



HAL
open science

Polychromie d'un modèle anatomique de Louis Auzoux : étude et élaboration d'un protocole de traitement à la gélatine

Barbara Dumont, Marie-Christine Papillon, Anne-Laurence Dupont

► To cite this version:

Barbara Dumont, Marie-Christine Papillon, Anne-Laurence Dupont. Polychromie d'un modèle anatomique de Louis Auzoux : étude et élaboration d'un protocole de traitement à la gélatine. *Conservation restauration des biens culturels*, 2015, 33, pp.11-22. hal-01490939

HAL Id: hal-01490939

<https://hal.science/hal-01490939>

Submitted on 16 Mar 2017

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

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

Polychromie d'un modèle anatomique de Louis Auzoux : étude et élaboration d'un protocole de traitement à la gélatine

Barbara Dumont, Marie-Christine Papillon, Anne-Laurence Dupont

Un écorché de cheval en carton-pâte, fabriqué à la moitié du XIX^e siècle par le Dr Auzoux, présente une polychromie sophistiquée réalisée avec une palette réduite et un liant protéinique créant des effets de profondeur et de brillance caractéristiques des modèles Auzoux.

Étayée par l'étude stratigraphique, une méthode de refixage a été mise au point, à partir de la gélatine porcine à haut degré Bloom G1890 (Sigma[®]).

Elle a permis d'opérer sans avoir recours à la mise sous poids. De même nature chimique que le liant de la couche peinte, l'adhésif choisi s'est montré très efficace pour le collage papier/papier et comme consolidant de la polychromie. Il devrait pouvoir être utilisé sur d'autres modèles Auzoux détériorés. Ce travail met en lumière l'importance des propriétés physico-chimiques des gélatines de type A et B pour les traitements de conservation-restauration.

► *A pasteboard skinned horse made mid 19th century by Doctor Auzoux presents a sophisticated polychromy, realised with a reduced palette and a protein binder implemented in order to create depth and brilliance effects, characteristic of Auzoux models. A consolidation method was developed, supported by a stratigraphic study. It uses a porcine gelatine with a high Bloom degree G1890 (Sigma[®]). Of a similar chemical nature than the paint layer binder, this adhesive proved very effective for the paper/paper gluing as well as for the consolidation of the polychromy. It could also be used on other damaged Auzoux models. This work highlights the importance of the type A and B gelatine's physical and chemical properties for conservation-restoration treatments.*

► *Un desollado de caballo en cartón piedra fabricado a mitad del siglo XIX por el Dr. Auzoux presenta una policromía sofisticada realizada con una paleta reducida y un ligante protéinico aplicado de tal modo que cree efectos de profundidad y brillo característicos de los modelos de Auzoux. Apoyado en el estudio estratigráfico, un método de fijación fue elaborado, utilizando la gelatina porcina de alto grado Bloom G1890 (Sigma[®]). De la misma naturaleza química que el ligante de la capa pintada, el adhesivo elegido se mostró muy eficaz no sólo para el encolado papel/papel sino también como consolidante de la policromía. Podría utilizarse sobre otros modelos de Auzoux deteriorados. Este trabajo saca a la luz la importancia de las propiedades físico-químicas de las gelatinas de tipo A y B para los tratamientos de conservación-restauración.*

Barbara Dumont

Conservatrice-restauratrice de sculptures et objets ethnographiques
Diplômée de l'Institut national du patrimoine
dumontbarbara@hotmail.com

Marie-Christine Papillon

Ingénieur de recherche Ancienne responsable du laboratoire de l'Institut national du patrimoine
mc.papillon@laposte.net

Anne-Laurence Dupont

Chargée de recherche CNRS CRCC, Muséum national d'Histoire naturelle
aldupont@mnhn.fr

Figure 1.

Détail avant restauration : tête du cheval en vue latérale gauche.

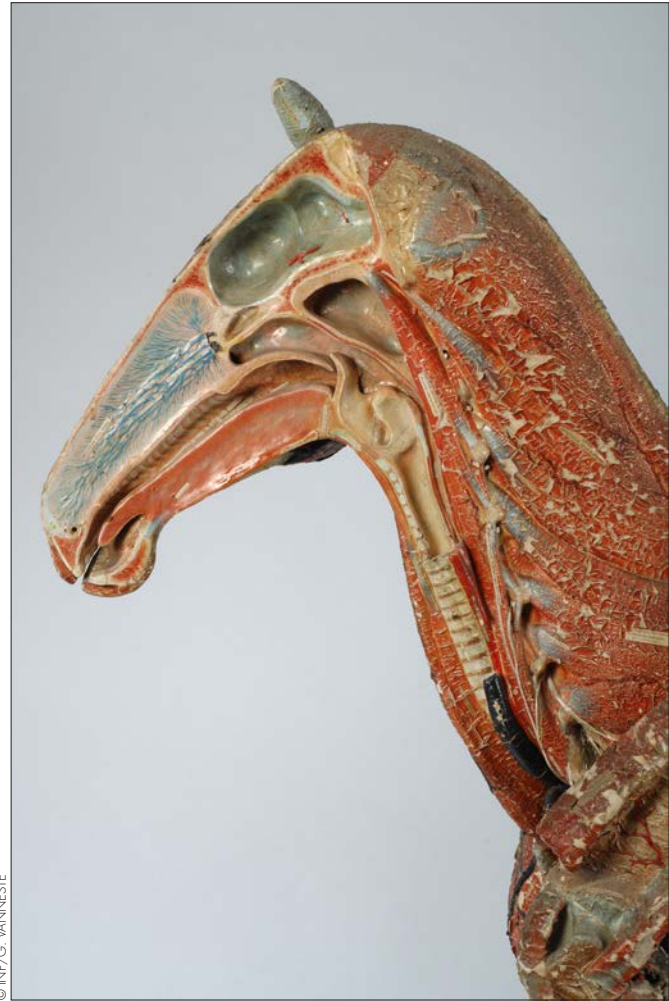
Contexte

La valeur patrimoniale des modèles anatomiques du Dr Auzoux fut essentiellement révélée par les travaux de Richard Barden au Smithsonian American Art Museum (É.-U.) dès 1998 et par une campagne de restauration de quatre ans au musée Boorhaven de Leiden (P.-B.) qui s'acheva en 2008. Les problématiques communes de ces recherches concernaient principalement les traitements de surface de ces objets. Le travail de diplôme à l'Institut national du patrimoine (INP) consacré à un écorché de cheval de cette facture et conservé au musée de l'École vétérinaire de Maisons-Alfort (2007-2008), dont est tiré le présent article, a mis en avant les problématiques patrimoniales liées à ces objets et mis en œuvre un protocole de restauration adapté¹. À la suite de ce travail, une seconde campagne de restauration menée sur ce modèle Auzoux en 2011 par une autre équipe (composée de restaurateurs d'arts graphiques)² a poursuivi les opérations de refixage de la polychromie du cheval en utilisant un protocole différent, selon une méthode mise au point par E. Nijhoff à Leiden³. Nous avons choisi de nous concentrer ici sur l'opération de refixage ; pour autant, les traitements accomplis lors de ces campagnes de restauration étaient divers – comblements, retouche, opérations de soilage, etc.

