéralisée qui permettaient d'absorber au maximum le jaunissement.

En résumé, dans la mesure du possible, la technique de nettoyage au laser doit être utilisée en premier. Elle s'est avérée être une option très adaptée et modulable dans ce contexte très spécifique.

Cependant, si cette méthode est la plus inoffensive, elle n'est vraiment performante pour nettoyer ce matériau particulièrement tendre que dans le cas d'encrassement léger à moyen, avec des réglages de fluences relativement faibles. En effet lorsque la croûte noire est trop épaisse, l'énergie d'impulsion nécessaire pour obtenir un nettoyage risque d'altérer la surface de la pâte à modeler. Dans ce cas, il faut appliquer la méthode mixte avec pose préalable de compresses d'eau pour obtenir bons résultats.

Depuis notre travail (en 2010) de nouvelles machines plus performantes et plus adaptées aux travaux de restauration délicats sont disponibles sur le marché comme le laser EOS Combo de la société EL.EN (Electronic Engineering). Depuis quelques temps, le C2RMF s'est équipé de cet appareil et il a fait l'objet d'études du LRMH en collaboration avec Olivier Rolland.

Ce laser combine 2 machines : d'où le nom "Combo"

- 1 laser fonctionnant en mode LQS (Long Q-Switch) proche du mode QS des lasers de nettoyage standard utilisés, avec une durée d'impulsion encore plus courte de 100 nanosecondes et une énergie variant de 150 à 450 mJ.

- et 1 laser fonctionnant en mode SFR (Short Free Running) avec une durée d'impulsion longue de 30 à 110 microsecondes, dont l'énergie peut atteindre 2000mJ (dans la pratique l'énergie d'impulsion maximum utilisée est de 800mJ, au dessus la machine abaisse la fréquence automatiquement).

Cette technique, développée et utilisée pour le nettoyage de monuments historiques, a souvent été critiquée en raison du fort jaunissement des pierres calcaires après leur nettoyage. Cependant, la technologie des lasers évolue constamment et très rapidement avec des possibilités de réglage de plus en plus fines. Le mode SFR « Short Free Running » du laser EOS Combo est présenté comme limitant les problèmes de jaunissement, ce qui serait confirmé par les études du LMRH.

Cet outil de nettoyage et les résultats qu'il permet d'obtenir doivent être appréhendés de façon comparative à d'autres. L'usage du laser peut parfois présenter, comme ici dans le cas des pâtes à modeler, une bonne alternative. A l'instar d'autres techniques, la façon dont il est utilisé est déterminante.



## Conservation préventive

Il est impératif que les œuvres comportant de la pâte à modeler soient conservées dans un environnement stable sans élévation de température notable. La cire et les matières grasses sont spécialement sensibles aux hautes températures et à leur variation. La température idéale se situe autour de 18-20°C, et il ne faut en aucun cas dépasser 25°C. L'humidité relative doit être constante et doit être proche de 50%.

De plus, les œuvres doivent être absolument protégées de la poussière, car les particules en suspension dans l'air ont tendance à se fixer sur la pâte à modeler. Les particules de pollution peuvent aggraver la dégradation de ce matériau fragile. Ainsi, le stockage dans une armoire fermée, une boîte de conservation ou sous une cloche de film polyester, constitue la meilleure protection.

## Conclusion

Dans cette étude, la composition des différentes pâtes à modeler provenant de 12 sculptures a été déterminée. Deux groupes principaux ont été identifiés. Le groupe 1 est constitué majoritairement d'oléate de zinc, de sulfure natif et charges minérales et le groupe 2 d'un mélange de paraffine et de matière grasse (comme carboxylates) avec une charge (carbonate de calcium). La composition de ces deux groupes 1 et 2 montrent des similarités avec certaines recettes de "plastiline" et "plasticine" décrites dans la littérature historique.

Les différences de compositions des pâtes à modeler génèrent des altérations différentes et spécifiques à savoir essentiellement des retraits de matière pour le groupe 1 et des craquelures, un écaillage et une épaisse croute noire en surface pour le groupe 2.

Grâce à cette étude et à la restauration, ces œuvres de Rodin pourront à nouveau être présentées au public. C'est le cas d'*Hanako*, présentée en ce moment dans l'exposition *Ludwig Van Le Mythe de Beethoven* à la Philharmonie de Paris (14/10/2016 au 29/01/2017).



Fig 16 et 17 *Clemenceau* et *Hanako* après restauration

Cependant, même consolidées, elles restent extrêmement fragiles et doivent être manipulées avec des précautions particulières.

Les analyses et les tests d'atelier ont permis l'élaboration d'un protocole d'intervention pour la restauration des œuvres en plâtre retravaillées à la pâte à modeler. Depuis, un second buste de Clemenceau a pu être restauré (S.01730) en utilisant une méthode similaire. Néanmoins elle ne peut être appliquée de façon systématique, et dans tous les cas, la nature précise de la pâte à modeler devra être identifiée par des analyses en laboratoire avant l'intervention.

Cette étude a porté sur les pâtes à modeler utilisées par Auguste Rodin. Elle pourrait être élargie à d'autres artistes de cette époque mais aussi à des travaux plus récents.

A l'instar de Rodin, Charles Despiau en a fait un usage récurrent sur un nombre significatifs d'œuvres qui montrent des altérations très similaires à celles décrites dans cette étude.

Des plasticiens, comme Jean Gabriel Chauvin et Niki de Saint Phale, ont utilisé la pâte à modeler de façon plus ponctuelle pour concevoir des projets de sculptures, ou encore des architectes comme Dani Karavan pour modeler des maquettes.

La pâte à modeler est également présente dans la production contemporaine pour la confection d'œuvres abouties. Christian Boltanski semble affectionner tout particulièrement ce matériau que l'on retrouve dans une série d'œuvres originales intitulées « Reconstitutions ». Notons enfin que deux œuvres comportant de la pâte à modeler sont nouvellement entrées dans les collections du FRAC Bretagne, « Galilée » de Pierre Labat et « Grand espace inconnu » de Sergo Verastegui.

Certaines de ces œuvres sont en mauvais état de conservation. Elles restent consignées dans des réserves car elles ne sont plus ni transportables ni présentables. Nous espérons que cette étude participera à un intérêt renouvelé pour ces œuvres et leur conservation.

### **Remerciements**

Nous remercions chaleureusement notre mécène, le centre de projet culturel Hankook Ilbo et plus particulièrement son directeur Sounjour Séo, ainsi que le musée Rodin, Catherine Chevillot, directrice du musée, François Blanchetière, conservateur en charge des sculptures, Hélène Marraud assistante de conservation, pour leur précieuse collaboration et soutien.

**Crédit photographique : Fig. 1, 2, 4, 5B, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, H.Bluzat, A Cascio, G Mary. Fig 3, 5A, Musée Rodin (photo Christian Baraja). Fig. 9, C2RMF**

## Références

- Balcar, N., Bluzat, H., Cascio, A., Cotte, M., Langlois, J., Mary, G., Vandenberghe, Y., Analysis and conservation of modern modeling materials found in Auguste Rodin's sculptures, *Studies in conservation*. [http://www.esrf.eu/files/live/sites/www/files/news/general/2016/Rodin%20modelling%20techniques/langlois\\_2016\\_studies\\_conserv.pdf](http://www.esrf.eu/files/live/sites/www/files/news/general/2016/Rodin%20modelling%20techniques/langlois_2016_studies_conserv.pdf)
- Bertrand, L., Cotte, M., Stampanoni, M., Thoury, M., Marone, F. & Schöder, S. 2012. Development and Trends in Synchrotron Studies of Ancient and Historical Materials. *Physics Reports*, 519(2): 51–96.
- Chevreul, M. E. 1823. *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*. Paris: F.G. Levrault.
- Colinart, S., Drilhon, F., Hours, J. & Scherf, G. 1987. *Sculptures en cire de l'ancienne Egypte à l'art abstrait*. Paris: Réunion des Musées Nationaux.
- Cotte, M., Checroun, E., Susini, J. & Walter, P. 2007. Micro-analytical Study of Interactions between Oil and Lead Compounds in Paintings. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 89(4): 841–8.
- Eggert, G. 2006. Plastiline: Another Unsuspected Danger. *Verband der Restauratoren-Beiträge zur Erhaltung von Kunst-und Kulturgut*, 2: 112–6.
- Giesel, F. 1878. Plastilina. *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 11(1): 310.
- Gramtorp, D., Botfeldt, K., Glastrup, J. & Pilkjaer Simonsen, K. 2015. Investigation and Conservation of Anne Marie Carl-Nielsen's Wax Models. *Studies in Conservation*, 60(2):97–106.
- Lambert, D. 2002. *Moulage et fonderie d'art*, Chambéry : ed.Vial.
- Larochette, Y. 2012. Wolbers' World: A Review of a Textile Wet-Cleaning Workshop Held in Oaxaca, Mexico. *WAAC Newsletter*, 34(1): 24–6.
- Moins, P. 2001. *Les Maîtres de la pâte*. Paris: Dreamland.
- Raut, J. S., Naik, V. M., Singhal, S. & Juvekar, V. A. 2008. Soap: The Polymorphic Genie of Hierarchically Structured Soft Condensed-Matter Products. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(17): 6347–53.
- Reau, L. 1930. *Dictionnaire illustré d'art et d'archéologie*. Paris: Larousse.
- Regert, M., Colinart, S., Degrand, L. & Decavallas, O. 2001. Chemical Alteration and Use of Beeswax Through Time: Accelerated Ageing Tests and Analysis of Archaeological Samples from Various Environmental Contexts. *Archaeometry*, 43(4): 549–69.
- Regert, M., Langlois, J., Laval, E., Le Hô, A. S. & Pagès-Camagna, S. 2006. Elucidation of Molecular and Elementary Composition of Organic and Inorganic Substances Involved in 19th Century Wax Sculptures Using an Integrated Analytical Approach. *Analytica Chimica Acta*, 577(1): 140–52.
- Rolfe, M. 1999. *Little Dancer Aged Fourteen: Material Matters*. London: Tate Gallery Publishing Ltd.
- Langlois et al. Analysis and conservation of MMMs found in Auguste Rodin's sculptures, *Studies in Conservation*.
- Rolland, O. 2012. *Essais de nettoyage par laser : sur éprouvettes au LRMH, sur le portail sud de la Cathédrale de Chartres et sur la façade sud de l'Hôtel Gouin à Tours*.
- Rolland, O. 2013. *Rapport n°236G du 10/09/2013. Chartres, Cathédrale Notre-Dame. Essais de nettoyage par laser*.

# Etude historique et scientifique des pâtes à modeler

## La conservation-restauration de deux bustes d'Auguste Rodin

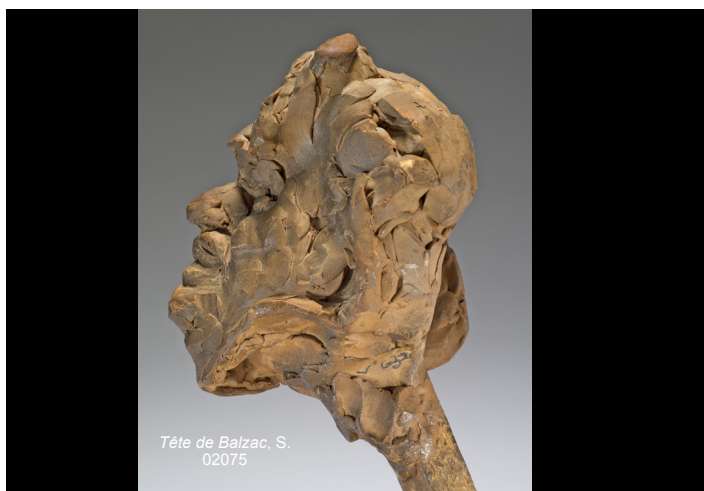
Restaurateurs :  
Hélène Bluzat, Agnès Cascio, Guylaine Mary

Scientifiques :  
Nathalie Balcar, Marine Cotte, Juliette Langlois, Yannick  
Vandenbergh

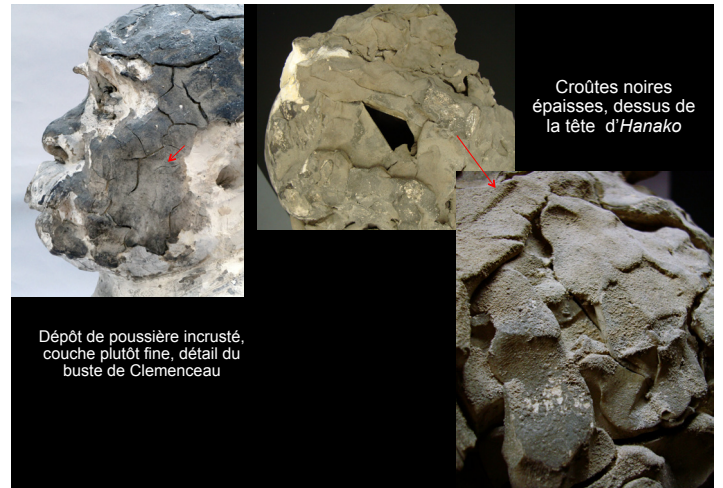


*Hanako*, S.02242  
Avant restauration

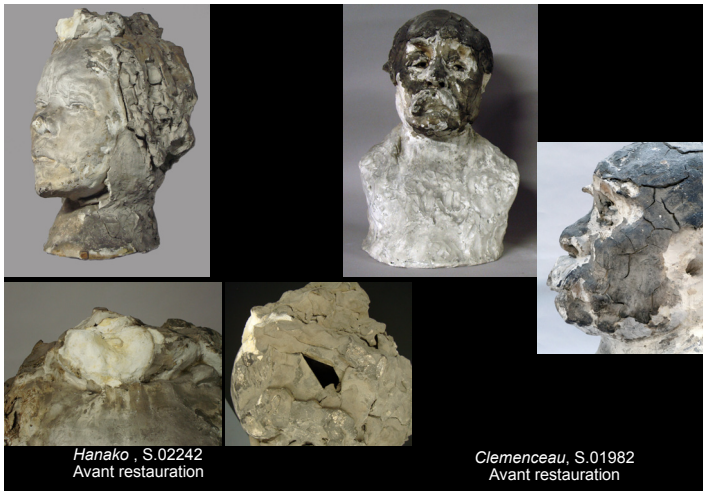
*Clemenceau*, S.01982  
Avant restauration



*Tête de Balzac*, S.  
02075



- Plasticine
  - Plastiline
  - Plastilina
  - Plastaline
  - Plastelline
  - Plasteïne
  - Plastile
- ?