Objectifs, enjeu, contraintes

Dans une première publication⁴, notre approche a été dédiée à l'étude technologique et matérielle de l'objet ainsi qu'à sa restauration. Il nous a paru important de développer certains autres aspects du travail accompli, et le présent article s'adresse principalement aux restaurateurs susceptibles de travailler sur des modèles Auzoux et d'être confrontés aux problématiques particulières à ces objets. Nous développons ici celle du refixage, en présentant l'adhésif choisi qui, bien qu'ayant des propriétés remarquables, semble assez peu connu des restaurateurs, comme l'indique un sondage effectué récemment et dont nous rapportons les principaux résultats. Cette méthode de refixage est particulièrement bien adaptée car, sans apport de colle synthétique, elle utilise un adhésif de mêmes nature chimique et propriétés physico-chimiques que le substrat, une colle de gélatine, de nature collagénique comme le liant de la polychromie de l'objet⁵. Cela nous a semblé essentiel dans le contexte des opérations de conservation-restauration envisagées. En effet, cette approche privilégie la compatibilité du comportement physique des matériaux au vieillissement, point essentiel pour la durabilité de l'intervention. Par ailleurs, le détail de l'étude stratigraphique permettra aux conservateurs et restaurateurs de mieux connaître les créations de Louis Auzoux.

Au cours du travail effectué lors de notre mémoire INP⁶, en raison du temps de restauration alloué, relativement limité compte tenu de la taille de l'objet et de sa complexité, la décision a été prise de ne pas démonter



© INP/G. VANNESTE

l'objet dans sa totalité, contrairement à ce qu'il a été possible de faire lors de la campagne de restauration suivante, en 2011⁷. Nous disposons de photos de l'intérieur du modèle prises par le conservateur, qui révélaient un bon état général de conservation des parois internes. Les opérations prioritaires et urgentes à prendre en compte concernaient donc surtout la surface externe de l'animal (**fig. 1**). Dans ces conditions, la méthode de refixage choisie devait notamment permettre de travailler sans application de forces (mise sous poids ou contraintes) pour effectuer la remise en place et réadhésion des soulèvements après infiltration de l'adhésif. Le protocole élaboré a pris en compte ces paramètres contraignants.

Un objet composite insolite

Le modèle anatomique de cheval démontable a été manufacturé vers 1850 par un médecin reconnu par les sociétés savantes de son temps, le docteur Louis Auzoux (1797-1880). Comme de nombreux objets de Louis Auzoux, le cheval de Maisons-Alfort est un objet tridimensionnel atypique en carton moulé, comportant également du métal et du bois. Les armatures internes sont métalliques et le réseau des veines observable en vue latérale droite est constitué de fils de fer recouverts de papier, d'autres vaisseaux se composant de fibres végé-

1. B. Dumont, « Conservation-restauration d'un écorché de cheval en carton moulé et peint dit "Cheval elastique" », de Louis Auzoux (1797-1880), appartenant au musée Fragonard. Recherche sur la technologie de l'objet et simulations des altérations de surface », diplôme de l'Institut national du patrimoine (INP), 2008.
2. C. Marchal, 2013, pp. 72-83.
3. E. Nijhoff Asser, B. Reissland, B.W.J Grob, E. Goetz, 2008, pp. 285-292.
4. B. Dumont, A.-L. Dupont, M.-C. Papillon, G.-F. Jeannel, « Technical study and conservation treatment of a horse model by Dr. Auzoux », 2011, pp. 58-74.
5. *Ibidem*, p. 63. Le collagène a été identifié par analyse chromatographique en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM).
6. *Op. cit.*, B. Dumont.
7. *Op. cit.*, C. Marchal.

tales. L'ensemble est peint à la colle animale avec un degré de sophistication remarquable. Ce traitement de surface rend compte de la chair disséquée par des effets visuels et chromatiques de profondeur et de brillance. L'animal, fixé sur un socle en bois muni de roulettes, est représenté à 75 % de sa taille naturelle.

Cette création en carton-pâte est le fruit de la diversification de l'industrie du papier au début du XIX^e siècle. Le cheval appartient en effet à une catégorie de modèles anatomiques produits en petite série grâce à une ingénieuse technique de moulage. Cette anatomie tridimensionnelle réalisée à des fins pédagogiques visait alors à supplanter la tradition des modèles en cire. L'objet est conçu comme une boîte et permet de simuler une dissection en démontant un à un les organes maintenus dans la partie supérieure du corps conçue comme un couvercle (fig. 2).

À cette époque, le cheval est un outil indispensable du quotidien dans les domaines du transport, de l'agriculture et surtout de l'armée. Louis Auzoux qui a commencé par réaliser des anatomies humaines démontables rencontra vite le succès. Il produisit ensuite des modèles animaux puis végétaux. Le contexte est celui du développement de l'anatomie comparée. Le modèle de cheval a été conçu pour que les officiers connaissent mieux l'anatomie de leur monture⁸. C'est l'objet le plus grand et l'un des plus complexes de la production du Dr Auzoux.



Figure 2. Cheval ouvert au musée de l'École vétérinaire de Maisons-Alfort tel qu'il était présenté avant sa restauration. La masse des organes est visible dans le « couvercle ».

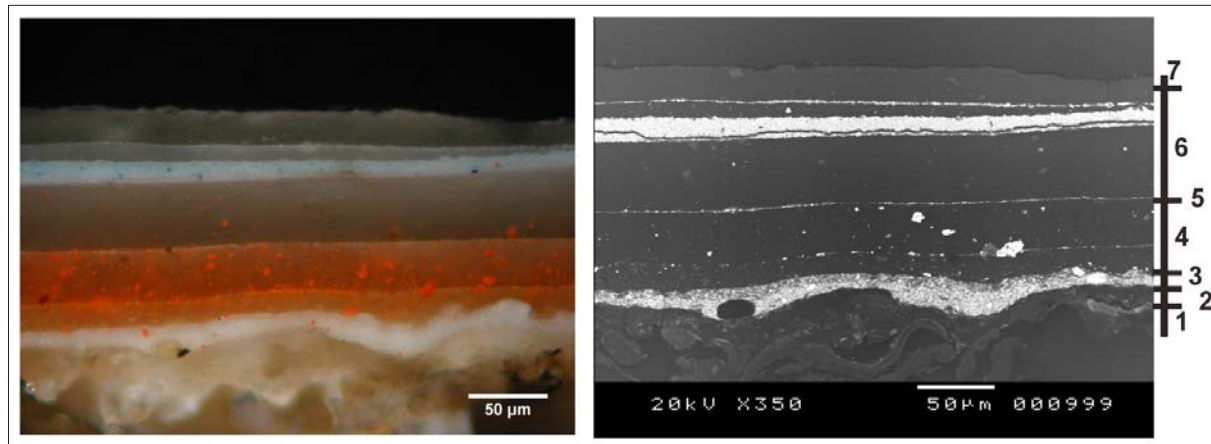


Figure 3. Coupe transversale de l'échantillon (AUZ 02). Polychromie rouge : (a) microscopie photonique, image en lumière polarisée ; (b) microscopie électronique (électrons rétrodiffusés) [1. papier de rapapillotage ; 2. sous-couche organique ; 3. préparation (2 couches) ; 4. polychromie rouge (3 couches) ; 5. préparation ; 6. polychromie bleue (5 couches) ; 7. couche protectrice de surface.]

Une technique de peinture élaborée : étude stratigraphique

Parce que l'étude était menée dans le cadre d'une campagne de restauration, seul un nombre limité d'échantillons ont pu être prélevés sur l'objet, dans l'objectif de comprendre la technique de polychromie et d'identifier les pigments et les charges utilisés. Cinq prélèvements ont été préparés par enrobage dans une résine polyester. Les coupes obtenues par polissage ont été observées en microscopie photonique, en lumière visible polarisée (MPLP) et non polarisée (MPLN), et en microscopie à fluorescence (MF). Les préparations ont ensuite été examinées en microscopie électronique à balayage (MEB, à 20 kV, sous vide partiel ou poussé, après métal-

lisation au carbone des stratigraphies). Les pigments ou charges présents ont été identifiés par microanalyse X : un spectromètre à sélection en énergie des rayons X émis par l'échantillon (spectrométrie EDX), couplé au MEB, permet d'obtenir une analyse élémentaire qualitative mais pas de caractériser les composés organiques. La liste des échantillons, leur localisation et les résultats sont résumés dans le **tableau page 14**. Le détail des équipements et les paramètres analytiques sont rapportés dans l'**encadré page 19**.

Alors que les modèles en cire sont composés de matériaux pigmentés dans la masse^{9, 10}, les couleurs brillantes et éclatantes observées sur le cheval sont le résultat d'un travail de polychromie élaboré (fig. 3). La stratigraphie consiste en une sous-couche organique appliquée sur le papier de « rapapillotage » (voir encadré

8. *Op. cit.*, B. Dumont, pp. 24-29, pour la création du premier écorché de cheval par Auzoux. Le modèle d'origine est commandé par le ministre de la Guerre qui souhaite que tout militaire montant à cheval connaisse au mieux l'anatomie et la physiologie de cet animal.
9. S. Colinart, 1987, pp. 29-57.
10. V.J. Murrel, 1971, pp. 95-109.

Papier de rapapillotage*

Lors de la manufacture du modèle en carton moulé et peint, une étape de « rapapillotage » intervient après les assemblages et avant le traitement de surface. Le terme signifie « enrrouler, envelopper dans du papier ». Ici, il qualifie la pose d'une couche de papier assez fine sur toutes les surfaces cartonnées. Largement encollé à la colle de pâte à l'aide d'une brosse, sur une seule face (celle à faire adhérer), le papier était tendu sur les surfaces et avait deux fonctions :

– Recouvrir les creux laissés par les jointures entre deux éléments lors de l'assemblage, mais aussi certaines zones de comblement ou des éléments métalliques comme des vis.

– Unifier la surface pour la préparer à accueillir la polychromie.

Ce papier de support de la polychromie est visible dans les lacunes de la couche picturale. Il est suffisamment fin pour être appliqué sur tous les contours des volumes, toutefois son grammage n'a pas pu être déterminé.

* B. Dumont, mémoire INP, p. 42.

ci-dessus), recouverte, pour quatre des échantillons, par une ou deux couches de préparation blanche au blanc de plomb. L'épaisseur totale de la préparation est irrégulière (10 à 60 μm), et se caractérise par une granulométrie homogène et un diamètre moyen des particules (1-3 μm) localement agglomérées en gros amas. Lorsque des détails ont été appliqués sur la surface, tels qu'une veine bleue sur les muscles rouges ou les nerfs de couleur blanche sur le ventre, une fine couche de blanc de plomb supplémentaire (3-10 μm d'épaisseur) sert de préparation à la polychromie du détail. Plusieurs

couches picturales sont ensuite appliquées, soit translucides, soit pigmentées. Elles sont protégées par une épaisse couche protectrice superficielle (jusqu'à 20 μm) de nature protéinique¹¹. Sur les prélèvements dans les parties rouges et bleues du cheval, une couche translucide a été appliquée en premier sur la préparation, alors que les strates profondes sont pigmentées dans les zones de couleur jaune (échantillon AUZ-05) et pour le sabot (AUZ-03). La préparation blanche n'existe pas dans l'échantillon du sabot (AUZ-03) : la première couche colorée a été appliquée directement sur la sous-couche organique, et quatre couches translucides seulement ont été superposées. À l'exception de celles appliquées directement sur la préparation (jusqu'à 40-50 μm), les couches pigmentées sont fines, souvent d'une épaisseur de l'ordre du micromètre, et une unique strate de grains de pigments est observable. Ces couches pigmentées, peu couvrantes, sont prises « en sandwich » entre deux strates organiques plus épaisses (environ 40 ou 50 μm), de nature protéinique. Celles-ci sont parfois chargées d'un peu de pigment coloré ou renferment de petites quantités d'une charge blanche transparente.

Une petite gamme de pigments est mise en œuvre. En général, deux ou trois pigments ont été mélangés, pour chacune des couches, dans des proportions variables, ce qui permet de moduler les teintes. Par exemple, le sulfure de mercure, un pigment assez onéreux, est largement utilisé pour les plages rouges dans lesquelles il est mélangé à du jaune de chrome ainsi que, probablement, à de l'oxyde de plomb (minium) et une petite proportion de laque rouge, produisant ainsi une couleur rouge vif. Le sulfure de mercure est aussi mélangé au jaune de chrome et au noir de carbone pour la polychromie du sabot (AUZ-03). Le diamètre des particules de sulfure de mercure, plus ou moins sphériques, est moyen (1 à

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS SOUS MICROSCOPE ET RÉSULTATS DE L'ANALYSE

	Auz-01	Auz-02		Auz-03
		couches inférieures	couches supérieures	
Localisation	membre postérieur gauche	membre antérieur gauche		phalange unguéale antérieure droite (sabot)
Partie de l'anatomie	muscle	veine sur muscle		corne
Couleur	rouge	rouge	bleu	noir
Nombre de couches	12	5	7	6
Préparation (nombre de couches)	blanc de plomb (1)	blanc de plomb (2)	blanc de plomb (1)	–
Rouge	sulfure de mercure rouge de plomb ? (laque rouge) (oxyde de fer)	sulfure de mercure rouge de plomb ? (laque rouge)		sulfure de mercure
Jaune	jaune de chrome	jaune de chrome	–	jaune de chrome
Bleu	–	–	bleu de Prusse	–
Blanc	–	–	blanc de plomb	–
Noir	–	–	–	noir de carbone
Couche de protection (nombre de couches)	1	–	1	1

Les pigments listés sont mélangés au sein d'une ou de plusieurs couches. Entre parenthèse, les pigments mineurs.