Composition pâte à modeler groupe 1

- matières grasses (animale ou végétale)
- charges minérales (blanc de zinc et soufre)
- contient du soufre en proportion notable

Visible light and electron microscopy of cross-sections of fragments from a sculpture Groupe 1 (S.00265) C2RMF

A) 100µm B) 100µm

A) microscopie en lumière visible B) carte du soufre SEM-EDS



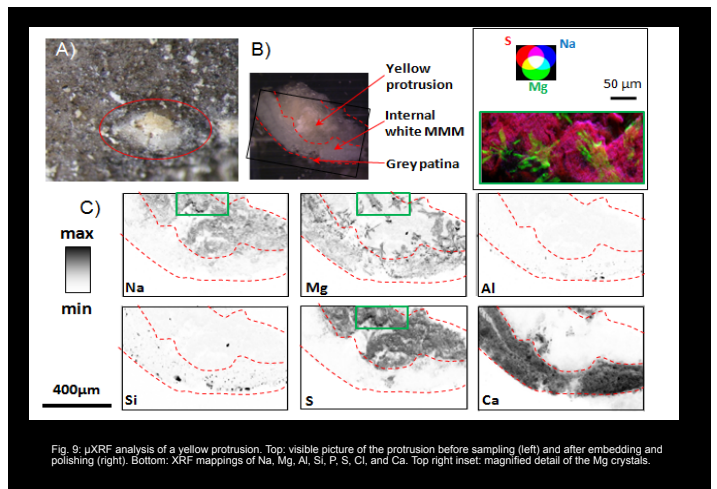
Composition pâte à modeler groupe 2

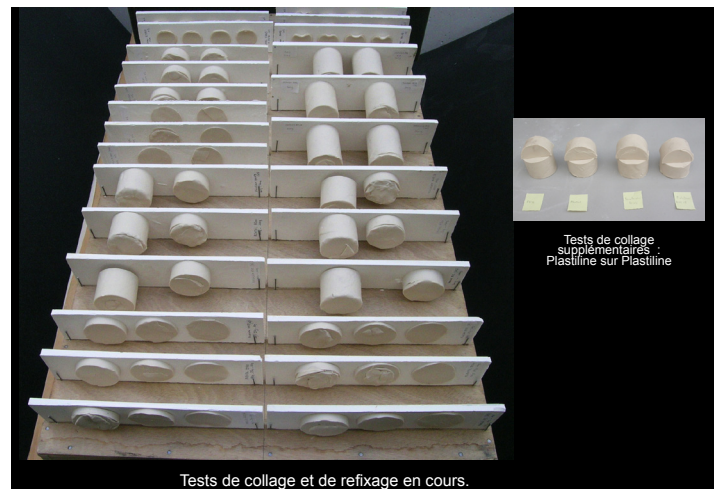
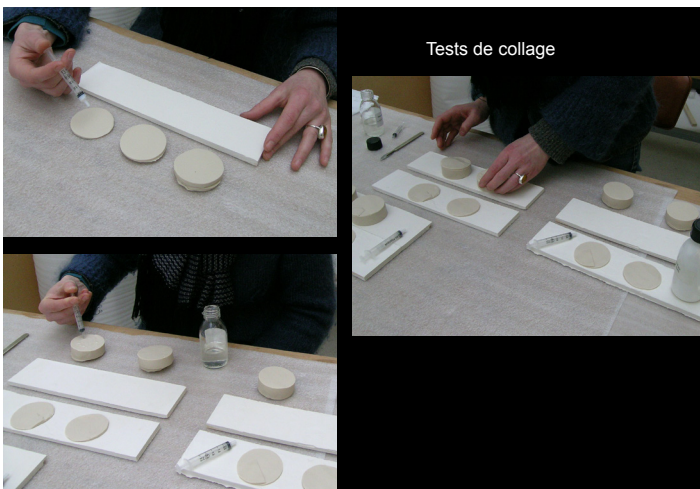
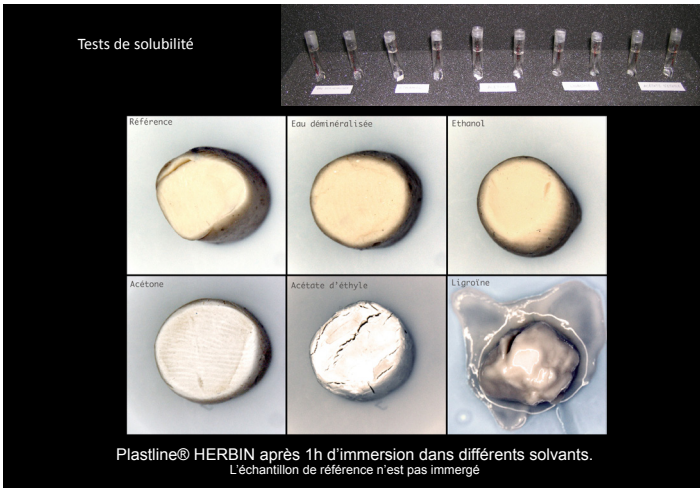
- paraffine
- matière grasse
- carbonate de calcium

Visible light and electron microscopy of cross-sections of fragments from a sculpture Groupe 2 (S.05703) C2RMF

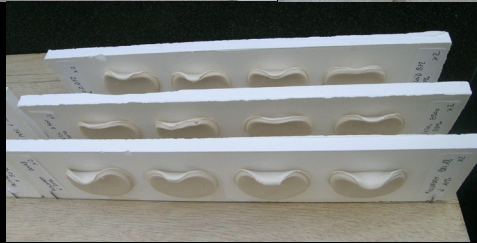
C) 100µm D) 100µm

C) microscopie en lumière visible. D) SEM image en électrons redifusés back-scattered electron image.





Tests de refixage



Collage avec du Plextol B500 d'un fragment de la pâte à modeler  
(Avant / Après)



Refixage des écailles de la pâte à modeler avec du Plextol B500 dilué.  
Très légère pression sur l'écaille après injection de l'adhésif à la seringue



Collage du gros fragment, *Hanako*

Tests de nettoyage : laser et méthodes aqueuses



Test de nettoyage laser :  
- sur un fragment détaché d' *Hanako*  
- et 1<sup>er</sup> carré de nettoyage sur le buste de *Clemenceau*



*Clemenceau* à mi-nettoyage





Détail de la surface après nettoyage  
*Clemenceau*



Traces d'outil visibles après nettoyage



Première étape de nettoyage avec le laser Artlight II



+ VIDEO



Deuxième étape : application de compresses d'eau

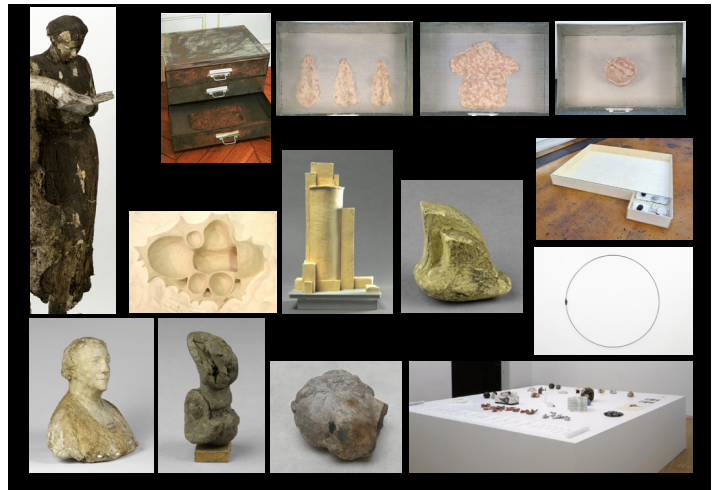
Gros fragment avant nettoyage et après la deuxième étape



Troisième étape en cours :  
Second passage au laser  
ARTLIGHT II



Quatrième étape en cours :  
compresse de déjaunissement





# LAMOA Expertise

Laboratoire d'Analyse des Matériaux et des Objets d'Art  
[www.lamoa.fr](http://www.lamoa.fr)



Microscope électronique à balayage MEB

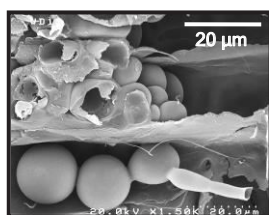
*Etude / Recherche / Conseil :*  
*Patrimoine - Restauration - Conservation -*  
*Marché de l'Art - Authentification - Datation - Fraude -*  
*Avaries des biens mobiliers et immobiliers - Industrie -*

Fruit de 20 ans d'expérience en microanalyse des matériaux du Patrimoine, LAMOA Expertise met son métier et son savoir-faire à votre service :

- ✦ Aide au diagnostic, à la compréhension et/ou à l'intervention (Restauration)
- ✦ Mise en œuvre des techniques et méthodes de l'**Archéométrie**
- ✦ Caractérisation et **Microanalyse des matériaux anciens et modernes** par microscopie électronique et méthodes physico-chimiques
- ✦ Etude de l'impact de l'environnement sur les matériaux, des phénomènes d'**altération** et du **vieillissement**
- ✦ Approche innovante sur l'analyse de la **bioaltération** (micro-organismes)
- ✦ Contribution à l'**authentification** des objets d'art et à l'étude des falsifications



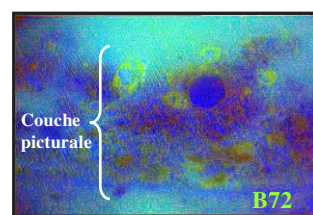
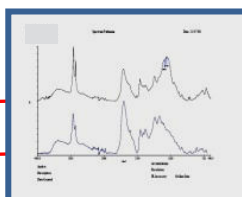
et offre un **service de recherche documentaire spécialisée** dans le Patrimoine Culturel.



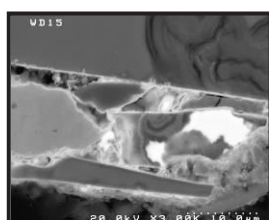
Etude spécifique de la bioaltération et de l'impact des micro-organismes



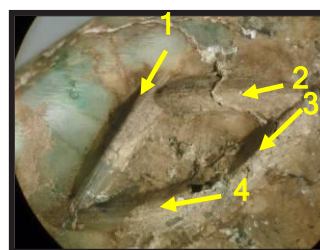
Analyse des liants des couches picturales en stratigraphie par microspectroscopie Infrarouge



Profondeur de pénétration d'un produit consolidant observée en fluorescence UV



Recherche de l'origine de l'altération des vitraux



Authentification des objets d'Art : repérage des zones de restauration par Radiographie X, analyse de la composition des alliages métalliques, étude des traces d'outils sur les sculptures en pierre, etc...

## News :

### Etude des stucs-marbre et faux marbres de la Cathédrale de Chartres :

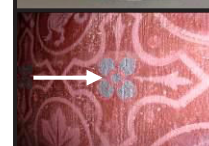
Dans le cadre du programme de restauration du chœur de l'édifice, l'étude menée par LAMOA Expertise a permis de caractériser la nature des éléments constitutifs des stucs du XVIII<sup>e</sup> s. et de déterminer l'origine des phénomènes de blanchiment superficiel observés sur le stuc-marbre « vert antique ».

### Etude des décors polychromes de la Cathédrale de Bordeaux :

Lamoa Expertise a réalisé les premières analyses des décors à la feuille d'aluminium de la Cathédrale de Bordeaux et attiré l'attention sur le caractère singulier de cette technique à une époque pionnière où l'aluminium était considéré comme un métal très précieux (1860-1890), et ainsi contribué à ce que ces décors soient conservés et restaurés.

### 2014 : ouverture d'un nouveau service d'inspection des Collections et réserves sinistrées :

En association avec un restaurateur-conservateur et un microbiologiste, LAMOA Expertise offre une prestation novatrice face aux problèmes de contamination des Collections comportant le diagnostic, les prélèvements (œuvres et locaux), l'identification des espèces parasites (micro-organismes et insectes), et les conseils en traitement et Conservation préventive. Interventions adaptées au cas par cas.



LAMOA Expertise - Marie-Pierre ETCHEVERRY Mail : [contact.lamoa.exp@gmail.com](mailto:contact.lamoa.exp@gmail.com)  
Siret : 530 774 116 00012 - APE : 7120B (TVA non applicable, art. 293B du CGI) - Tél : +33 (0)6 68 90 83 95.



**ALEXANDRE MICHAAN**

Conservateur-restaurateur du  
patrimoine photographique  
et multimédia

[alex.michaan@gmail.com](mailto:alex.michaan@gmail.com)

93200 Saint Denis

## **Le restaurateur face à la matérialité des œuvres sur supports numériques**

### Résumé

Avec l'expansion de la présence de supports numériques dans les collections d'art contemporain, et l'accélération du phénomène d'obsolescence technologique engendré par le constant renouvellement des appareils produits par l'industrie, un nombre grandissant d'œuvres produites dans le domaine du numérique se voit concerné par des enjeux de conservation et de restauration que l'on a pourtant longtemps cru peu pertinents dans le cas de ces œuvres, du fait de leur supposée « immatérialité ». Nous verrons en quoi cette idée d'une absence de matérialité de l'œuvre numérique, toute tenace qu'elle soit, est profondément erronée et masque en réalité une matérialité certes complexe dans ses manifestations mais bien réelle, une matérialité sur laquelle il est possible et nécessaire d'agir pour les restaurateurs et les acteurs de la conservation.

À travers l'étude de plusieurs cas d'œuvres numériques audiovisuelles qualifiables aujourd'hui de technologiquement « obsolètes », nous tenterons de montrer de quelle manière les mécanismes d'altération de ces œuvres et les questionnements déontologiques qu'elles suscitent sont intimement liés à une forme de matérialité tout autant assujettie au passage du temps que celle des œuvres issues de domaines plus traditionnels.

Nous allons nous intéresser ici aux enjeux de conservation d'une famille d'œuvres très particulière à appréhender dans une perspective de restauration du patrimoine : les œuvres numériques. Il sera principalement question des problèmes posés par l'obsolescence technologique dans le domaine des œuvres audiovisuelles numériques, en particulier à travers une étude réalisée en 2014 pour notre mémoire de fin d'études de l'INP, consacrée à la conservation-restauration de trois œuvres vidéo datant de 2000 et acquises sur support DVD-Vidéo par le Musée d'Art moderne de la Ville de Paris en 2001.

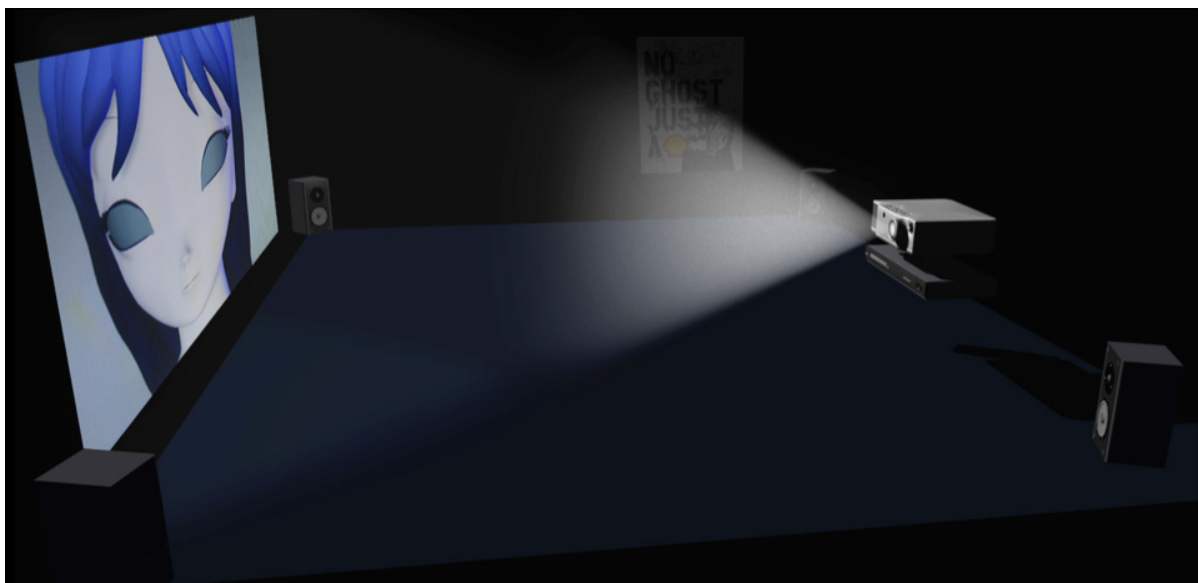
## Œuvres à composante technologique et obsolescence

Depuis la fin des années 1990, les enjeux liés à l'obsolescence technologique ont été de plus en plus abordés dans la conservation de l'art contemporain. Ce phénomène, engendré par le développement permanent de nouveaux produits de l'industrie venant se substituer aux précédents, constitue aujourd'hui la problématique centrale de la conservation d'œuvres ayant été, depuis leur naissance, totalement dépendantes d'appareils issus de l'industrie. En effet, au même titre que le sont les œuvres audiovisuelles en général, toute œuvre numérique est entièrement tributaire d'un dispositif technique – dispositif sans lequel le spectateur ne peut faire l'expérience de l'œuvre. Ces œuvres étant en cela, de leur création à la manière dont elles se manifestent au public, des œuvres « à composante technologique », leur existence dans les collections comme dans les espaces d'exposition est bien souvent rapidement menacée par la disparition progressive de l'ensemble des éléments qui les constitue telles qu'elles existent au moment de leur création, à commencer par leur support primaire ou *natif*, toujours soumis au phénomène d'obsolescence. Toute réflexion sur la conservation de ces corpus d'œuvres prend donc comme point de départ le fait que chacun des éléments constituant les dispositifs nécessaires à leur « activation » est ainsi condamné, à une échelle temporelle plus ou moins grande, à devenir irremplaçable après l'arrêt de sa production par l'industrie dont il est issu.



Les œuvres à composante technologique sont entièrement tributaires d'un dispositif d'ensemble ancré à une certaine période : ici, une œuvre logicielle interactive sur CD-ROM de la fin des années 1990 avec un dispositif de visionnage et d'accès contemporain de l'œuvre, un iMac G3.

De plus, ce constat introductif ne peut guère être allégé par l'évolution actuelle du marché des innovations informatiques et audiovisuelles, en constante accélération depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle, occasionnant ainsi l'apparition à un rythme quasi annuel de nouvelles technologies de diffusion de l'image numérique et d'interaction avec cette dernière. Sur le modèle du domaine de la vidéo, passée depuis les années 1960 par un nombre conséquent d'étapes d'existence matérielle<sup>1</sup>, le domaine des œuvres numériques, dans lequel s'inscrit d'ailleurs aujourd'hui la vidéo d'un point de vue technique, a traversé bien des modes d'existence physique en quatre décennies d'expansion. Cette insaisissabilité de la dimension purement physique, de la « matière » de l'œuvre, est bien certainement ce qui a tant posé problème dans le développement d'une réflexion portant sur la restauration – dans une perspective déontologique liée à la restauration patrimoniale traditionnelle – de ce type d'œuvres. Celles-ci sont en effet trop souvent comprises comme des ensembles d'informations détachées de la technique et réadaptables librement aux nouveaux dispositifs disponibles sur le marché à mesure de l'évolution des technologies informatiques et audiovisuelles, « immatérielles », conservables par le simple fait d'en assumer la migration régulière sur de nouveaux supports. Nous essaierons ici d'aborder en quoi ce raisonnement interdit la conservation raisonnée et globale de ces œuvres, toutes nécessaires que doivent être parfois les migrations et les réactualisations, en montrant par l'étude de cas archétypaux que « contenu numérique » ne signifie en rien indépendance d'un dispositif technique particulier ancré dans une époque particulière.



Un autre exemple d'œuvres liées à un dispositif matériel d'activation particulier : les œuvres vidéo. Ici, reconstitution 3D illustrative du dispositif de diffusion des œuvres vidéo de *No Ghost Just a Shell* en 2001 : projection numérique depuis un lecteur DVD et spatialisation du son.

---

<sup>1</sup> Des supports de stockage d'information sur bandes magnétiques à des générations successives de supports de stockage numériques (comme les disques optiques) de capacité toujours plus grande et autorisant une définition d'image toujours plus étendue, du laser Disc au DVD, puis aux disques Blu-ray, eux-mêmes supplantés peu à peu par les systèmes de stockage sur disque dur au sein d'ordinateurs ou de serveurs, serveurs à présent de plus en plus démultipliés comme autant de supports de « fragments » d'une information segmentée et pluri localisée avec les systèmes de réseaux et de clouds, etc.



Un problème constamment présent dans l'approche de ces œuvres est celui de la confusion parfois provoquée par une œuvre en état de « fonctionnement apparent » – autrement dit, semblant être bel et bien activée, et donc pouvant induire en erreur quant à la fiabilité de son aspect et de son comportement vis à vis du spectateur. Car savoir, de prime abord, si une œuvre numérique est correctement montrée ou non, si elle répond aux mêmes exigences esthétiques et comportementales que celles pour lesquelles elle a été pensée – en somme, si l'expérience que l'on en fait est, en quelque sorte, « fiable » – simplement en jugeant de son aptitude à s'afficher ou non, à s'allumer ou à s'éteindre, à autoriser une interaction ou non, est le plus souvent impossible. Ainsi, même lorsque le phénomène d'obsolescence technologique n'implique pas nécessairement une perte totale de l'accès à une œuvre numérique, il n'en a pas moins un impact inéluctable sur la diffusion de cette œuvre, puisqu'en lui imposant de migrer de support en support, il influe sur elle en tout point – non seulement sur sa matérialité mais aussi sur son esthétique, et entraîne, on va le voir, un risque de profondes transformations.

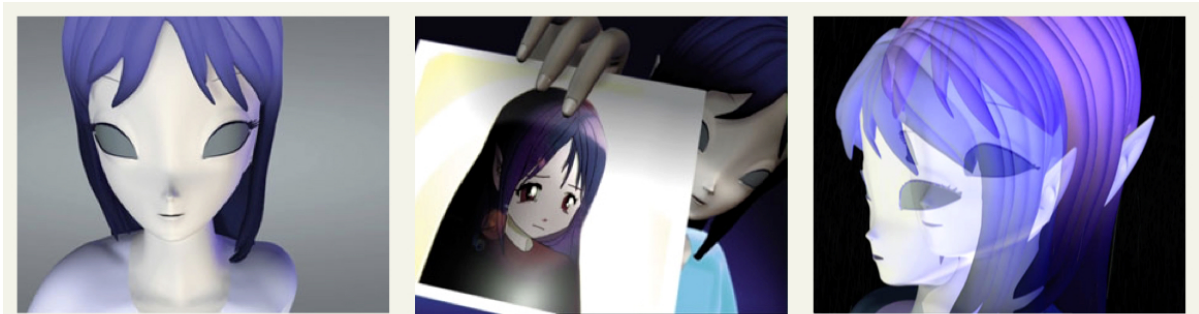
### **L'exemple des œuvres de *No Ghost Just a Shell***

Venons-en au cas, très emblématique de nombreux enjeux de conservation d'œuvres audiovisuelles numériques, des œuvres du projet artistique *No Ghost Just a Shell* acquises par le Musée d'Art moderne de la Ville de Paris en 2001 que nous avons eu l'opportunité d'étudier et de restaurer, sous la direction de Cécile Dazord du pôle art contemporain et obsolescence technologique du C2RMF, pour le projet de diplôme de l'INP en 2014.

Pour résumer brièvement ce projet très vaste et très complexe dans ses multiples manifestations, il s'agit d'une initiative amorcée en 1999 par les artistes Philippe Parreno et Pierre Huyghe qui décident d'acquérir, auprès d'une société japonaise, les droits d'exploitation d'un personnage préconçu, initialement fait pour être vendu sous la forme d'une « fiche de personnage » à l'industrie du manga. Ce personnage, Ann Lee, est alors pensé comme une « coquille vide » (le « *shell* ») dont les deux artistes proposent de céder les droits à un certain nombre d'autres artistes désirant participer au projet, en venant investir cette coquille d'un imaginaire, de personnalités successives ; Ann Lee est donc perçue comme un support de narration, de fiction, et flirte ainsi avec le thème de l'intelligence artificielle.

Les trois œuvres vidéo étudiées, conçues pour être installées en projection et constituées intégralement d'images de synthèse, *Two Minutes Out of Time* de Pierre Huyghe, *Anywhere Out of the World* de Philippe Parreno et *AnnLee in Anzen Zone* de Dominique Gonzalez-Foerster, mettent en scène le même personnage animé en trois dimensions, sur une durée de 3 à 4 minutes chacune. Datant d'il y a 15 ans, elles avaient été produites – puis acquises par le musée – sous la forme de DVD-Vidéo, dans un contexte historique de grande popularité du support DVD, favorisant son usage par les artistes aussi bien que par les institutions diverses comme outil de diffusion, alors promis hypothétiquement à un bel avenir au début des années 2000. Pourtant les caractéristiques conservatoires peu adaptées et peu viables sur le long terme de la famille de supports auquel le DVD appartient – les disques optiques – étaient déjà connues et étudiées à l'époque. Cependant, comme il en résulte souvent d'un processus de production d'œuvre audiovisuelle pensé en amont avant tout dans

une perspective de diffusion davantage que de conservation, ce sont précisément ces « manifestations physiques » des œuvres qui ont alors intégré les collections en 2001, et ces DVD sont aujourd'hui les seules formes des œuvres que le musée possède. Or, il devient peu à peu impossible à l'institution acquéreuse, du fait des caractéristiques techniques à présent trop anciennes de ces supports, d'envisager en l'état une réinstallation en projection sur des appareils actuels<sup>2</sup> sans courir le risque d'altérer plus ou moins gravement l'aspect des vidéos.



Images extraites des trois œuvres vidéo étudiées du Musée d'Art moderne de la Ville de Paris : de gauche à droite, *Two Minutes Out of Time* de Pierre Huyghe, *Anywhere Out of the World* de Philippe Parreno, et *AnnLee in Anzen Zone* de Dominique Gonzalez-Foerster.

Puisqu'il devient crucial, 15 ans après leur création, de pouvoir présenter ces œuvres sur de nouveaux appareils, dans l'impossibilité croissante d'entretenir les anciens tombant inévitablement en panne et dont les pièces elles-mêmes ne sont peu à peu plus fabriquées ni vendues, il s'agit donc de travailler à leur *réadaptation* – de guider, en quelque sorte, leur transposition sur des appareils d'aujourd'hui, afin que cette migration technologique s'inscrive dans un respect assuré et vérifié de la cohérence historique et visuelle de l'œuvre.

Un premier élément intéressant à retenir de ce cas d'étude est certainement celui de la trajectoire d'un support voué à la diffusion uniquement, tel que le DVD, jusqu'au sein d'une collection patrimoniale dans laquelle il sera considéré comme le support source, le support maître ou « master »<sup>3</sup>, du fait de l'inexistence d'un autre support de sauvegarde pour ces mêmes œuvres (que l'on imaginerait bien entendu plus stable, plus étudié pour le long terme). Au-delà des questions liées aux politiques d'acquisition et au regard technique à porter durant cette étape cruciale de patrimonialisation de l'œuvre, cela renseigne surtout sur l'ambiguïté même de l'importance d'un support physique particulier lorsqu'il s'agit de produire, diffuser, acquérir et archiver une œuvre numérique. En effet, il s'avère que, en approfondissant l'étude historique du projet artistique qui avait donné naissance à ces trois œuvres, certains facteurs explicatifs au support unique DVD-Vidéo sont liés aux instructions des artistes eux-mêmes, ainsi que dans une certaine mesure, au projet d'ensemble dans sa dimension technique « innovante » en 2000. Au moment de la gestation de ces œuvres, le DVD-Vidéo est fraîchement disponible sur le marché des particuliers<sup>4</sup> et est l'un des premiers supports de diffusion permettant la

<sup>2</sup> C'est à dire, des dispositifs de lecture et surtout, d'affichage : en l'occurrence, les projecteurs.

<sup>3</sup> Sur le modèle des catégories générales de copie des œuvres dans l'audiovisuel.

<sup>4</sup> Commercialisation à partir de 1997.

spatialisation du son sur canaux multiples. Compte-tenu du propos d'ensemble du projet très lié à une certaine fascination des trois artistes pour la science-fiction, le DVD-Vidéo est de fait un choix tout à fait explicable historiquement pour sa dimension pionnière : c'est alors purement être dans l'innovation que de travailler avec le support DVD-Vidéo en 2000. L'un des premiers constats de cette étude fut donc que la compréhension précise de la trajectoire qu'avaient connue ces œuvres, de leur parcours historique et matériel, de leurs différentes « formes », était un préalable indispensable.

Mais, élément certainement plus remarquable encore dans une perspective de sensibilisation à la portée des enjeux de conservation introduits par le numérique, le support DVD, dans ce cas de figure, ne se limitait pas à avoir une importance historique en tant qu'objet physique témoin d'un certain état de popularité de tel ou tel support ou de telle ou telle technologie – importance que l'on pourrait, ainsi décrite, penser comme « documentaire » avant tout –, il avait également une importance majeure à un niveau plus délicat à saisir : celui de son influence sur le contenu lui-même des œuvres, sur l'information numérique – autrement dit, sur les séquences d'images – par le biais du formatage. Attardons nous quelque peu sur cette notion ici.

Pour revenir sur les bases de l'approche d'une information numérique, il est nécessaire dans la compréhension de tout sujet d'étude s'inscrivant dans le régime du numérique de toujours penser selon la distinction première entre un contenu (l'information enregistrée, soit la séquence vidéo ou audio, le programme interactif, le diaporama, etc.) et un contenant (le support sur lequel est inscrite cette information). On peut généralement considérer que le contenu est donc l'élément non physique, soit une certaine quantité d'informations, d'images ou de sons, et que le contenant est l'élément physique. Mais il est indispensable d'envisager ces deux entités comme intimement liées, par le biais de ce que l'on désigne communément comme le formatage de l'information – le fait de structurer, coder, le contenu d'une manière directement induite par le contenant auquel il est destiné.

Dans le cas des œuvres du Musée d'Art moderne de la Ville de Paris, il était donc primordial de comprendre que ce qui déterminait le résultat final à étudier en particulier était donc le formatage des fichiers audiovisuels à un certain standard, une certaine norme de codage de l'information ; c'est donc sur cet élément que nous nous sommes focalisés, davantage que sur les supports physiques eux-mêmes.

Ici survient un autre élément crucial pour la suite de nos préoccupations : malheureusement pour l'ensemble de la création numérique, les risques liés à l'obsolescence sont loin de se limiter aux dispositifs physiques à proprement parler, mais concernent aussi les fichiers eux-mêmes, précisément du fait de l'influence directe des appareils et des supports physiques sur la structure et la lisibilité du contenu, que nous venons d'évoquer.

### **Fichiers numériques et obsolescence des formats**

S'il s'avère, ainsi, que tout fichier numérique est lui-même sujet à l'obsolescence, c'est d'une part dû à sa condition principale d'existence dans la possibilité d'être

*interprété* par des dispositifs techniques. Rappelons-le, ces fichiers sont avant tout une succession de 0 et de 1 traduits par la présence ou l'absence de courant électrique traversant les circuits des appareils conçus pour les lire. Autrement dit, ces fichiers n'existent qu'en tant que signal transmis ou stocké via un certain appareillage électronique, et sont donc entièrement tributaires de ces appareils à tous les niveaux de leur existence.

D'autre part, il se trouve qu'ils possèdent des caractéristiques techniques spécifiques d'une époque donnée, devenant ainsi, après leur patrimonialisation en tant qu'œuvres d'art, autant de témoins des possibilités techniques de cette même époque, mais aussi, s'avérant en cela être « verrouillés » à ces caractéristiques peu à peu obsolètes.

Pour expliquer davantage ce point, lors du codage, les séquences numériques de 0 et de 1 peuvent être effectuées et organisées de différentes manières pour traduire une même information, ce qui définit le format du fichier. Dans le cas de *No Ghost Just a Shell*, le format des séquences, du fait du choix du support DVD-Vidéo, répond à la norme MPEG, une norme (ou standard) d'encodage des données vidéo définie par le consortium d'experts Moving Picture Experts Group, et plus particulièrement à la norme MPEG-2, largement utilisée pendant dix ans après 1995 pour la diffusion télévisuelle numérique et le DVD, et depuis peu à peu supplantée par le MPEG-4. Elle ouvre notamment la voie à l'utilisation du son multicanal spatialisé en 5.1, dont les œuvres font usage.

Or, parmi les spécificités du formatage MPEG-2 pour DVD, figurent des éléments dont l'impact est crucial sur l'aspect visuel général des images numériques amenées à constituer l'œuvre, comme une certaine dimension d'image en pixels (ou définition)<sup>5</sup>, un certain débit de données (ou quantité de données enregistrées par unité de temps), et un certain type de compression (manière de réduire la quantité de données à enregistrer) – qui est d'ailleurs l'une des principales raisons pour lesquelles une séquence vidéo enregistrée sur DVD ne peut répondre à des exigences de conservation de l'audiovisuel communément admises aujourd'hui, cette compression étant bien trop importante et visible dans sa façon d'altérer les images de chaque séquence.

---

<sup>5</sup> Dans le cas du standard européen, 576 x 720 pixels.



Rendu visuel de l'image en projection sur le matériel de projection de 2001 (projecteur basse définition), documenté par prise de vue photographique : les points d'affichage de la matrice du projecteur, à l'époque, sont encore très visibles comme des points distincts. Cet aspect spécifique au dispositif de 2001 aujourd'hui obsolète ne peut dorénavant plus être obtenu.

Cela étant, d'un point de vue historique et dans la situation qui était celle des œuvres de *No Ghost Just a Shell*, il était également intéressant de souligner que le type de compression d'image, par exemple, par son influence directe sur l'aspect de l'image, témoigne ainsi d'un certain état technologique de l'œuvre à un moment donné, et peut de ce point de vue être regardé dans certains cas comme un artefact d'origine, une « patine » de l'image numérique. En effet, la compression des séquences vidéo MPEG est basée sur une division de l'image en blocs de pixels (macroblochs), dont résultent des blocs en mouvement directement identifiables comme des artefacts de compression d'image, et occasionne par conséquent un aspect d'image caractéristique, au travers de ces artefacts plus ou moins visibles.

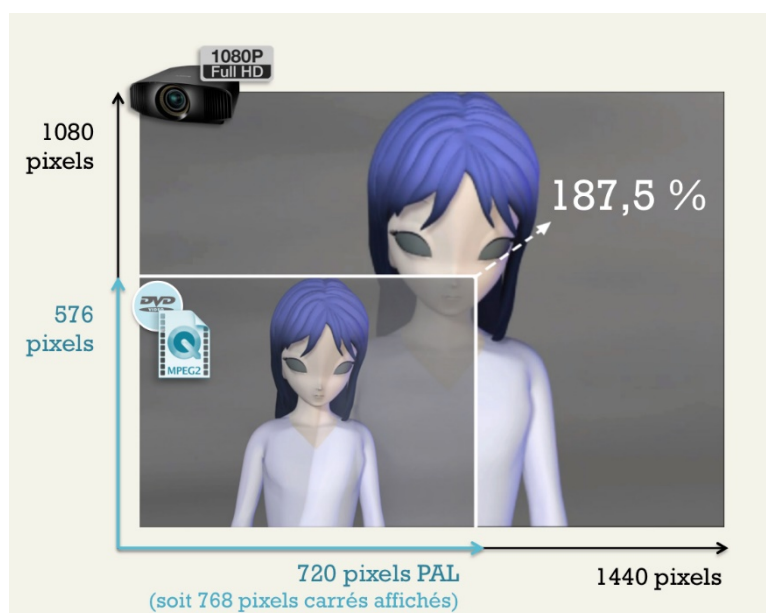
### **Chaînes d'appareils et cohérence technologique**

Si ces éléments sont primordiaux dans le cadre d'une approche de conservation, c'est donc parce qu'un fichier ne peut être indépendant, on l'a vu, d'un certain type de matériel qui permet sa lecture et son visionnage, et qu'il est lié dans ses spécificités techniques à ce matériel, dont les appareils sont conçus pour certains standards de diffusion et définitions d'affichage en accord avec leur époque. Autrement dit, l'expérience faite de toute œuvre numérique est systématiquement conditionnée par la reconstruction d'une information, d'une manière spécifique, son « interprétation », en somme, fournie par un type d'appareil particulier ou s'inscrivant dans une temporalité particulière.