11. *Op. cit.*, B. Dumont, A.-L. Dupont, M.-C. Papillon, G.-F. Jeannel, p. 63, pour le détail des protocoles analytiques. Les différents composés organiques constitutifs ont été caractérisés au laboratoire de l'INP par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse (CG-SM).

3 µm). La zone blanc jaunâtre (AUZ-05) de l'abdomen comporte un oxyde de plomb jaune de très faible granulométrie mélangé au carbonate de plomb, donnant une nuance pâle un peu froide. Le bleu de Prusse est mélangé au noir de carbone pour obtenir le bleu foncé des veines ou au blanc de plomb pour un bleu plus clair ; il est utilisé seul dans les couches translucides.

Ces pigments sont traditionnellement employés, à l'époque, pour les travaux peints (œuvres d'art, objets décoratifs ou usuels), à l'exception du jaune de chrome dont l'emploi dans les polychromies est récent à la date de création du cheval par le Dr Auzoux. En effet, les chromates de plomb furent utilisés en France en premier lieu comme pigments de papiers peints (1818) et pour les impressions textiles (1820)¹². Les particules observées dans la stratigraphie des échantillons ont une forme aciculaire (forme monoclinique) et une granulométrie moyenne (1-2 µm de long). Par ailleurs, de rares particules d'un rouge profond (deux ou trois dans chaque couche) n'ont pu être caractérisées par spectrométrie. L'alumine a été détectée comme élément principal par analyse EDX, avec l'étain comme élément secondaire. Une analyse par spectroscopie Raman¹³ a fourni le spectre d'un composé anthraquinonique, sans doute un acide carminique, un éther de couleur rouge, présent naturellement chez la cochenille. Certaines recettes anciennes conseillaient l'usage de sel d'étain dans la préparation de laque de carmin^{14, 15}. De petites quantités de carbonate de calcium sont détectées comme charge ou pollution dans les couches translucides supérieures de l'échantillon AUZ-05 (nerfs) alors qu'il semble être une impureté dans la couche de préparation. Le sulfate de baryum (baryte ou blanc fixe) détecté dans une des couches blanches (AUZ-05, couches supérieures) mélangé avec un blanc de plomb (1:1) est interprété comme une charge¹⁶. Enfin, la pré-



Figure 4. Soulèvement avec clivage du papier de rapapillotage, où apparaissent les fibres de papier arraché.

sence de l'élément azote est décelée dans la plupart des couches (sous-couche organique, couche de préparation, couches translucides et couche protectrice de surface) : elle est interprétée comme un marqueur du liant de cette polychromie à la colle protéinique.

Les résultats de cette étude stratigraphique confortent l'étude technico-scientifique que nous avons conduite et concordent avec les résultats des travaux précédents sur d'autres spécimens Auzoux¹⁷. Les pigments choisis et leur mise en œuvre ont créé des effets de profondeur et de brillance inégalables : palette réduite de pigments, liant unique, mais une mise en œuvre sophistiquée, qui joue sur la superposition et l'alternance de couches épaisses peu pigmentées et de strates très minces de particules pigmentaires.

Constat d'état et enjeu du traitement de conservation-restauration de la surface

L'altération la plus flagrante concernait la surface externe du modèle qui était très empoussiérée, fortement craquelée, avec de nombreux soulèvements, et lacunaire. Sous les écailles de la couche picturale, les fibres de papier étaient visibles (**fig. 4**). Les soulèvements se sont en effet produits par clivage du papier de « rapapillotage », c'est-à-dire au sein même de l'épaisseur du papier de support, lui-même collé sur le carton à la suite des larges variations thermohygrométriques subies par l'objet lors de son stockage. Les nombreuses couches de la polychromie révélées par l'étude stratigraphique présentaient une bonne cohésion et adhéraient bien les unes aux autres, à l'exception de la couche protectrice

ÉLÉMENTAIRE

Auz-04	Auz-05	
	couches inférieures	couches supérieures
tempe droite	ventre, côté gauche	
veine	nerf sur la zone jaunâtre de l'abdomen	
bleu foncé	jaune	blanc
13	3	11
blanc de plomb (2)	blanc de plomb (1)	blanc de plomb (1)
rouge de plomb	—	—
—	oxyde de plomb	—
bleu de Prusse	—	—
blanc de plomb	blanc de plomb	blanc de plomb
noir de carbone	—	—
1	—	1

12. F. Perego, 2005.
 13. *Op. cit.*, B. Dumont, A.-L. Dupont, M.-C. Papillon, G.-F. Jeannel, p. 71. La spectrométrie Raman a été réalisée au LADIR (cf. détail des protocoles analytiques).
 14. J. Kirby, M. Spring, C. Higgitt, 2005, pp. 69-95.
 15. H. Scheweppe, H. Roosen-Runge, 1986, pp. 47-64.
 16. R.L. Feller, 1986, pp. 255-285.
 17. *Op. cit.*, E. Nijhoff Asser, B. Reissland, B.W.J. Grob, E. Goetz.

de surface qui se clivait et se soulevait en quelques rares endroits. Cependant, l'épaisseur de l'ensemble de ces couches riches en colle a imposé au papier de rapapillotage des forces de tension importantes au niveau de l'interface avec la polychromie. Cette fragilité des couches peintes est donc inhérente à la technologie de fabrication. Les fluctuations d'humidité ont eu des effets désastreux sur la polychromie, induisant des gonflements et rétractions répétés, le liant protéinique tout comme le papier étant des matériaux fortement hygroscopiques mais dont les propriétés de sorption sont différentes. La recherche menée en collaboration avec le laboratoire de l'INP et le Centre de recherche sur la conservation des collections (CRCC) a révélé que les conditions thermohygro-métriques sont des facteurs non négligeables dans l'altération des peintures à la colle animale¹⁸. Les propriétés mécaniques de la gélatine se modifient progressivement, ce qui conduit à la perte de cohésion du film multicouche de peinture. La dilatation et la rétraction répétées de la polychromie ont produit des ruptures du film perpendiculairement à la surface et occasionné sa déformation. Les écailles ainsi formées se sont rétractées et soulevées, arrachant le papier de support. Si on a relevé des typologies d'écailles très variées (morphologie, taille, épaisseur, ampleur du soulèvement), leur caractéristique commune était toutefois d'être toujours particulièrement dures¹⁹.

L'opération de refixage était primordiale afin d'assurer la conservation future de la couche picturale en évitant les pertes de matière et de redonner à la surface peinte sa lisibilité. Les altérations constatées étaient symptomatiques d'un liant dégradé.