Lorsque cette cohérence temporelle et technique est brisée, en utilisant par exemple un équipement de diffusion actuel conçu pour d'autres formats ou d'autres définitions d'image, bien qu'une certaine compatibilité existe, une « réadaptation » automatique des images est nécessaire à son affichage sur le dispositif final. Ce traitement de l'image se fait donc, en interne, au sein des appareils de lecture ou d'affichage, la plupart étant aujourd'hui munis de mini ordinateurs permettant des calculs complexes, y compris moniteurs et projecteurs. Le plus courant de ces traitements automatisés, sur lequel s'est focalisé l'étude de 2014, est l'*upscaling* des images, ou traitement d'échelle, également appelé interpolation ascendante des images – qui

consiste à étendre la définition des images du fichier lu afin de les adapter à la surface d'affichage finale, en calculant grâce à des algorithmes d'interpolation les pixels intermédiaires manquants.

Dans notre cas, les trois séquences vidéo étaient ainsi liées à un équipement de lecture des années 2000-2001, utilisé par le musée lors de leur première présentation au public, et devant aujourd'hui, afin de pouvoir à nouveau présenter les œuvres en salle, être remplacés par un équipement actuel, à savoir, le plus communément, un ordinateur servant de lecteur, ou encore un boîtier de diffusion vidéo (lecteur de données audiovisuelles sur carte mémoire de petite taille), connectés par un câble HDMI à un projecteur haute définition. Or, là où l'équipement de 2002 constituait avec les séquences vidéo d'origine une chaîne *technologiquement cohérente*, ces appareils ayant été conçus pour lire et afficher des définitions d'images de l'ordre de 720 x 576 pixels ou 800 par 600 pixels, les appareils nécessaires à utiliser actuellement constituent quant à eux une chaîne *incohérente* avec les séquences, puisque tout, de la matrice d'image du vidéoprojecteur jusqu'à la connectique HDMI elle-même, y est prévu pour une image de 1080 lignes de pixels de haut (au standard HD).



Le mécanisme de l'upscaling : illustration de l'augmentation considérable de la définition d'image entre la définition d'origine des images et la HD aujourd'hui en vigueur.

Cette problématique, très large, concerne en réalité bien davantage que les séquences vidéo au format guetté par l'obsolescence. Dans la mesure où l'ensemble des œuvres numériques faisant usage d'images sont contraintes par les définitions standards de leur époque de production, sur le principe des exemples fournis par les trois œuvres du Musée d'Art moderne de la Ville de Paris, ces œuvres posent systématiquement le problème, au moment de leur présentation en salle aujourd'hui, de la fiabilité visuelle de leur aspect sur des dispositifs d'aujourd'hui – a fortiori lorsqu'un soin particulier n'a pas été porté à comparer, au préalable, leur aspect avec celui restitué par un dispositif de référence datant de la même époque que l'œuvre et cohérente avec elle.

Un ensemble d'œuvres problématique à cet égard est celui des œuvres interactives conçues pour CD-ROM durant les années 1990, dont l'esthétique même pourrait être bien souvent regardée comme un reflet direct des contraintes visuelles issues de la technique de l'époque, et tout particulièrement des définitions spécifiques des moniteurs informatiques<sup>6</sup>, invitant les artistes à une créativité particulière afin de s'accommoder d'une pixellisation alors très visible de l'image. Outre même les questions de fiabilité de l'interactivité avec le spectateur, bien heureusement souvent quant à elles solubles, que faire aujourd'hui, en l'absence de possibilité de présenter ces œuvres sur les dispositifs informatiques originaux (souvent en panne et progressivement irremplaçables), pour conserver le respect d'une cohérence entre l'historicité de l'œuvre, son esthétique, et l'aspect visuel des images qui y sont données à voir ?

A titre indicatif, lors de leur diffusion sur une chaîne matérielle de diffusion actuelle et de leur affichage par un projecteur HD, les images des séquences d'origine des trois œuvres de *No Ghost Just a Shell* sont agrandies à 187 % de la taille pour laquelle elles ont été générées, soit 3,5 fois la quantité de pixels censée les constituer. Les trois quarts de l'information affichée sont donc purement « recrées » en direct par les appareils de diffusion dans ce type de situation, pourtant très courante dans les modes de présentation de pièces numériques en espace d'exposition. L'image qui résulte de ce processus, et dont nous sommes alors spectateur en faisant l'expérience de l'œuvre renouvelée technologiquement, est loin d'être entièrement issue de l'information originale : elle est le fruit d'une interpolation mathématique permettant de créer des nouvelles valeurs de pixels intermédiaires. Elle est, encore une fois, davantage une interprétation qu'une reconstitution.

### **Quelle marge d'action possible pour éviter ces risques d'altérations lors de migrations technologiques aujourd'hui ?**

Le traitement que nous avons réalisé dans le cadre du projet, afin de permettre une réinstallation en projection aujourd'hui tout en conservant au maximum la fidélité du rendu à l'aspect qu'avaient les projections à l'origine, consistait donc principalement à maîtriser et à opérer manuellement l'*upscaling* ainsi que les divers réglages nécessaires à la migration des séquences vers des appareils actuels, pour laisser le moins possible de marge d'action automatisée aux appareils de la chaîne de diffusion. En d'autres termes, il s'agissait de reconstituer une cohérence des spécificités techniques avec les lecteurs et projecteurs actuels d'usage pour le moment à l'abri du risque d'obsolescence (soit le matériel de diffusion adapté à la haute définition : projecteurs Full-HD, etc.). On peut pour cela générer de nouveaux fichiers vidéo de diffusion à partir des séquences d'origine, en choisissant soi-même le type d'interpolation et en contrôlant au cours du processus que cela n'occasionne pas d'effets parasites et de déformation, pour respecter, ainsi, une certaine fidélité au rendu visuel qu'avaient les images sur leur équipement de diffusion du début des années 2000.

---

<sup>6</sup> Le plus souvent 480 x 640 pixels.



**upscaling  
automatique**



**upscaling contrôlé  
(nouveau fichier)**

Détail extrait d'une image de *Two Minutes Out of Time* avant et après le "traitement" du fichier vidéo : à droite, les artefacts de crénelage non originels et entraînés par la réadaptation automatique des images lors d'une projection en HD non adaptée, sont minimisés par le traitement, tout en conservant une pixellisation visible afin de ne pas porter atteinte à l'historicité technique de l'œuvre.

Cependant, bien que nous ayons pu constater durant ce travail que ce type de traitements minimise, comme espéré, considérablement les risques induits par ces migrations technologiques, cela n'en reste pas moins une opération nécessaire à répéter à chaque renouvellement de génération d'appareils et de standards, et donc, l'accompagnement d'une migration technologique perpétuelle. Cette nécessité d'accompagner les œuvres audiovisuelles au rythme des renouvellements technologiques nous montre que la préoccupation d'une certaine matérialité est constante face à ce type d'œuvres : une matérialité qui vient du lien indispensable à envisager avec l'équipement de diffusion et les supports de telles œuvres.

### **Une matérialité ré-envisagée**

Qu'il s'agisse d'œuvres numériques audiovisuelles comme l'exemple des œuvres de *No Ghost Just a Shell* que nous avons abordé en détail, ou d'œuvres numériques logicielles interactives comme les œuvres sur CD-ROM ou les œuvres conçues en réseau, les problématiques générales que nous avons tenté d'explicitier au fil de cette intervention restent toujours valables et montrent la même donnée constante : il n'est pas d'œuvre nativement numérique qui ne soit résumable à son supposé « contenu », et il n'est pas de contenu compréhensible comme une entité détachable ou possiblement indépendante de certains dispositifs particuliers. Ces dispositifs étant toujours marqués par la temporalité de la technique, cette historicité<sup>7</sup> s'étend, par l'intermédiaire des appareils de lecture (lecteurs, ordinateurs), d'affichage (moniteurs, projecteurs) ou des périphériques d'interaction (souris, claviers, manettes), à l'ensemble de l'œuvre. Elle se doit d'être préservée autant que possible dans une perspective patrimoniale, par le biais d'une documentation visuelle et technique poussée, ainsi que d'un soin particulier apporté au contrôle de chaque

---

<sup>7</sup> Traduite par des caractéristiques particulières, que ce soit des caractéristiques d'image dans les cas que nous avons détaillés aujourd'hui avec la vidéo numérique, ou de comportement interactif dans d'autres.



réadaptation du dispositif en procédant par comparaison avec les précédents modes d'existence technologiques de l'œuvre.

Cette historicité, c'est bien celle d'une « matière », elle porte bien sur une dimension « physique », et pour cause : tant du point de vue conservatoire qu'artistique, une œuvre numérique n'est en rien à considérer comme « immatérielle ». Il paraît fondamental, pour le professionnel du patrimoine confronté à ce type d'œuvres aujourd'hui, d'envisager les choses en termes de chaînes technologiques *cohérentes* ou *incohérentes*, *homogènes* – dans leurs spécificités techniques – ou *hétérogènes*. La supposée « dématérialisation » souvent comprise comme corollaire du numérique, est en réalité, à bien des égards, davantage un déplacement de la matérialité des œuvres qu'une élimination de cette dernière.

Mais ce déplacement du degré de matérialité des œuvres n'ôte rien à la nécessité de les traiter dans la matérialité qui leur est propre, une matérialité démultipliée et poussant les professionnels du patrimoine à ne plus penser ces œuvres comme des objets singuliers, mais à les envisager – au-delà même de leur caractère multiple hérité de la photographie et après elle, des techniques de l'image animée en général – en tant que qu'*ensembles*, en tant que chaînes matérielles, dont les fichiers ne sont qu'un maillon. La matérialité y est donc toujours bien présente ; seulement, survient un éclatement des éléments matériels exerçant une influence sur l'œuvre telle que le spectateur en fait l'expérience, un éclatement des maillons de la matérialité. Et ce sont certainement ces maillons qu'il nous faut à présent analyser, traiter, recomposer pour saisir ces œuvres dans toute leur richesse, souvent bien plus physique qu'il n'y paraît.





## LA FONDATION DU PATRIMOINE A VINGT ANS !

Depuis sa création par une loi du 2 juillet 1996, suivie d'un décret la reconnaissant d'utilité publique, la Fondation du patrimoine œuvre pour la **sauvegarde** et la **mise en valeur** du patrimoine, plus particulièrement non protégé par l'Etat, répondant ainsi à trois enjeux complémentaires :

- . **Un enjeu culturel** en contribuant à la transmission aux générations futures du riche legs de leurs prédécesseurs, permettant aux citoyens de ne pas se couper de leurs racines ;
- . **Un enjeu économique essentiel** car derrière chaque projet soutenu se trouvent un chantier et des emplois directs et indirects ; la préservation et la valorisation du patrimoine contribuent également à l'attractivité des territoires, notamment sur les plans touristique et culturel, leur permettant ainsi de devenir un important vecteur de développement local ;
- . **Des enjeux sociaux importants**, la sauvegarde du patrimoine assurant la transmission des savoir-faire et des techniques traditionnelles du bâti ancien tels que taille de pierre et torchis, et mettant en oeuvre de nombreuses formations à des métiers qui redeviennent d'avenir. Enfin, des chantiers d'insertion ou de réinsertion sociale et professionnelle s'adressent avec succès à des publics défavorisés.

### Les principaux moyens d'action de la Fondation du patrimoine sont :

#### LE LABEL

Notre Fondation est le seul organisme privé habilité par le Ministère de l'Economie et des Finances à octroyer un **label** à la restauration d'un immeuble non protégé au titre des monuments historiques, mais présentant un réel intérêt patrimonial. Ce label peut permettre sous certaines conditions aux **propriétaires privés** de bénéficier de déductions fiscales incitatives pour des travaux extérieurs réalisés sur des édifices visibles de la voie publique.



#### LA SOUSCRIPTION PUBLIQUE

La Fondation du patrimoine peut également accorder son soutien à des projets de **sauvegarde du patrimoine public ou associatif**, en participant à leur financement par le biais de souscriptions. À ce titre, reconnue d'utilité publique, elle peut recueillir des dons affectés à la réalisation d'un projet déterminé. Sous certaines conditions, elle abonde sur ses ressources propres le produit de la souscription.

#### LA MOBILISATION DU MECENAT D'ENTREPRISE

Dans le cadre d'accords de partenariat conclus avec des entreprises à l'échelon national ou local, la Fondation du patrimoine suscite le mécénat en faveur de projets de sauvegarde et de valorisation du patrimoine de proximité.

Un club de Mécènes du patrimoine en Bretagne a également été créé cette année, en partenariat avec la Région Bretagne, et regroupe 11 entreprises bretonnes soucieuses de la préservation du patrimoine de notre région.

Pour en savoir plus : <https://www.fondation-patrimoine.org>



**CLAIRE BRIÈRE**

Conservation-restauration  
du patrimoine sculpté  
Atelier Curial  
[briereclaire@hotmail.fr](mailto:briereclaire@hotmail.fr)  
75019 Paris

**La Sphinge dite « au parapluie », sculpture d'extérieur en béton armé. Recherche sur le contrôle de la corrosion des armatures métalliques par protection cathodique avec anodes sacrificielles**

Résumé

La Sphinge dite « au parapluie » est une épreuve creuse en béton de chaux armé. Conservée dans la cour de l'hôtel particulier de Lamarck à Paris, son état structurel était très préoccupant. Ses armatures ferreuses s'étaient oxydées et, augmentant de volume, avaient provoqué l'éclatement du béton. L'œuvre était ainsi parcourue de profondes fissures et plusieurs fragments étaient tombés.

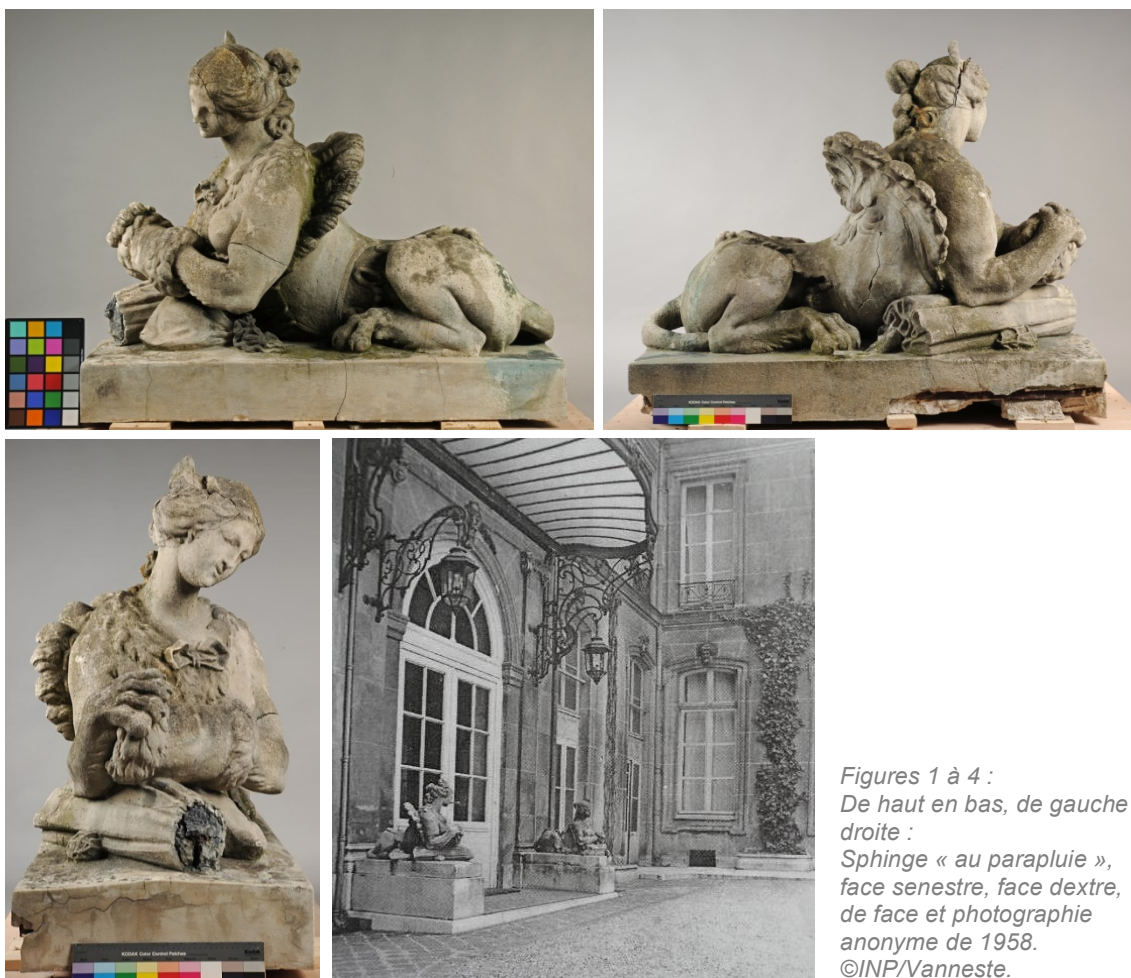
Sans une stabilisation des éléments ferreux, aucun traitement de conservation-restauration n'aurait pu être pérenne. Les armatures ne pouvant être supprimées ou traitées par un moyen traditionnel, nous avons mené une recherche sur le contrôle de la corrosion. En collaboration avec le LRMH et l'entreprise Freyssinet, nous avons étudié la Protection Cathodique avec anodes sacrificielles, et l'applicabilité de cette méthode expérimentale à la Sphinge « au parapluie » (miniaturisation).