La surface peinte est très réactive à l'eau à température ambiante, induisant un gonflement, des déformations et des clivages. L'usage d'adhésifs en solution aqueuse peut alors paraître contradictoire. Pourtant, l'eau s'avère le solvant idéal pour relaxer les écailles picturales très dures et souvent très déformées, et sa participation à la régénération du liant est indispensable. L'idée d'utiliser l'eau à très basse température (eau glacée, entre 0 et 5 °C) pour limiter le gonflement de la matière picturale, méthode employée sur d'autres

modèles Auzoux, a été testée^{20, 21}. Cette méthode permet aussi de faire un nettoyage et un prémouillage des écailles pour mieux infiltrer les colles aqueuses lors du protocole mis au point. Comme nous le verrons, ce procédé a été déterminant lors de notre recherche en refixage.

Propriétés requises pour le choix des adhésifs

Les exigences pour le choix des adhésifs dans notre recherche en conservation-restauration étaient nombreuses. Une méthode mise au point au Museum Boerhaave et reprise ultérieurement lors de la campagne de 2011²² – un mélange de colle synthétique éthylvinyle (Evacon®R) et de dérivé cellulosique (méthylcellulose) – bien qu'ayant été largement utilisée sur les collections hollandaises n'était pas ici l'alternative la plus adaptée. En effet, l'évolution de ce mélange dans le temps, comme consolidant, est mal connue, ce qui laisse présager des risques de tension au sein de la polychromie et avec le support lors du vieillissement. En outre, un critère essentiel est la compatibilité chimique avec le substrat car elle assure une homogénéité de comportement physico-chimique et mécanique au cours du vieillissement. Utiliser une colle chimiquement proche de la composition de la couche picturale nous a paru primordial puisqu'il est ici question d'une opération non seulement de refixage, mais également de consolidation des couches peintes.

De plus, ces traitements de surface nécessitent un adhésif ayant un fort pouvoir collant et pouvant assurer un collage papier/papier puisque les soulèvements sont le résultat du clivage du papier de rapapillotage. Il est effectivement nécessaire de redonner souplesse et plasticité aux écailles contractées et déformées en vieillissant, afin de pouvoir les réappliquer et les faire adhérer à nouveau au papier de support. L'opération était donc double : consolidation et refixage, la première étape autorisant la seconde.

Finalement, compte tenu de l'ampleur du travail et de la variété morphologique des écailles, il a fallu simplifier la mise en œuvre et la rendre applicable dans ce

**TABLEAU RÉCAPITULATIF DES COLLES TESTÉES :
ORIGINE COMMERCIALE ET CARACTÉRISTIQUES RELATIVES AU PROTOCOLE DE REFIXAGE SUR L'ÉCORCHÉ DE CHEVAL**

Origine commerciale	Fournisseur	Forme commerciale	Solvant	Température d'utilisation	pH	Gélification/viscosité
Gélatine 125LH Rousselot® Type B	Rousselot, France	poudre jaune clair	eau	35 °C à 45 °C (< 50 °C)	5,5 à 6	forme un gel à température ambiante (Bloom 125)
Gélatine G1890 Sigma® Type A	Sigma-Aldrich, US	poudre jaune	eau	35 °C à 45 °C (< 50 °C)	5,5 à 6	forme un gel à température ambiante (Bloom 300)
Vessies natatoires d'esturgeon, Saliński Kremer Pigmente®	Laverdure, France	vessies natatoires séchées	eau	température ambiante	6 à 7,5	ne forme pas de gel à température ambiante
Colle acrylique Primal E 330 S®	CTS, France	liquide blanc : résine acrylique en solution aqueuse	eau ou mélange eau/éthanol	température ambiante	9,5 à 10	basse viscosité

18. B. Dumont, mémoire INP, pp. 55-74.

19. *Ibidem*, B. Dumont, pp. 93-100.

20. R. Barden, *Smithsonian National Museum of American History, Behring Center. Conservation treatment: anatomical model of a man.* http://americanhistory.si.edu/anatomy/preservation/nma03_preser_ct_1.html

21. *Op. cit.*, E. Nijhoff

Asser, B. Reissland,

B.W.J. Grob, E. Goetz.

22. *Op. cit.*, C. Marchal.

Qu'est-ce que la colle de gélatine ?

La gélatine est une colle d'origine animale. C'est un mélange de polypeptides obtenu par hydrolyse partielle du collagène de la peau et des os. Le collagène est une famille de protéines, le plus souvent fibrillaires, qui ont pour fonction de conférer une résistance mécanique aux tissus. Il s'agit des protéines les plus abondantes dans l'organisme humain et plus généralement dans le règne animal. Les propriétés d'une gélatine dépendent non seulement de son origine animale, mais également de l'âge et de l'espèce animale, du type de tissus dont elle est issue (peau ou os) et du mode d'extraction (température, durée, traitement acide ou alcalin, degré de purification). Une gélatine produite par extraction en milieu acide est dite « de type A », et elle est dite « de type B » quand elle est produite en milieu alcalin*. Comme de nombreux biopolymères, la gélatine forme des gels thermoréversibles.

Son comportement viscoélastique est complexe et dépend de plusieurs paramètres. Les plus importants sont la force en gel, la température de gélification et le temps de formation du gel.

■ Degré Bloom et force en gel

Le degré Bloom se mesure par la force (en g), nécessaire pour enfoncer de 4 mm la surface d'un gel avec un piston standard, le gel ayant une concentration donnée et étant conservé 17 heures à 10 °C. Il peut varier de 50 à 300 g, une valeur inférieure à 120 g étant considérée comme faible, moyenne entre 120 g et 200 g, et forte au dessus de 200 g. Le degré Bloom est fonction de la concentration, du pH, de la température, des propriétés intrinsèques de la gélatine (structure, masse molaire moyenne) et de sa pureté (présence ou non d'additifs). La valeur indiquée sur les fiches techniques est une moyenne. La force en gel (fermeté du gel) dépend du degré Bloom mais aussi de la concentration.

■ T_{gel} et t_{gel}

Les gélatines de fort degré Bloom ont des températures de gélification T_{gel} (transition sol-gel) plus élevées et des temps de formation (t_{gel}) plus courts. À un degré Bloom donné, t_{gel} augmente de manière exponentielle avec la température. À une température donnée, plus la concentration augmente, plus t_{gel} augmente**.

■ Point isoélectrique (pHi)

Les gélatines de type A et B se différencient aussi par la valeur de leur point isoélectrique (pHi)***, pH auquel la protéine est électriquement neutre. Celles de type A ont un pHi de 7-9, celles de type B un pHi de 4,7-5,4. Les protéines ont une charge globale positive à des pH inférieurs à leur pHi et négative aux pH supérieurs. À des valeurs de pH inférieures à 7-9,

les gélatines de type A sont donc globalement chargées positivement. Le pH d'une gélatine de type A est de 3,8-7,5 et celui d'une gélatine de type B de 5,0-7,5.

* T. Nguyen, 2005, p. 31.

** S. M. Tosh, A. G. Marangoni, 2004, pp. 4242-4244.

*** Op. cit., T. Nguyen, p. 33.



Figure 5. Test préliminaire à la colle de vessie natatoire d'esturgeon sur un élément démontable, le grand dorsal.

cas particulier de proximité avec le métal en surface (réseau des veines), en limitant l'apport d'humidité²³. Idéalement, le choix devait se porter sur une méthode ne nécessitant pas de mettre les zones restaurées sous poids après infiltration de l'adhésif. Une gélatine formant un gel lors de son application fusait moins profondément dans l'épaisseur du papier et du carton-pâte et semblait donc le matériau le plus adapté.

Sélection des colles

Les essais préliminaires s'appuyant sur des données existantes nous ont indiqué que le refixage à la colle de gélatine (**voir encadré ci-contre**) était possible et qu'il était efficace, bien qu'impliquant certaines contraintes de travail^{24, 25}. Par ailleurs, quelques tests préalables sur des éléments démontables ont mis en évidence les particularités inhérentes au traitement de la polychromie : l'utilisation en premier lieu de gélatine d'origine bovine sur le sabot, puis de colle de vessie natatoire d'esturgeon sur le grand dorsal (**fig. 5**) ont montré que la couche picturale était régénérée de manière immédiate et spectaculaire. Durant ces essais préliminaires, la mise sous poids a été possible grâce à des petits sacs de billes de plomb.

Les premiers tests structurés furent effectués sur une zone sur laquelle il était possible de poser un poids dans le but de déterminer quel adhésif était le plus adapté et d'ajuster la mise en œuvre. Les caractéristiques principales des colles testées sont résumées dans le **tableau page 16**.

Un essai a tout d'abord été réalisé à l'eau glacée seule, appliquée petit à petit à l'aide d'une éponge microporeuse. Cela a conduit à relaxer les écailles mais n'a pas permis de redonner une force d'adhésion suffisante à la colle présente dans la polychromie. Un simple apport aqueux ne suffit donc pas. Trois colles ont ensuite été testées : une colle de vessie natatoire d'esturgeon

23. Op. cit., B. Dumont, pp. 80-86, et pp. 92-93 pour le constat d'état des parties métalliques. La corrosion des éléments ferreux en surface n'a pas été jugée active et aucun traitement n'a été préconisé lors du travail de mémoire INP.

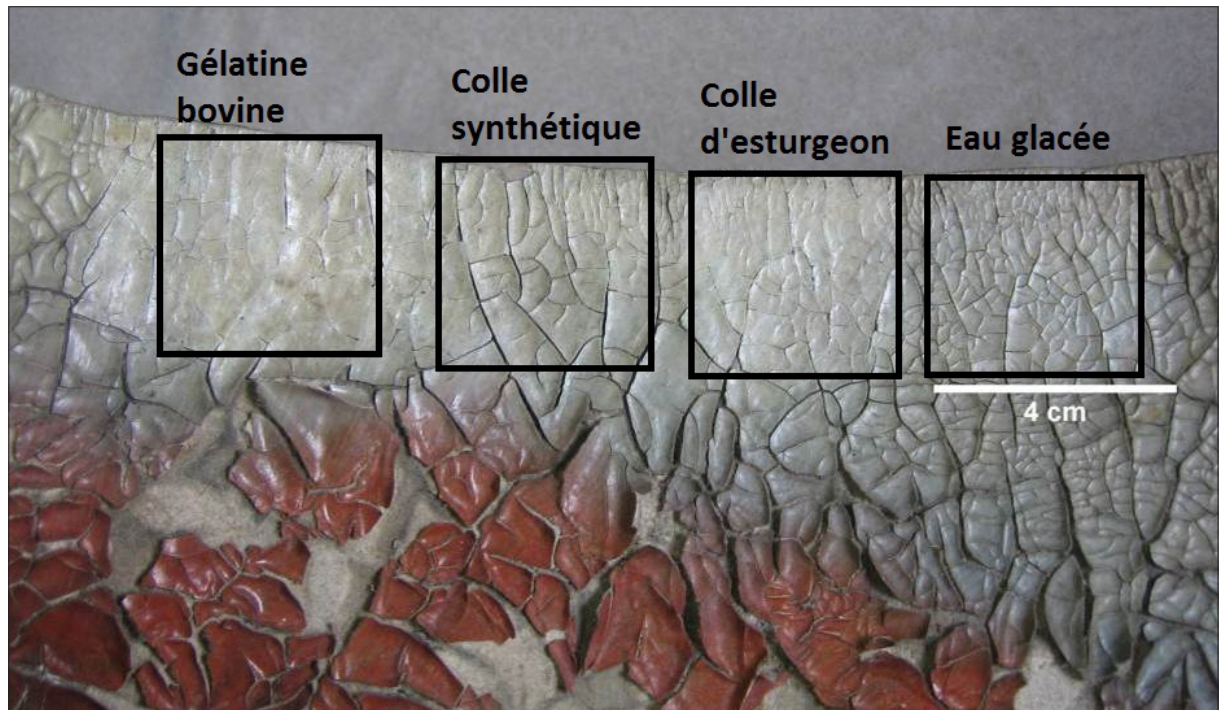
24. Op. cit., R. Barden.
25. Op. cit., E. Nijhoff Asser, B. Reissland, B.W.J. Grob, E. Goetz.

préparée en atelier (vessies natatoires Salianski Kremer Pigmente®, Laverdure) mise en œuvre à température ambiante, une gélatine bovine de type B (125LH, Rousselot®) légèrement tiédie (30 à 35 °C), et une résine acrylique en dispersion dans l'eau (Primal 330 S®, CTS) mise en œuvre à température ambiante. Cette dernière, couramment utilisée par les restaurateurs de peinture pour les opérations de refixage, a été choisie dans le but d'établir un comparatif avec les colles animales que nous avons privilégiées par la suite (fig. 6). Ces colles ont été testées à très faible concentration (2 % en poids) afin de comparer leurs pouvoirs collants dans ce contexte (l'idée était d'augmenter progressivement les concentrations ; or, les résultats à cette concentration allaient déjà s'avérer parlants et permettre de tirer des conclusions à ce stade). La mise en œuvre a été dans tous les cas d'infiltrer l'adhésif sous les soulèvements, puis de masser les écailles manuellement à travers une interface intissé polyester (Bondina®).

tuitive, l'aspect un peu brillant de la gélatine bovine est un rendu intéressant dans le cas des modèles Auzoux. En effet, l'aspect de surface initial de ces objets est brillant, comme on peut le constater sur les éléments internes démontables du cheval, tels que la vessie (fig. 7), qui sont restés protégés des altérations. Ces observations proviennent d'un examen préalable approfondi de ce type d'objet. En effet, l'empoussièrément et l'encrassement génèrent un aspect terni, et la dégradation de la couche picturale augmente la matité. Par ailleurs, la colle de vessie natatoire d'esturgeon présente surtout la caractéristique de passer de sol à gel à des températures plus faibles que la température ambiante, et ce indépendamment de la concentration choisie²⁷, contrairement à la gélatine bovine qui gélifie à température ambiante. De par sa faible viscosité, la colle d'esturgeon exige donc, une fois appliquée, une mise sous poids prolongée (24 heures) pour effectuer le collage. Elle est aussi plus coûteuse. Toutefois, comme il est mentionné plus

Figure 6.