Cette présentation est consacrée à l'étude de la Sphinge « au parapluie », sculpture creuse en béton armé, conservée dans la cour de l'hôtel de Lamarck à Paris et datée du premier tiers du XX<sup>e</sup> siècle. La corrosion de ses armatures ferreuses étant à l'origine de sa dégradation structurelle, nous nous sommes interrogé sur le contrôle de l'oxydation par protection cathodique. Cette recherche a été menée lors de notre mémoire à l'Institut National du Patrimoine.

### Présentation de la Sphinge : historique et technique de création.

Le Sphinge « au parapluie » et son pendant la Sphinge « au coussin », encadrent la porte d'entrée de l'hôtel de Lamarck, résidence de l'ambassadeur de Belgique à Paris. Ce sont deux épreuves en béton armé dont les modèles ont été stylistiquement datés de 1900.

Nous ne possédons aucune information historique précise sur le tirage ou l'arrivée de ces deux œuvres à l'hôtel de Lamarck. En 1935, lorsque le gouvernement belge entre en possession de l'hôtel particulier, les sphinges sont déjà en place. Le seul témoignage ancien que nous possédons est constitué de deux photographies de 1958, montrant les sculptures de part et d'autre de l'escalier d'entrée, sous une grande verrière de style Art Nouveau.



Figures 1 à 4 :  
De haut en bas, de gauche à droite :  
Sphinge « au parapluie »,  
face senestre, face dextre,  
de face et photographie  
anonyme de 1958.  
©INP/Vanneste.

Les propriétaires et occupants de l'hôtel furent très nombreux au début du XX<sup>e</sup> siècle et seules des hypothèses peuvent être émises quant à l'acquisition des sphinges. Ce qui semble certain c'est que celles-ci sont issues de la production en série des sculptures des parcs et jardins à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle.

A cette époque en effet, les sculptures en ciment et béton connaissent un très grand succès. De nombreux décors moulés sont commandés par la bourgeoisie afin d'ornez les façades de ses hôtels particuliers et la mode des jardins ornements connaît un renouveau exceptionnel. Enfin, la mode du rocher artificiel et des paysages postiches confirme le goût pour ces ersatz de pierre.

En effet, les grands chantiers parisiens du Second Empire tels que le bois de Vincennes (1855-1866), le parc de Buttes-Chaumont (1864-1867) ou le parc Montsouris (1867-1878) utilisent à profusion le « béton rustique ». Les rocailliers-cimentiers, jardiniers et maçons qui y travaillent sont à l'origine de très nombreuses recherches et brevets. Ils font évoluer les techniques de moulage en même temps que les connaissances sur les possibilités physiques et mécaniques du béton.

Il faut cependant garder à l'esprit que jusque dans les années 1950, chaque artisan possède sa propre recette. Il faudra attendre l'après-guerre et la production industrielle pour que les normes définissent plus précisément les compositions des ciments et des bétons.

L'étude de la composition des matériaux constitutifs de la Sphinge « au parapluie » fut donc le point de départ de notre étude. Les analyses ont été menées par le pôle béton du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques. Le liant de la Sphinge est une chaux hydraulique et son squelette granulaire est composé de sable et de fragments d'une roche gris-rose (placés uniquement dans la base).

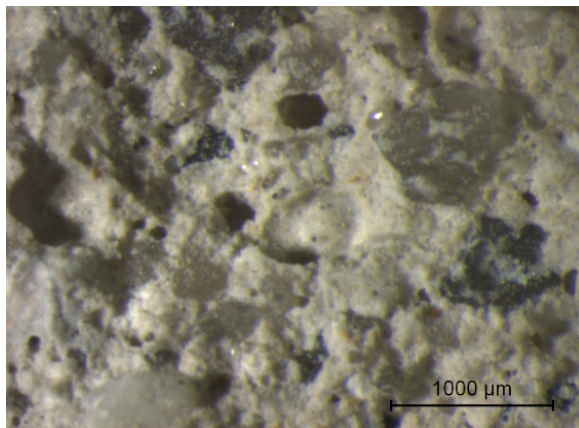


Figure 5 : Échantillon observé sous loupe binoculaire, x32. Les granulats sont parfaitement visibles, encastrés dans la matrice de chaux.  
© LRMH/ Bouichou.

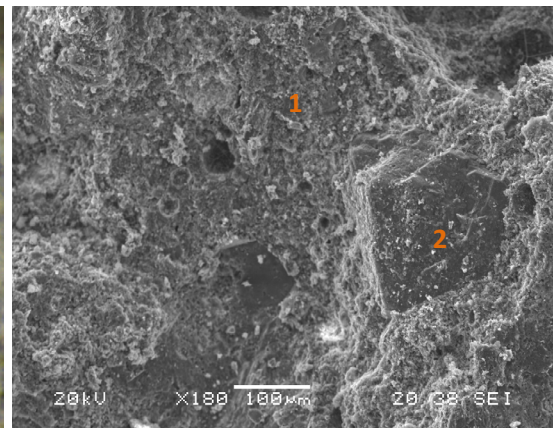


Figure 6 : Vue générale de l'échantillon. MEB, x180. 1 : phase liante. 2 : granulat.  
© LRMH/Bouichou.

La Sphinge « au parapluie » est une épreuve creuse. De nombreuses traces témoignant du procédé de moulage peuvent être observées.

Tout d'abord, l'œuvre possède plusieurs abattis<sup>1</sup>. La collerette de plumes, la queue, l'embout du parapluie et l'ensemble bras-manchon de fourrure ont été moulés à part.

Le corps de la sculpture est issu d'un moule à bon creux composé de deux chapes principales (dont la ligne de couture est bien visible) dans lesquelles prenait place un système complexe de chapettes et de pièces. Ces dernières étaient indispensables pour mouler les formes complexes et les nombreuses contre-dépouilles.

Dans un premier temps, une couche de béton a été appliquée dans les deux chapes restées ouvertes. Loin du plâtre liquide dont nous sommes familiers, c'est un béton relativement épais qui a été tapissé dans les pièces du moule. Il a ensuite été tassé, pilonné, formant ainsi une couche d'épaisseur régulière d'environ 2 centimètres. Afin de permettre une meilleure accroche de la recharge de béton, toutes les surfaces ont été guillochées, c'est-à-dire irrégulièrement gravées.

Les deux chapes ont ensuite été refermées et le moule placé la tête en bas. Le béton a été rechargé :

- Un béton relativement liquide a été coulé dans la tête et les épaules, formant des volumes pleins,
- Un béton plus épais a été appliqué à la main dans le reste de la sculpture. Les volumes accessibles (la croupe, le buste) ont été rechargés sur plusieurs centimètres d'épaisseur. Là où la main du mouleur eu du mal à se glisser, la recharge n'excède pas quelques millimètres – elle ne recouvre d'ailleurs pas toujours les armatures.

Les armatures ont en effet été placées au moment de la fermeture des chapes. Quelques-unes lorsque les deux chapes étaient encore ouvertes, d'autres une fois le moule refermé. Ainsi, de nombreux fers sont placés à l'interface entre la première couche de béton et la recharge (point de fragilité).



Figure 7 : Schéma de la sphinge sans ses abattis.  
© INP/Brière

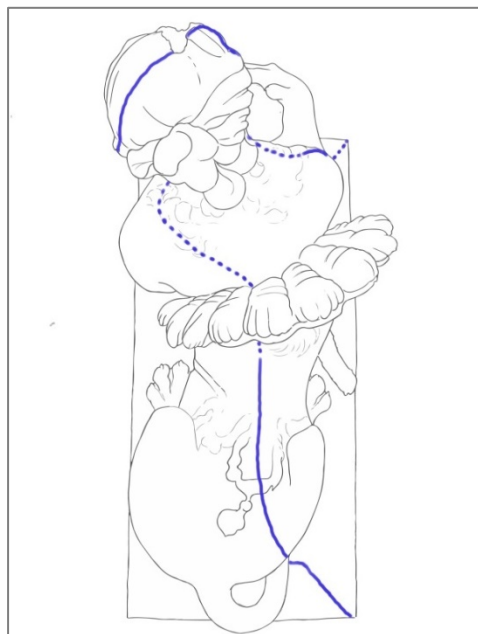


Figure 8 : Schéma de la Sphinge : visualisation de la couture principale du moule.  
© INP/Brière

<sup>1</sup> Les abattis sont les « parties saillantes d'un modèle, qui, du fait de leur forme ou de leur position, doivent être coupées et moulées à part pour faciliter l'opération de moulage », définition de Sculpture, méthode et vocabulaire, Principes d'analyse scientifique, Baudry et Bozo, 6<sup>e</sup> édition, Editions du Patrimoine, 2005.



Les armatures, observées sur les radiographies et sur la sculpture elle-même, sont de trois types :

- Fines et rondes, d'environ 7mm de diamètre, observées dans tout le corps de la sphinge,
- A section en T (3 x 2,5cm), placées dans la base et dans la tête de la sculpture,
- Des barres plates, de 2,8cm de large, dans la partie arrière de la base.

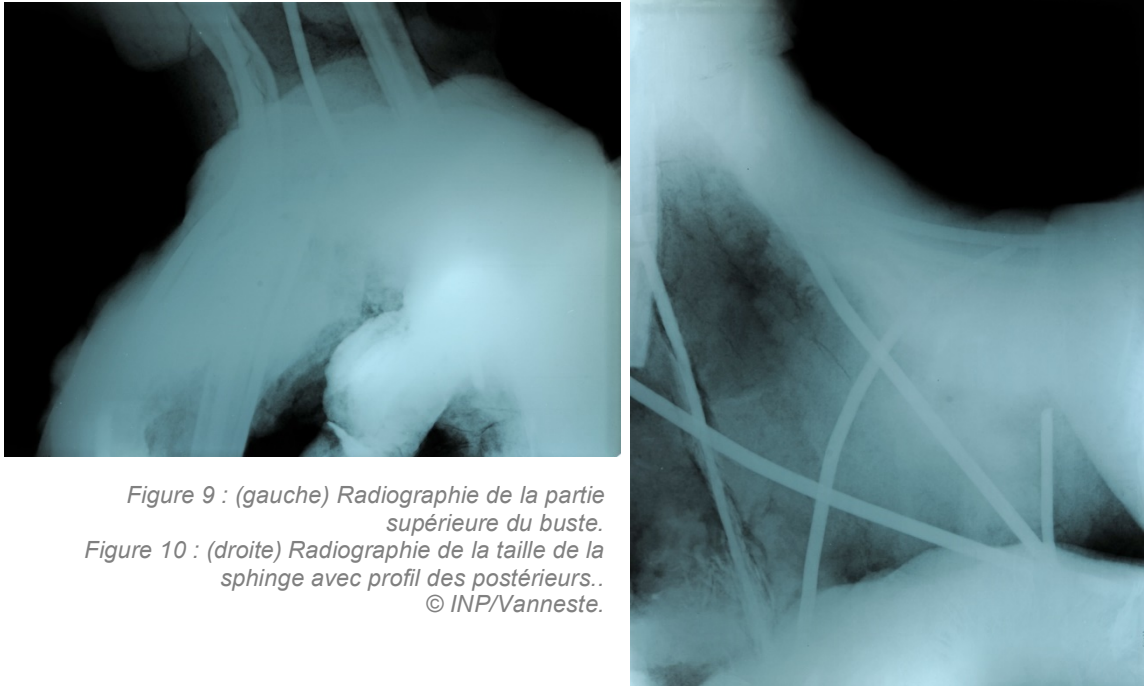


Figure 9 : (gauche) Radiographie de la partie supérieure du buste.

Figure 10 : (droite) Radiographie de la taille de la sphinge avec profil des postérieurs..  
© INP/Vanneste.

### **Etat de conservation de l'œuvre.**

La Sphinge présente de nombreuses altérations structurelles, graves et évolutives. La quasi-totalité d'entre-elles a été provoquée par la corrosion des armatures. En effet, les produits de corrosion formés sur les fers sont plus volumineux que les cristaux métalliques dont ils procèdent. Ils créent ainsi des tensions internes importantes (forces de traction) jusqu'à l'éclatement de la matière environnante. En certains points de la Sphinge, les feuillettes de corrosion ont atteint plus de 8mm d'épaisseur.

On observe tout d'abord l'ouverture de nombreux plans de joints et de plans de collage des abattis. La sculpture est également parcourue de fissures, profondes et étendues. La tête et le visage par exemple, sont traversés de part en part par plusieurs fissures ouvertes (2 à 3 mm).

La tête, la collerette de plumes, le côté dextre du buste et la base sont les quatre parties de l'œuvre les plus fragilisées et les plus préoccupantes.

Cette fracturation importante a conduit à des fragmentations. Plusieurs morceaux se sont ainsi détachés. L'embout du parapluie est perdu, mais un fragment de chevelure et les fragments du manche du parapluie et de la base ont tous été conservés.

Enfin en quelques endroits, le béton est déformé. Sur le côté dextre du buste, un fragment est poussé par les produits de corrosion internes : il se trouve désormais en

légère saillie. De nombreux fragments détachés ne peuvent pas être replacés car les produits de corrosion empêchent leur ajustement.



Figure 11 : Tête fragmentée de la sphinge,

Figure 12 : Goujon dans l'embout du parapluie ayant provoqué la fissuration en étoile du remplissage de plâtre,

Figure 13 : Armature sous la sphinge,

Figure 14 : Tête fissurée de la sphinge.

© INP/Brière

Conservée en extérieur dans un milieu urbain, la Sphinge présente également de nombreuses altérations de surface.

Elle subit une colonisation biologique très importante du fait de la bioréceptivité élevée du béton. Les lichens noirs sont nombreux et les algues vertes forment une couche très épaisse. L'accroche mécanique de leurs racines dans le réseau poreux du béton provoque une fragilisation de l'épiderme. Les microorganismes participent au délogement des granulats. De plus, ils retiennent une quantité d'eau en surface de l'œuvre non négligeable pour un béton armé.

Soumise directement aux intempéries, la Sphinge est très érodée. La quasi-totalité de l'épiderme de l'épreuve a disparu et aujourd'hui, les zones protégées des ruissellements des pluies exceptées, toute la surface apparaît grenue. L'érosion a conduit à une perte progressive des détails et des volumes. Certains motifs se devinent désormais.

La sculpture est également encrassée et de nombreuses croûtes noires se sont développées dans les parties protégées du lessivage. La croûte noire développée sur le nœud de la bourse est bourgeonnante (plusieurs millimètres d'épaisseur). De nombreuses croûtes ont été recouvertes par des badigeons dits « de propreté ».

Enfin, une importante coloration bleu-vert peut être observée sur la croupe de la Sphinge. Cette coloration est due aux oxydes cuivreux s'écoulant du bandeau de cuivre inséré dans la maçonnerie de la façade de l'hôtel de Lamarck.



Figure 15 : Colonisation biologique des épaules et de la collerette de plumes.

Figure 16 : Nez de la sphinge, particulièrement érodé.

Figure 17 : Croûte noire, anciennement dissimulée sous un badigeon de propreté, corset côté senestre.

© INP/Brière

## **Problématique et enjeu de la restauration.**

Au début de notre étude, il était convenu que la Sphinge « au parapluie » devait retrouver sa place dans la cour de l'hôtel de Lamarck une fois sa restauration finie. La corrosion de ses armatures aurait alors sans nul doute repris et tous les traitements effectués (collage des fragments, comblement des fissures, etc.) auraient été caducs. La stabilisation des éléments ferreux est donc vite apparue comme un enjeu majeur de la conservation, ne serait-ce que pour permettre la pérennité des traitements entrepris.

Les fers armant la sphinge font partie de la mise en œuvre originale de la sculpture et si leur retrait était déontologiquement discutable, il était techniquement tout à fait inenvisageable. Après avoir écarté progressivement plusieurs méthodes de lutte contre la corrosion, nous avons étudié la protection cathodique avec anodes sacrificielles.

Cette technique est déjà utilisée dans le domaine des Bâtiments et Travaux Publics. Elle a également fait son apparition dans le domaine des Monuments Historiques il y a une dizaine d'année environ. Son adaptation à une petite échelle, telle celle de la Sphinge, était une problématique nouvelle.

### La corrosion des armatures dans un béton et carbonatation : quelques rappels.

La corrosion se définit comme une interaction physico-chimique entre le métal et son milieu ambiant. Il s'agit d'un phénomène électrochimique se déroulant à l'interface entre le métal et son environnement (« électrolyte » lorsque le métal est dans un liquide).

Dans un béton, la corrosion est dite « humide » et fait intervenir deux milieux :

- le fer/acier, l'espèce réductrice,
- la solution interstitielle, c'est-à-dire l'eau circulant dans les pores du béton et pourvoyant les espèces oxydantes (oxygène dissous et eau par exemple).

Avec un parfait équilibre chimique :

- à l'anode, le fer s'oxyde selon la réaction :  $Fe \rightarrow Fe^{n+} + ne^{-}$
- à la cathode, les espèces oxydantes sont réduites :  $O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$  (exemple de réaction en milieu alcalin).

Sur les armatures d'un béton, les anodes et cathodes sont juxtaposées.

Les produits de ces réactions s'associent ensuite pour former les produits de corrosion qui se déposent en surface de l'armature. L'équation de réaction est de la forme :  $Fe^{n+} + nOH^{-} \rightarrow Fe(OH)_n$

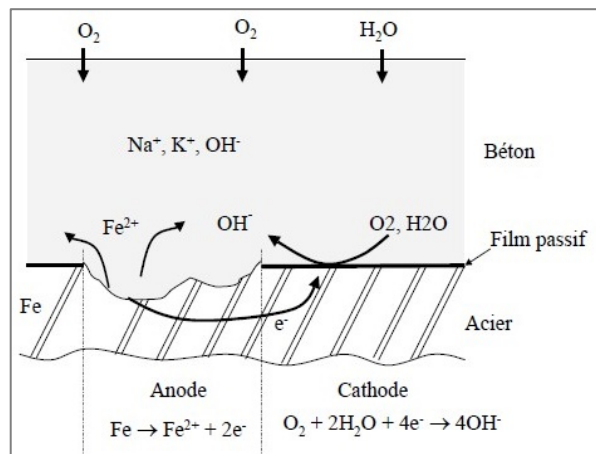


Figure 18 : Schéma du processus de corrosion de l'acier dans le béton.

Image tirée de : Y.Liu et R.E.Weyers, Modeling the Time-to-Corrosion Cracking of the Cover Concrete in Chloride Contaminated Reinforced Concrete Structures, thèse soutenue le 21 octobre 1996 à Blacksburg.

Les produits de corrosion formés peuvent être dits :

- « passifs » - c'est-à-dire peu solubles, denses et adhérents,
- ou « actifs » - c'est-à-dire instables, réactifs et souvent gonflants.

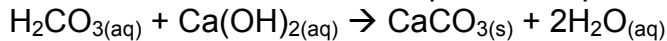
Les produits de corrosion formés dépendent du pH de l'environnement.

Dans un béton sain, l'alcalinité de la solution interstitielle (pH~13) favorise la formation d'une couche d'oxydes et d'hydroxydes « passifs ». Dans un béton carbonaté, les oxydes formés sont actifs.

En effet, la carbonatation est un phénomène naturel du vieillissement du béton. Il s'agit d'une réaction chimique entre le dioxyde de carbone atmosphérique et la matrice de chaux ou de ciment, conduisant à l'abaissement du pH du béton.

Le dioxyde de carbone atmosphérique pénètre dans le béton et se dissout partiellement dans la solution interstitielle. L'acide carbonique formé réagit avec les

espèces de la matrice, la portlandite et les silicates de calcium hydratés pour former du carbonate de calcium. L'équation simplifiée de la réaction s'écrit :



La consommation progressive des espèces de la matrice conduit à un abaissement du pH (pH~9).

Le béton de la Sphinge « au parapluie » est entièrement carbonaté et la corrosion de ses armatures est dite « active ».

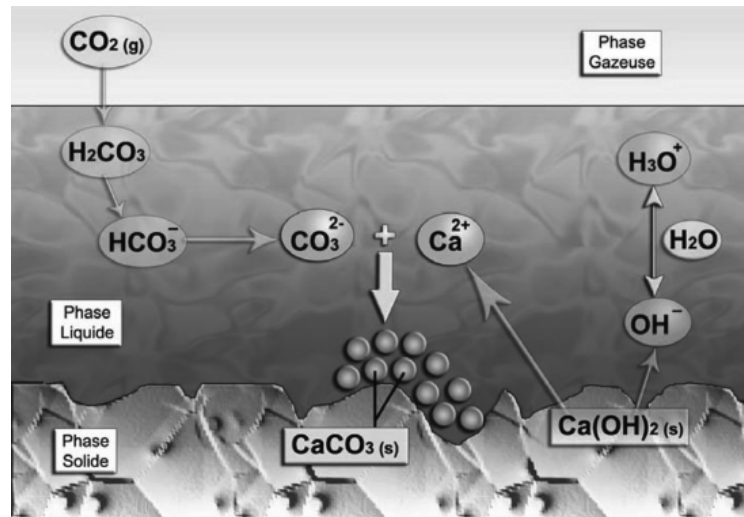


Figure 19 : Schéma du mécanisme de carbonatation de la portlandite. Image prise dans : Thiery, Modélisation de la carbonatation atmosphérique des matériaux cimentaires, Prise en compte des effets cinétiques et des modifications microstructurales et hydriques, sous la direction de P. Dangla, Études et recherches des LCPC, 2006

## Théorie de la protection cathodique avec anodes sacrificielles<sup>2</sup>.

La protection cathodique avec anodes sacrificielles utilise le principe de la corrosion galvanique.

Si deux métaux M1 et M2, de nature différente, sont placés dans un même électrolyte, le métal ayant le potentiel de corrosion<sup>3</sup> le plus faible, M1, a le plus tendance à se dissoudre : il libère plus d'électrons que le métal M2. Si les deux métaux sont reliés électriquement, les électrons produits par M1 se déplacent jusqu'au métal M2 pour conserver l'équilibre dans le circuit<sup>4</sup>.

Les équilibres des réactions électrochimiques sur les deux métaux se déplacent alors:

- M1 s'oxyde de manière préférentielle, du fait du déplacement de ses électrons vers M2, déplacement considéré comme une « consommation ». Le métal M1 devient l'anode du circuit.

<sup>2</sup> Nous ne parlerons pas de la Protection Cathodique par courant imposé.

<sup>3</sup> Le potentiel du métal dans l'électrolyte, noté E, est une grandeur descriptive du système à l'équilibre : elle décrit la plus ou moins grande affinité du métal à passer en solution. Echelle négative donc les métaux ayant un potentiel faible sont les plus susceptibles de se dissoudre.

<sup>4</sup> Création d'un courant électrique dont l'intensité I dépend de la différence de potentiel E entre les deux métaux et de la résistance de l'électrolyte selon la loi d'Ohm.



comblement du béton après installation, avec un mortier bien poreux, permet la bonne connexion électrolytique.

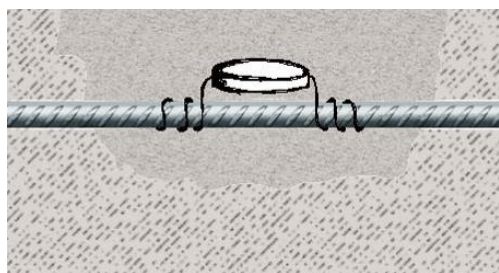


Figure 21 : Coupe de profil : installation d'une anode au contact direct de l'armature..  
© INP/C. Brière

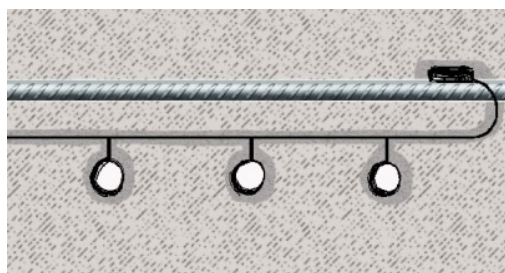


Figure 22 : Coupe de face : installation d'anodes « en peigne ».  
© INP/C. Brière

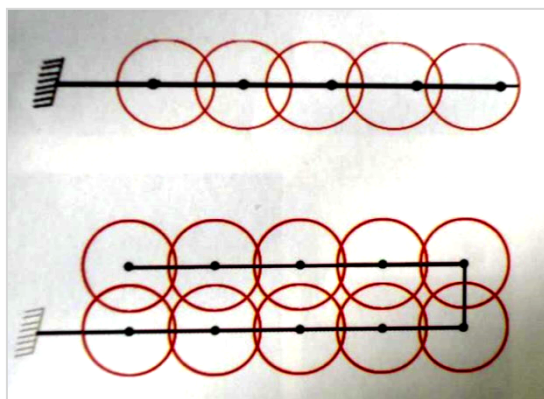


Figure 23 : Deux schémas de systèmes d'anodes en peigne : les cercles rouges représentent les rayons d'action théoriques des anodes.  
Image prise dans le DST 2012/1, CEFRACOR, Anodes galvaniques pour le traitement de la corrosion des armatures des constructions en béton.

Puisque les anodes sont destinées à se corroder « à la place » des armatures d'un ouvrage en béton, elles sont consommées progressivement. Leur durée de vie est donc limitée et les anodes, après corrosion totale, doivent être changées.

La consommation d'une anode dépend de multiples paramètres : sa taille, son potentiel, sa capacité massique théorique<sup>7</sup>, les conditions environnementales et les caractéristiques de la structure à protéger (notamment la taille et disposition des armatures, et la résistivité de l'enrobage).

Le « dimensionnement d'une installation » est une étape cruciale : il s'agit d'estimer par le calcul les besoins en courant de la structure à protéger et ainsi à déterminer la masse des anodes, leur nombre, leur position et leur durée de vie estimée. Ces calculs sont très complexes et doivent être effectués par un bureau d'étude spécialisé (certification obligatoire, norme NF EN ISO 12696).

### La Spinge et la Protection Cathodique.

Dans le cadre de l'utilisation de cette méthode pour protéger les armatures de la Spinge, nous avons collaboré avec le pôle béton du L.R.M.H. et avec l'entreprise Freyssinet®. Le directeur scientifique et technique de l'entreprise, Christian Tournour<sup>8</sup> a résumé tout l'enjeu de ce travail ainsi :

<sup>7</sup> Capacité massique théorique d'une anode : quantité d'électricité produite par un kilogramme d'anode, exprimée en A.h/kg.

<sup>8</sup> Nous le remercions encore chaleureusement.

« Il s'agit d'une structure en béton armé délicate et dont les dimensions ne sont pas en accord avec les produits usuellement utilisés pour la protection galvanique des bâtiments et des ouvrages d'art. L'objectif d'étude est donc d'adapter les techniques de mises en œuvre et les produits standards aux dimensions de l'œuvre. »

L'entreprise Freyssinet®, certifiée en Protection Cathodique, a accepté de dimensionner le système, de fournir le matériel et d'aider à sa mise en place.

Les anodes choisies furent les Foreva Galvostar®, commercialisées par le groupe Freyssinet®. Elles mesurent 2 cm de diamètre et 8 cm de long et possèdent un profil étoilé. Ces dimensions étaient trop importantes pour pouvoir insérer les anodes dans la Sphinge dont l'épaisseur de la paroi n'excède pas 2,5 cm par endroits. Les anodes ont donc été coupées à 2 cm de longueur.

Tenant compte de l'environnement urbain, de la porosité du béton et de la section des armatures, le rayon d'action des anodes a été estimé entre 10 et 15 cm. Pour une protection efficace de tous les fers, les Galvostar® devaient donc être placées ponctuellement tous les 20 cm le long de chacun d'entre eux.

Selon cette configuration, M. Tourneur a estimé la durée de vie des anodes :

- 23 ans pour le socle,
- 99 ans pour les barres isolées dans le corps de la sphinge.

Devant le grand nombre de percements que nous devons effectuer pour une protection totale des armatures, nous avons décidé de limiter notre contrôle de la corrosion. Les impacts structurels et esthétiques de tous les carottages n'étaient en effet pas négligeables. Il a donc été décidé que seules les armatures provoquant les dégradations les plus importantes seraient protégées :

- Celles du socle,
- Celles de la tête,
- Et l'armature descendant le long du corset à droite.



Figure 24 : Schéma indiquant le nombre et la position des anodes sacrificielles à placer dans la Sphinge sur le côté dextre.  
© INP/C. Brière

Les anodes Galvostar® ne peuvent normalement être utilisées comme anode ponctuelle : elles ne se montent qu'en chapelet. En effet, le fil de titane permettant la connexion électrique ne peut s'accrocher directement sur les armatures. Le système a donc été adapté par M. Tourneur et son équipe. Le fil de titane a été remplacé par une tige filetée en fer et une méthode de soudure en espace exigü a été développée.



Des mesures de continuité électrique ont été pratiquées afin de valider tous les changements : « *contacts parfaits dans tous les cas essayés* »<sup>9</sup>.

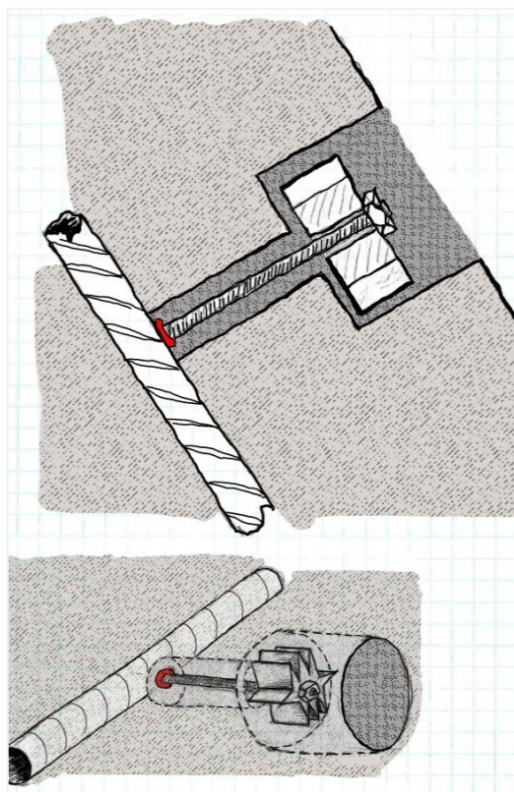


Figure 24 : dessins du projet des anodes Foreva Galvostar® unitaires.

© Freyssinet.

En haut : Vue en coupe. L'armature, la tige filetée, l'anode et l'écrou sont blancs. La soudure est rouge et le mortier de scellement est en gris foncé.

En bas : Vue en perspective. La soudure est indiquée également en rouge.



Figure 25 : Anode Galvostar® installée dans son mortier de scellement.

© Freyssinet. Image tirée du rapport n° A10-004R1-REF 001



Figure 26: Mesure de la qualité du contact sur la soudure au fond du trou.

© Freyssinet. Image tirée du rapport n° A10-004R1-REF 001.

Parallèlement, des essais de percement dans le béton ont été faits. L'utilisation d'un guide est apparue comme indispensable pour attaquer le béton avec des forets diamantés sans risque d'éraflure en surface. L'obtention de carottes nettes s'est révélée tout à fait satisfaisante : celles-ci pouvant être réutilisées en surface pour le comblement des percements.

Cependant, il fut difficile d'atteindre les armatures métalliques sans les abîmer (attaque du métal par le foret).

<sup>9</sup> Christian Tourneur, dans Rapport Freyssinet, Document n°A10-004R1-REF 001, *Sphinge Développement-Adaptation Galvostar-Rapport d'essais*.



Figure 27 : Essais de percement du béton.  
©INP/Brière.