La tentative à l'eau glacée uniquement (à droite) et les trois adhésifs testés ; de gauche à droite : gélatine bovine Rousselot® 125LH, Primal 330 S®, colle de vessie natatoire d'esturgeon.



© INP/B. DUMONT

La colle synthétique n'a pas permis de relaxer les écailles à un degré satisfaisant, ce qui a donné à une adhésion insuffisante et un résultat comparable à l'application d'eau glacée sans colle. Sa faible viscosité la conduit à fuser dans le papier, elle n'est alors plus disponible pour le processus d'adhésion²⁶.

Les refixages à la colle de vessie natatoire d'esturgeon et à la colle de gélatine bovine ont procuré de meilleurs résultats. À concentration identique, la première a un pouvoir collant supérieur à celui de la gélatine bovine. Elle présente aussi l'avantage d'avoir un pH neutre alors que celui de la gélatine bovine est faiblement acide, entre 5,5 et 6. De plus, elle est moins jaune, et l'aspect du film après séchage est mat. L'absence de modification optique (couleur, matité, profondeur des tons) est un critère important dans le choix d'un adhésif de refixage. Toutefois, de manière peut-être contre-in-

loin, son utilisation peut être envisagée en mélange avec une colle plus visqueuse, par exemple d'amidon. Malgré sa mise en œuvre délicate, car elle s'utilise tiède et qu'un apport de chaleur mal contrôlé pourrait altérer la surface peinte, la gélatine bovine a donc semblé la mieux adaptée au travail de refixage de l'objet lors de ces essais. Elle migre moins profondément dans le papier que la colle d'esturgeon qui demeure liquide lors de sa mise en œuvre, ce qui assure un meilleur collage, d'une part, et évite une humidification du métal situé à proximité, d'autre part. Des tests supplémentaires réalisés à des concentrations de 3 % puis 5 % (en poids) ont confirmé ce choix. Cependant, la mise en œuvre de la gélatine bovine implique aussi une mise sous poids lors des premières heures du collage, ce qui va s'avérer très vite contraignant et parfois impossible compte tenu de la morphologie tridimensionnelle de l'objet. En

26. Cet adhésif a la particularité d'avoir une viscosité faible. À 2 % comme à des concentrations supérieures préconisées pour les opérations de refixage, il n'était donc pas adapté dans ce contexte.

27. La colle de vessie natatoire d'esturgeon ne forme pas de gel à température ambiante, quelle que soit sa concentration. Augmenter ce dernier paramètre permet toutefois de faire varier la viscosité, sans qu'il se forme un gel.

effet, après la phase des essais menés sur des éléments démontables, cette gélatine a été testée sur le corps du cheval, en commençant par le dos, et à des concentrations mieux adaptées à la diversité des soulèvements. La concentration de 5 % (en poids) paraît alors la plus adéquate. Or, lors de la progression du traitement sur le flanc du cheval, il devient impossible de travailler sans l'aide d'un second opérateur lorsque les sacs de billes de plomb doivent être maintenus à l'aide de bandages élastiques, cette méthode de maintien ne permettant d'ailleurs pas toujours une pression homogène sur toute la zone où la colle est infiltrée, ce qui donne des résultats de refixage parfois irréguliers. Nous avons donc recherché une gélatine ayant des propriétés mieux adaptées à la configuration de l'objet, notamment avec un pouvoir collant plus important et un temps de passage de l'état sol à gel²⁸ plus court à la température et à la concentration de travail.

La gélatine porcine G1890 (Sigma®)

La gélatine choisie lors des premiers essais de refixage (Rousselot® 125LH) est couramment utilisée en conservation-restauration pour ce type d'application de consolidation et refixage de couches picturales. Il s'agit d'une gélatine alimentaire fabriquée à partir de collagène extrait de peaux bovines chaulées. Les gélatines d'origine bovine (peau ou os) sont de type B. La gélatine porcine G1890 (Sigma-Aldrich®), de type A, est un produit utilisé dans le domaine de la biologie, notamment pour les gels d'électrophorèse, et n'avait à notre connaissance jamais été utilisée en conservation-restauration. Les gélatines bovine et porcine testées ont un pH d'usage similaire²⁹. La différence notable entre ces deux colles en termes de mise en œuvre pour un restaurateur tient surtout à leur degré Bloom. Le degré Bloom et la force en gel sont des notions spécifiques à la gélatine qui sont reliées à sa rigidité et à son élasticité (voir encadré page 17).

Le degré Bloom de la gélatine bovine Rousselot® 125LH est moyen (125), celui de la gélatine porcine G1890 est élevé (300). En pratique, cela signifie qu'à concentration et température identiques (30 à 35 °C), la gélatine G1890 forme un gel plus ferme plus rapidement que la gélatine 125LH. Le collage se faisant dans un premier temps par ancrage mécanique entre deux surfaces poreuses, cette gélatine permet donc que l'adhésion des écailles soit mécaniquement forte et qu'elle commence à opérer au stade où la surface encore humide est pressée manuellement. Cette étape de massage relativement longue dure de 15 à 20 minutes selon les zones. Au terme de cette opération, le morceau d'intissé reste en place et n'est retiré que 24 heures plus tard, quand l'adhésion est totale, à l'aide de salive artificielle (mucine d'estomac de porc M1778, Sigma®) à 0,2 % en poids dans l'eau, cette action conduisant aussi à ôter l'excédent de colle en surface. Ainsi, la gélatine G1890 permet d'éviter l'application d'un poids après l'opération de consolidation-refixage et s'est avérée



très adaptée à ces traitements et aux contraintes de mise en œuvre.

Plus les gélatines sont pures, moins elles sont colorées³⁰. Aussi la colle de gélatine Sigma® G1890 est-elle bien claire alors que la Rousselot® 125LH est un peu plus jaune. Mais l'aspect brillant du film de colle au séchage pour les opérations de refixage sur un modèle Auzoux est équivalent. Par ailleurs, plus le degré Bloom est élevé, plus le pouvoir adhésif et la cohésion du film le sont. En revanche, le film est plus rigide. Le choix

Figure 7.

La vessie, élément démontable.