Après avoir défini la stratégie de contrôle de la corrosion, le matériel utilisé et les solutions techniques trouvées ont été présentées au responsable juridique de l'œuvre. Celui-ci, pour des raisons indépendantes de la Protection Cathodique, a finalement décidé de conserver la Sphinge et son pendant dans le hall d'entrée de l'hôtel de Lamarck. Tout en gardant leur rôle d'accueil et d'apparat - les deux sphinges encadrent l'escalier principal – les sculptures sont ainsi désormais conservées en intérieur.

Cette solution, privilégiant la conservation préventive, a rendu la protection cathodique « superflue » considérant les risques bien moindres de poursuite de corrosion. Le traitement, ayant de lourdes conséquences sur l'œuvre, était devenu excessif face à ces nouvelles conditions de conservation.

## La restauration

Les microorganismes ont été éliminés grâce à un produit biocide à base d'ammonium quaternaire. Le Biotin T® a été utilisé sur les conseils du pôle microbiologie du L.R.M.H, choisi pour son large spectre d'action, son efficacité et ses qualités rémanentes. Après comblement temporaire de toutes les fissures, le biocide a été appliqué au pinceau. Le métal des armatures était ainsi protégé. La suppression des microorganismes a été effectuée au microsablage. La sculpture a ensuite été rincée à l'aide de compresses d'eau et de pulpe de cellulose.

Le microsablage a également été utilisé pour le nettoyage de l'ensemble des surfaces et la suppression des croûtes noires<sup>10</sup>. Cette technique mécanique douce et modulable nous a permis d'obtenir un nettoyage modéré, selon les souhaits du responsable juridique de l'œuvre. La poudre Corindon (oxyde d'alumine) de granulométrie 29 µm a été choisie pour traiter l'ensemble de la Sphinge.

Tous les fragments détachés ont été recollés.

Les fragments de la tête, placés en déséquilibre, ont été collés et goujonnés. Les fragments de la base ont été recollés avec une colle époxy, l'Araldite 2011®. Les fragments du manche du parapluie ont été assemblés avec une colle acrylique, le Paraloid® B72.

<sup>10</sup> Le microsablage a été effectué dans une cabine spécialisée de l'Institut National du Patrimoine à l'aide de deux machines FG 1-93 Restauro de chez Sandmaster : l'une dont la pression est réglable de 0 à 4 bars et l'autre de 0 à 4 bars.

Les armatures, non accessibles dans leur totalité, n'ont pas reçu de traitement.

L'embout du parapluie a fait l'objet de nombreuses discussions. (Fort peu) visible sur une photographie ancienne privée, l'embout situé au premier plan était cassé et non conservé. La lacune attirait le regard et gênait la compréhension de l'objet.

Malgré le manque d'information et ses implications déontologiques (notamment la part d'invention, clairement explicitée), la restitution a été décidée selon la volonté du responsable juridique de l'œuvre. Une pièce amovible a donc été créée. Elle pourrait être enlevée sans mal si un jour on décidait de revenir sur la décision. La pièce est constituée d'un noyau creux en résine RenpasteSV36/RenHV36® recouvert d'un mortier à base de chaux et de sable de rivière tamisé à la bonne granulométrie.

Toutes les fissures de l'œuvre, internes et externes ont été comblées. Au plus profond des fissures, au contact des armatures, un mortier à base de chaux et d'eau n'aurait pas convenu. A été choisie une résine chargée : le Paraloid® B72 et la silice micronisée. Une fois les armatures isolées, un mortier de chaux et sable a été placé par-dessus.

Enfin, une retouche d'harmonisation a été effectuée aux couleurs de conservation Gamblin®.



*Figures 28 à 31 : Sphinge, côté senestre, avant et après traitement.*

*Sphinge, trois-quarts face, avant et après traitement.*

## **Conclusion**

La corrosion des armatures ferreuses était la principale source de dégradation de la Sphinge « au parapluie ». Le constat est le même pour un grand nombre de sculptures en béton armé conservées en extérieur.

La stabilisation de la corrosion est indispensable pour la conservation de ces œuvres qui ne peuvent - et parfois ne doivent - pas être rentrées à l'intérieur d'un bâtiment. Si la restauration du béton armé a commencé depuis quelques années dans le domaine des Monuments Historiques, elle balbutie dans celui des sculptures. La différence d'échelle est énorme et il faut adapter les traitements.

La protection cathodique par anodes sacrificielles est une piste très sérieuse et il conviendrait de poursuivre les études sur la réduction et le branchement des anodes. A commencer par une installation concrète dans quelques œuvres d'extérieur et le suivi de la consommation des anodes et de l'avancement de la dégradation.

## BIBLIOGRAPHIE

**Audisio, Béranger**, *Anticorrosion et Durabilité dans le bâtiment, le génie civil et les ouvrages industriels*, s.l., Presses polytechniques et universitaires romandes, 2010.

**Bach, Marie-Victoire, Fritz-Feugeas et al.**, « Prévention de l'altération de monuments historiques en pierre due à la corrosion d'armatures métalliques, étude du comportement et de l'efficacité d'inhibiteurs de corrosion », *L'actualité chimique*, octobre-novembre 2007, N°312-313, pp. 12-16.

**Barralis & Maeder**, *Précis de métallurgie, Elaboration, structures-propriétés, normalisation*, s.l., Nathan, 2005, Précis.

**Baron et Sauterey (dir.)**, *Le béton hydraulique, connaissance et pratique*, Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées, 1995.

**Bouichou**, *Le nettoyage des bétons anciens, Guide des techniques et aide à la décision*, Champs-sur-Marne : Cercle des partenaires du patrimoine, 2009.

**Cailleux, Marie-Victoire, et al**, *Les inhibiteurs de corrosion appliqués en surface des bétons armés carbonatés*, Rapport n°1206A, Cercle des partenaires du Patrimoine, 2007.

Documentation et cours **CEFRACOR** :

- *Électrochimie et Protection Cathodique : la théorie au service de la pratique*, Rencontre Cefracor 15, Centre français de l'Anticorrosion, La Rochelle, 2012.
- *La protection cathodique pour la maîtrise de la corrosion des armatures des constructions en béton. Courant imposé et anodes galvaniques*, Rencontre Cefracor 14, Centre français de l'Anticorrosion, La Rochelle, 2012.
- **L'Hostis, Raharinaivo, Taché**, *Corrosion des armatures dans les bétons*, Mécanisme, 2009.
- Cours 03 : Notions fondamentales, Aspects électrochimiques de la Corrosion.
- Cours 05 : Protection et lutte contre la corrosion.

**Coignet & Cie**, *Pierres moulées en béton Coignet*, album et prix courant, 1890.

**Dillmann, Marie-Victoire, Texier, et al.**, « Caractérisation in et ex situ, mécanismes et modélisation pour la corrosion des armatures métalliques des bétons armés dans les monuments du patrimoine », Colloque *Science des matériaux du patrimoine culturel*, décembre 2007.

**Fritsch**, *Les pierres artificielles : Agglomérés de béton de ciment, agglomérés de laitier et de mâchefer, agglomérés d'oxychlorure de magnésium, briques silico-calcaires, briques de laitier et de mâchefer, appareils et procédés employés dans ces industries. Choix de brevets relatifs aux agglomérés et aux silico-calcaires*, Paris, Desforges, 1923.

- Lamoureux**, *Précis de corrosion*, s.l., Elviesier Masson, 2000, Sciences des matériaux.
- Mallat, Abdenour**, *Phénomènes de dégradation des ouvrages anciens, techniques et matériaux de réhabilitation*, s.l., Thèse de doctorat, Ecole centrale de Paris & Laboratoire mécanique des sols, structures et matériaux, juin 2008.
- Marec**, *Corrosion et protection cathodique*, Ecole d'application des techniques gazières, cours accompagnant la formation en protection cathodique, 1996.
- Marie-Victoire**, *Le béton, des églises aux jardins...* Site internet du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, 2003.
- Marie-Victoire, Bouichou**, *Les altérations visibles du béton : définitions et aide au diagnostic*, Champs-sur-Marne : Cercle des partenaires du patrimoine, 1996.
- Marie-Victoire, Oriol, Vieweger, et al.**, « La restauration des bas-reliefs en béton polychrome de l'église Saint-Lazare de Lèves (28) », *Coré*, juillet 2007, n°18.
- Mouton**, « Restauration de l'église Notre-Dame du Raincy », *Monumental*, revue scientifique et technique des monuments historiques, éditions du Patrimoine, Mars 1997, n°16, pp. 60-65.
- Nasser**, *La corrosion des aciers dans le béton à l'état passif et par carbonatation : Prise en compte des courants galvaniques et des défauts d'interface acier-béton*, Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse III – Paul Sabatier, 2010.
- Nègre**, *L'ornement en série. Architecture, terre cuite, carton-pierre*, Sprimont, Pierre Mardaga Editions, 2006.
- Ollivier, Vichot**, *La durabilité des bétons, bases scientifiques pour la formulation de bétons durables dans leur environnement*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2008.
- Page**, « Electrochemical methods for control of corrosion in reinforced concrete », *Concrete Solution, Proceedings of the Second International Conference*, Juin 2006, Saint Malo, France.
- Paternotte de la Vaillée** (Baron), *L'hôtel de La Marck, ambassade de Belgique*, Berger-Levrault éditions, avril 1982.
- Plumptre**, *L'Ornement de jardin, Histoire et pratique*, s.l. Thames & Hudson Editions, 1989.
- Racine**, *Jardins « au naturel », Rocailles, grotesques et l'art rustique*, Actes Sud éditions, 2001, collection Nature.
- Raharinaïvo, Arliguie, Chaussadent, et al.**, *La corrosion et la protection des aciers dans le béton*, Paris, Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées, 1998, Collection du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- Taché** (dir.), *Anodes galvaniques pour le traitement de la corrosion des armatures des constructions en béton*, CEFRACOR, Centre Français de l'Anticorrosion, commission Construction Bâtiment, Documents scientifiques et techniques, 2012.

**Wessel de Jonge**, « Restauration du béton et authenticité des matériaux, quelques exemples européens », *Monumental*, revue scientifique et technique des monuments historiques, éditions du Patrimoine, Mars 1997, n°16, pp. 6-19.

**Van Den Broucke**, « Caractérisation et restauration des ciments naturels du 19e siècle », Atrium Construction, 2011, n°50, pp. 23-27.

Sites internet :

<http://www.protectioncathodique.net/>

<http://www.concretectorrosion.net/>

<http://www.cefracor.org>



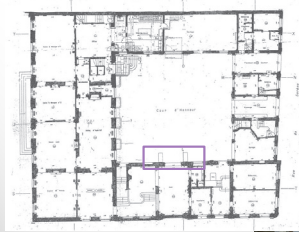
**JERI 2016**  
Conservation  
Restauration

**LA SPHINXE « AU PARAPLUIE »**

Conservation restauration d'une sculpture en béton armé du début du XX siècle (Hôtel de Lamarck, Paris)

→ **Contrôle de la corrosion par protection cathodique.**

Sujet de mémoire de fin d'études, INP, Spécialité Sculpture. Mémoire encadré par Marie Payre, Elizabeth Marie-Victoire (LRMH) et ...



**Hôtel de Lamarck, plan du rez-de-chaussée.**  
© Jouve architectes

**Couple de sphinges, encadrant la porte d'entrée de l'hôtel.**  
© Jouve architectes



**Sphinge « au parapluie », dans la cour de l'Hôtel de Lamarck**  
© C. Brière



**Sphinge « au coussin », dans la cour de l'Hôtel de Lamarck**  
© C. Brière



**Sphinge « au parapluie », face dextre, dans la cour de l'Hôtel de Lamarck**  
© C. Brière



**Sphinge « au coussin », face dextre, dans la cour de l'Hôtel de Lamarck**  
© C. Brière



**Deux photographies de 1958,**  
Retrouvées dans les archives de l'ambassade de Belgique.  
© Inconnu



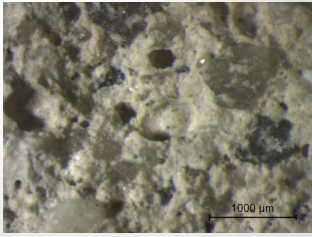
**Cariatides en terre cuite, selon le modèle de Jean Goujon, dans le catalogue Virebent (v. 1836), pl. 12.**  
&  
**Détail de l'immeuble aux cariatides, 28 rue des marchands à Toulouse (1836).**

**Falaise des Buttes-Chaumont**

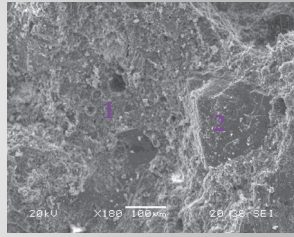
Image trouvée sur <http://www.nogoland.com/wordpress/2009/09/falaises-montagnes/>



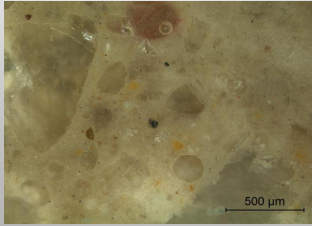




Loupe binoculaire  
2014\_216\_LE17\_betondepeausurface\_x32r  
© M. Bouichou



216\_LE\_02.MEB, x180.  
1 : phase liante  
2 : granulat  
© M. Bouichou



216\_LE\_04. Lumière réfléchie, x50.  
© M. Bouichou



Silhouette creuse, sphinge « au parapluie »,  
face senestre.  
© C. Brière



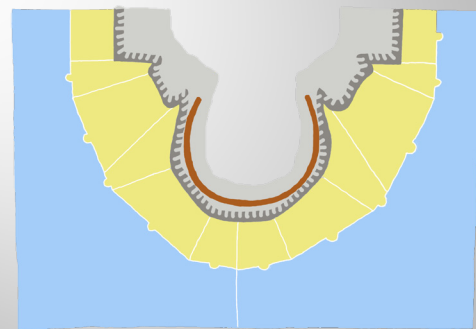
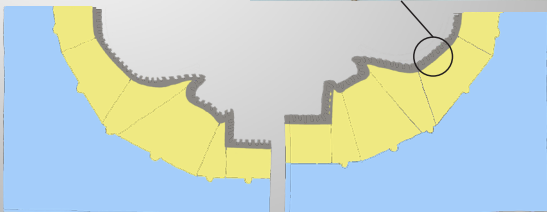
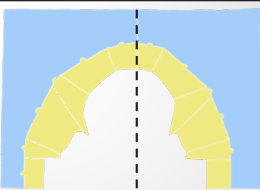
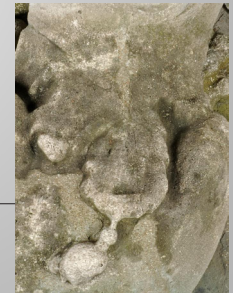
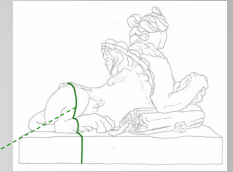
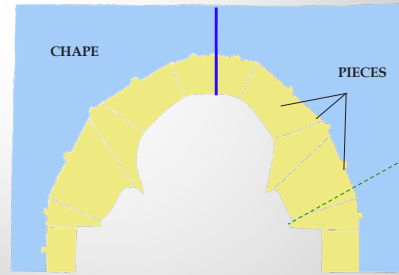
Intérieur de la croupe, sphinge « au parapluie ».  
© C. Brière

**Abattis** : n.m. Parties saillantes du modèle qui, du fait de leur forme ou de leur position, doivent être coupées pour faciliter l'opération de moulage.

*Sculpture, méthode et vocabulaire, Principes d'analyse scientifique,*  
Baudry et Bozo, 6<sup>e</sup> édition, Editions du Patrimoine, 2005.



Schémas de la sphinge sans ses abattis.  
© C. Brière





Armatures de la tête  
© C. Brière



Armatures de la base, côté  
dextre, et dessous. © C. Brière

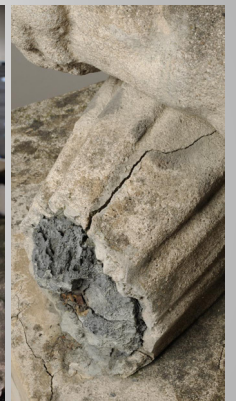
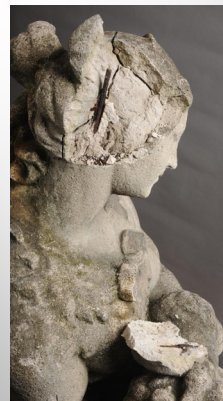


Armatures de la base, face  
arrière. © C. Brière

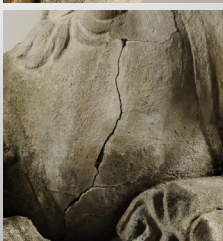
## Constat d'état et diagnostic



Corrosion des armatures métalliques  
© C. Brière

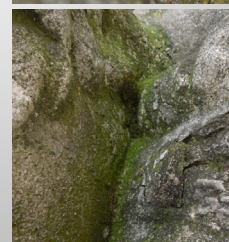
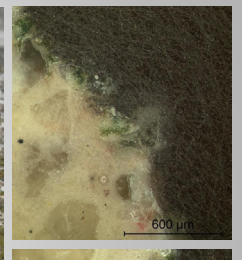
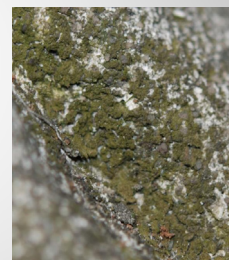


Fragments détachés ou manquants.  
© C. Brière & G. Vanneste



Fractures, fissures et  
ouvertures des joints et  
plans d'assemblages

© C. Brière & G. Vanneste

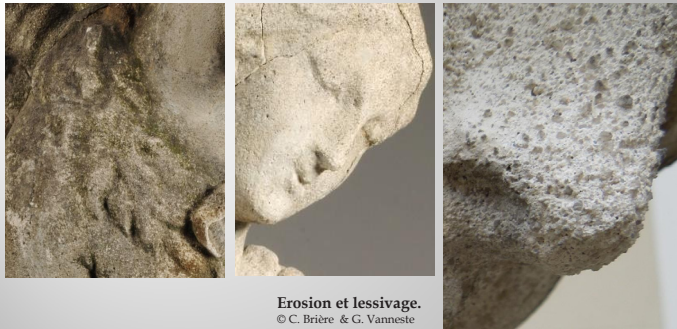


### Microorganismes :

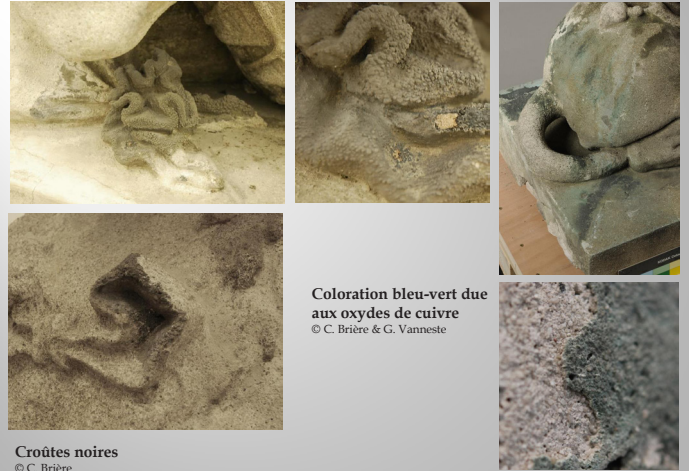
- Algues vertes
- Mousses
- Lichens

Photographies, relevé de  
colonisation côté dextre, deux  
vues au microscope optique de  
l'échantillon 216\_LE\_04.

© C. Brière & M. Bouichou, LRMH.



Erosion et lessivage.  
© C. Brière & G. Vanneste



Croûtes noires  
© C. Brière

Coloration bleu-vert due  
aux oxydes de cuivre  
© C. Brière & G. Vanneste

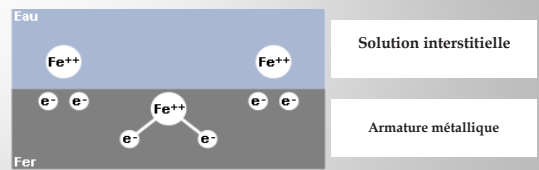
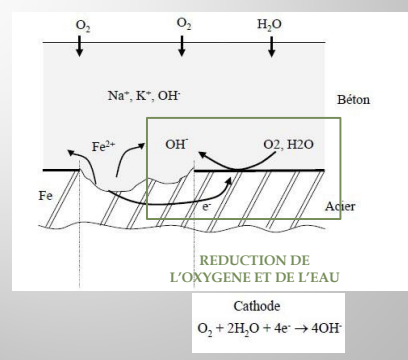
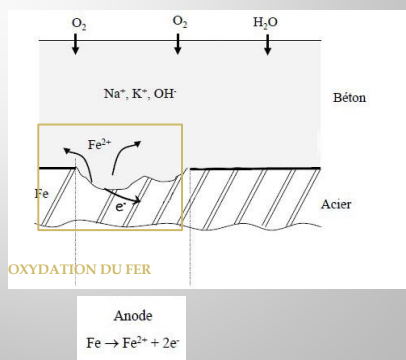
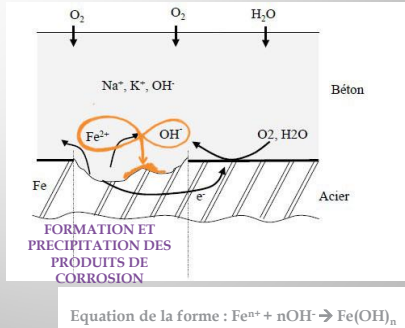
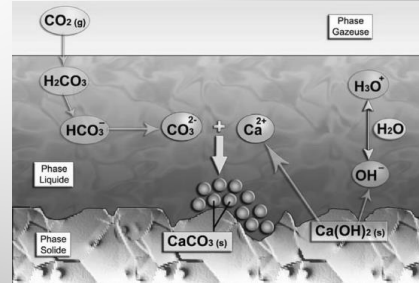
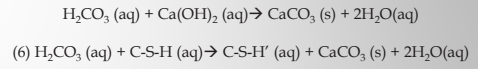


Schéma de la dissolution du fer dans l'eau  
© <http://www.energieplus-lesite.be/>





**LA CARBONATATION : VIEILLISSEMENT NATUREL DU BETON**

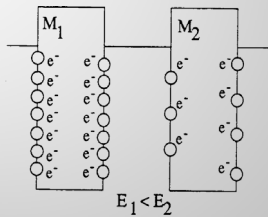


*Schema du mecanisme de carbonation de la portlandite. Image prise dans : Terny, Modelisation de la carbonation atmospherique des materiaux cimentaire. Prise en compte des effets cinetiques et des modifications micro-structurales et hydriques, sous la direction de P. Dangla. Etudes et recherches des LCPC, 2006*

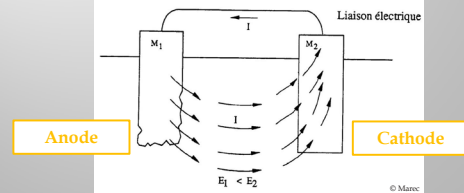
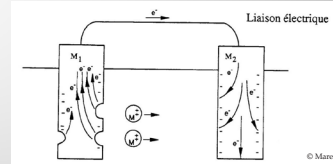
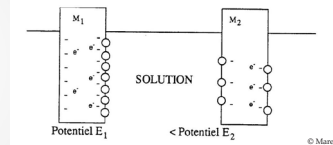
- CHAUX → CALCITE
- ABAISSEMENT DU pH  
11 → 8,5/9

**POTENTIEL D'EQUILIBRE  $E_0$**

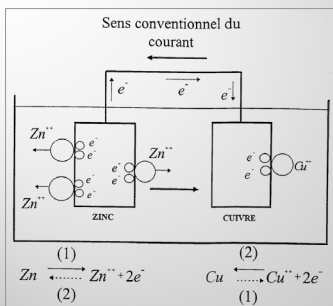
Plus  $E_0$  est faible, plus le métal a tendance à se corroder.



© Marec



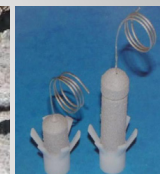
© Marec



*Exemple de couple galvanique : association du zinc (M1) et du cuivre (M2). Image prise dans : Marec, Corrosion et Protection Cathodique, document accompagnant la formation en protection cathodique, 1996.*



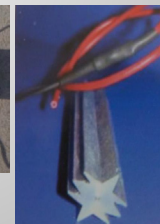
Anode sacrificielle Galvashield XP® © Parex Lanko



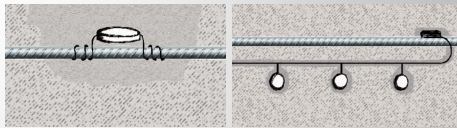
Anodes sacrificielles PatchGuard® © RDG



Anodes sacrificielles Galvashield (790 XP ; 792 XP2 ; 793 XP4)® © Parex Lanko

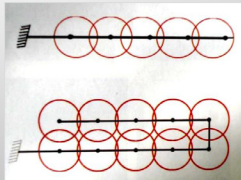


Anode sacrificielle FOREVA Galvastar GP® © Freyssinet



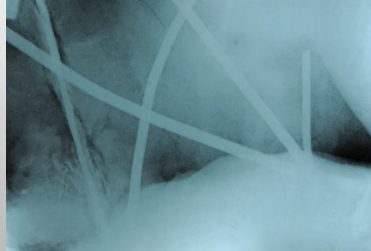
Installation d'une anode au contact direct de l'armature...  
© INP/C. Brière

Coupe de face : installation d'anodes « en peigne ».  
© INP/C. Brière



Deux schémas de systèmes d'anodes en peigne : les cercles rouges représentent les rayons d'action théoriques des anodes. Image prise dans le DST 2012/1, CEFRACOR, Anodes galvaniques pour le traitement de la corrosion des armatures des constructions en béton.

## Sphinge « au parapluie » et protection cathodique



L R M H  
Laboratoire  
de Recherche  
des Monuments  
Historiques

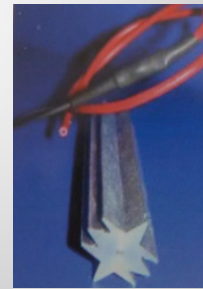


Il s'agit d'une structure en béton armé délicate et dont les dimensions ne sont pas en accord avec les produits usuellement utilisés pour la protection galvanique des bâtiments et des ouvrages d'art. L'objectif d'étude est donc d'adapter les techniques de mises en œuvre et les produits standards aux dimensions de l'œuvre.

C. Tourneur, FREYSSINET



© IDDBD.com / Emmanuel Tété / C. Brière

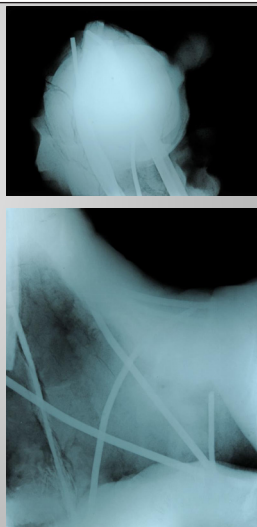


Anode sacrificielle FOREVA Galvastar GP®  
© Freyssinet

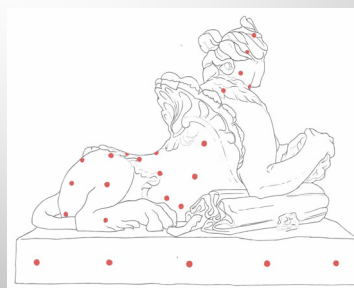
Radiographie de la tête de la sphinge, vue de profil  
Radiographie de la taille  
© G. Vanneste



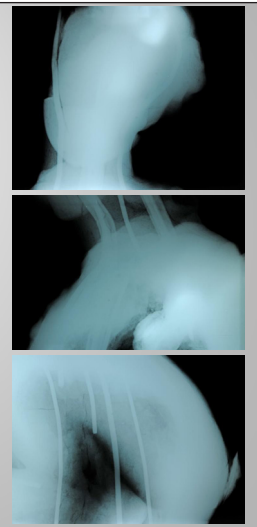
Placement des anodes côté senestre, schéma indicatif  
© C. Brière

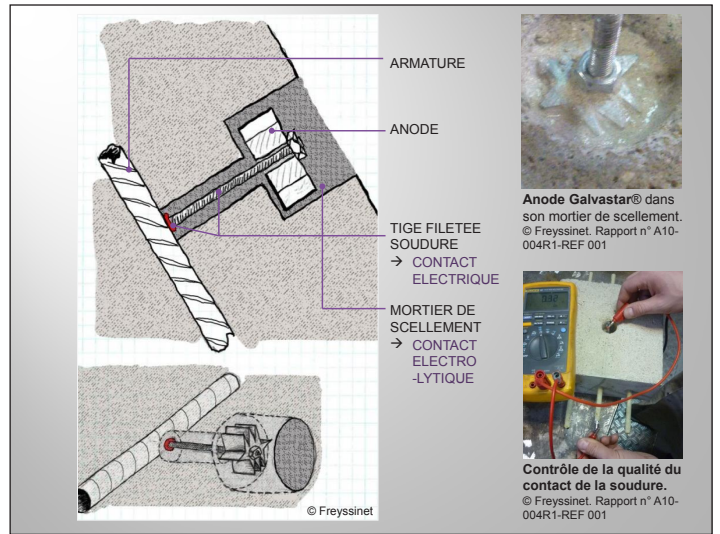
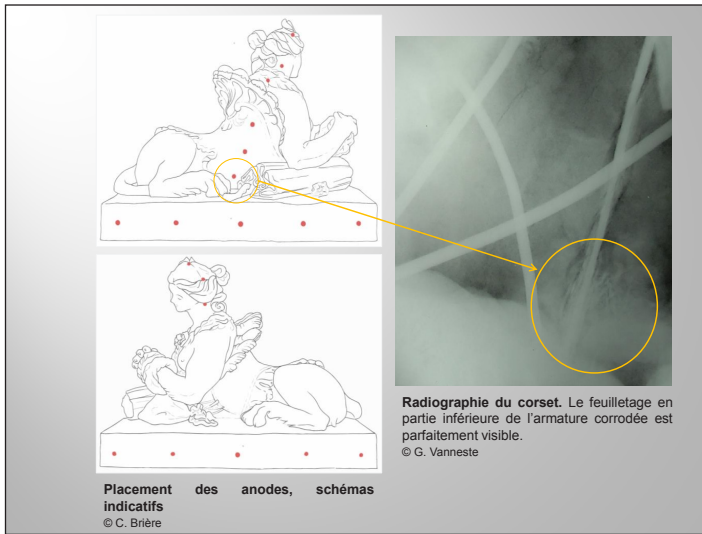


Radiographie de la tête de la sphinge, vue de face  
Radiographie des épaules  
Radiographie de la croupe  
© G. Vanneste



Placement des anodes côté dextre, schéma indicatif  
© C. Brière







Tête de la sphinge en cours de microablavage et Sphinge, côté senestre  
© C. Brière



Croûte noire de la bourse, microablavage.  
© C. Brière



Goujonage de la tête  
© C. Brière



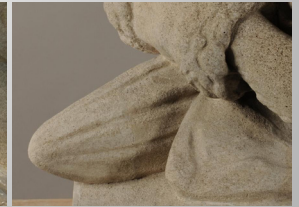
Collerette avec plume manquante, restitution avant et après retouche.  
© C. Brière et G. Vanneste



Suppression du plâtre et des fines tiges métalliques, éléments d'une ancienne réfection.

Pièce amovible en Renpaste SV/HV36®.

Embout du parapluie après restitution.  
© C. Brière et G. Vanneste

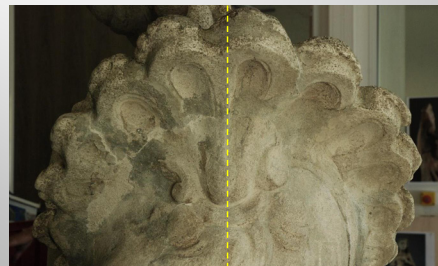


Tête, avant, en cours et après comblement des fissures.

Fissures comblées, corset côté dextre.  
© C. Brière



La bourse, avant et après retouche.



Revers de la collerette de plumes, en cours de retouche.  
© C. Brière



Sphinge « au parapluie », profil  
senestre, avant et après restauration  
© Inp/G.Vanneste



Sphinge « au parapluie », face,  
avant et après restauration  
© Inp/G.Vanneste



Sphinge « au parapluie », tête de face et  
trois-quarts senestre, avant et après  
restauration  
© Inp/G.Vanneste



© Inp/G.Vanneste



## Équipe organisatrice

Hélène Bülow (*administration, subventions, budget*)

Hélène Champagnac (*comité de sélection et de lecture*)

Gwenola Corbin (*comité de sélection et de lecture, référent programmation, gestion des inscriptions*)

Géraldine Fray (*comité de sélection*)

Natacha Frenkel (*comité de sélection et de lecture*)

Gwenola Furic (*comité de sélection et de lecture*)

Emilie Heddebaux (*logistique*)

Mélanie Paul-Hazard (*comité de sélection, mise en page programme et actes*)

Guylaine Mary (*comité de lecture*)

*Aide ponctuelle*

Marine Letouzey

Pascale Mauny



Musée de Beaux-Arts de Rennes  
© Jean-Manuel Saligne



Musée de Bretagne  
© A. Amet



Frac Bretagne, Rennes © Odile Decq / ADAGP  
2016 © Roland Halbe / Région Bretagne

La délégation régionale de la FFCR Bretagne,  
l'ACRMP et le 2CRA vous remercient d'avoir pris part  
à cette manifestation.