Méthodes d'analyse et conditions opératoires

Microscopie photonique et MEB-EDX

Les observations en microscopie photonique ont été réalisées à l'INP sur un microscope Nikon Eclipse ME600, équipé d'un dispositif pour l'examen en lumière polarisée (MLP) et l'épifluorescence (MF), avec une lampe à vapeur de mercure et deux cubes filtres à longueur d'onde d'émission ≥ 420 nm et ≥ 520 nm. La microscopie électronique et la spectrométrie des rayons X ont été réalisées au CRCC. Un microscope électronique à balayage à pression variable (MEB) JEOL JSM-5410LV a été utilisé, avec une tension d'accélération de 20 kV et une pression de 12 Pa. Les échantillons ont été observés en imagerie d'électrons rétrodiffusés (ER), préférée pour la mise en évidence du contraste de numéro atomique. Les composés inorganiques, pigments et charges, ont été identifiés par spectrométrie des rayons X en dispersion des énergies (EDX). Un détecteur Si(Li) Link PentaFET d'Oxford Instruments (logiciels Link ISIS) a été utilisé avec les conditions opératoires suivantes : tension d'accélération 20 kV, fenêtre ATM, angle d'élévation 30°, distance de travail 20 mm, temps de comptage 80 s, temps mort approximatif 30 %. Les spécimens ont été carbonés avant analyse.

28. « Passage de l'état sol à gel », « gélification » et « formation de gel » sont équivalents.
29. N. Schellmann, 2007, pp. 55-61.
30. *Op. cit.*, N. Schellmann, p. 63, « Higher levels of denaturation and molecular cleavage also intensify the colour of gelatinous solutions. This phenomenon may be responsible for the general conservation that the higher the Bloom value, the less yellow the gelatin ».

d'un séchage à température ambiante, et non accéléré par un apport de chaleur, permet d'optimiser les liaisons physico-chimiques opérant lors de la formation du film de colle, et donc sa souplesse³¹. Par ailleurs, le fort pouvoir collant de la gélatine Sigma® G1890 permet aussi de moduler la force adhésive par dilution et donc de l'utiliser à plus faible concentration que la gélatine Rousselot® 125LH, ce qui est un avantage puisqu'en conservation-restauration il est essentiel de déterminer la concentration juste suffisante afin d'introduire le moins de produit exogène possible dans l'objet et de travailler autant que faire se peut à un coût raisonnable.

La problématique de refixage de ce cheval Auzoux requérait des propriétés adhésives optimales pour assurer un collage papier/papier, mettant en œuvre le plus grand nombre d'interactions physico-chimiques possibles. Dans cette optique, la charge globale (positive ou négative) de la gélatine a une relative importance puisque les interactions électrostatiques participent aussi au processus d'adhésion. En outre, les fibres de papier sont globalement chargées négativement de par la présence de très nombreux groupements hydroxyles sur la cellulose, facilement polarisables. Ainsi, une gé-

latine de type A, comme la gélatine porcine choisie, globalement chargée positivement au pH de travail, permettra d'assurer une meilleure interaction électrostatique papier/colle (**notion de pHi, voir encadré page 17**).

Mise en œuvre du traitement de surface à la colle de gélatine

La mise en œuvre du refixage s'est faite par petites zones de 5 cm² environ. Après un nettoyage à la saline artificielle (mucine M1778, Sigma®) à 0,2 % en poids dans l'eau³², avec un coton enroulé autour d'un bâtonnet, la zone est mouillée progressivement à l'aide d'une éponge microporeuse trempée dans l'eau glacée, ce qui permet de contrôler l'apport aqueux. Puis un pinceau assez fin et à poils longs permet de retirer l'encre dans les craquelures par capillarité. Cette mise en œuvre³³ permet de faire suivre l'opération de consolidation-refixage directement après celle de nettoyage, avec le bénéfice du prémouillage, évitant ainsi le séchage entre les deux étapes, ce qui multiplierait les risques de gonflement/rétraction de la matière et d'augmentation des dommages de type clivage et glissement des couches de peinture. Des essais préalables

Réflexion sur l'usage des colles de gélatine en conservation-restauration

*Une bonne connaissance des propriétés physico-chimiques des gélatines permet une exploitation optimale de ces produits dans le cadre de la conservation-restauration du patrimoine** . Récemment, nous avons mené une enquête auprès de restaurateurs afin de connaître leurs pratiques à l'égard des colles de gélatine. Le questionnaire avait pour objectif de sonder les connaissances des professionnels de la restauration et d'évaluer l'étendue de l'usage de la gélatine G1890 Sigma® et ses applications. Il a été diffusé en français sur le site de la Fédération française des conservateurs-restaurateurs (FFCR) et en anglais sur la Conservation Distribution List***, en décembre 2014. Malgré la participation modérée (13 réponses en français et 19 en anglais), des tendances se dégagent sur les pratiques vis-à-vis de la gélatine. En France, la majorité des réponses a été fournie par des restaurateurs spécialisés en sculptures et objets et, dans une moindre mesure, par des restaurateurs de peintures. Dans les pays anglo-saxons, les réponses provenaient principalement de restaurateurs d'arts graphiques et de livres. Les participants français disent avoir recours à des colles de gélatine de type A comme de type B, généralement pour des opérations de refixage. Les participants anglophones ont recours aux gélatines de type A, surtout pour consolider les couches picturales sur papier, et aux produits de type B, en proportions égales, pour la consolidation de couches picturales sur papier, de l'encollage de papier ou des collages structurels. Les réponses montrent que les notions de gélatine de type A et B ne sont pas toujours clairement distinguées, l'espèce animale d'origine est parfois ignorée et la force en gel (degré Bloom) est peu prise en compte. En effet, la colle de vessie*

natatoire d'esturgeon est citée parmi les gélatines de type A alors que l'extraction se fait avec de l'eau sans ajout d'acide. Cette confusion peut s'expliquer par le fait que les gélatines d'origine ichthyologique, tout comme celles d'origine porcine, sont toujours de type A. Par ailleurs, quelques restaurateurs ne font référence qu'aux indications commerciales du produit, sans préciser son origine animale. De plus, seulement la moitié des restaurateurs français et deux tiers des participants anglais accordent de l'importance au degré Bloom. L'utilisation de gélatine porcine est citée six fois : à deux reprises, il est indiqué qu'il s'agit d'un produit de qualité alimentaire sans plus de précision, et dans les quatre autres cas il n'est pas précisé s'il s'agit de la gélatine G1890 commercialisée par Sigma®. Néanmoins, il ressort du questionnaire que les gélatines sont généralement appréciées et utilisées car elles sont d'origine naturelle, « fiables » (faisant ici référence à un processus de vieillissement connu et à des habitudes d'atelier) et réversibles (certaines opérations de collage, par exemple, sont modifiables ; la notion de good reversible sealing agent est précisée). En plus de leurs qualités adhésives indéniables, la recherche de compatibilité chimique avec le substrat et de produits de « bon vieillissement » (bonne stabilité dans le temps, évolution compatible et respectueuse avec les matériaux des œuvres) sont des critères mis en avant dans le choix de cette famille d'adhésifs.

* Op. cit., T. Nguyen, p. 31.

** Op. cit., N. Schellmann, p. 55.

*** La Conservation Distribution List est un forum en ligne pour les professionnels de la conservation-restauration, aussi bien restaurateurs que chercheurs et conservateurs (cool.conservation-us.org/byform/mailling-lists/cdl).

31. Op. cit., Nguyen, p. 33. Les restaurateurs ont parfois l'habitude d'accélérer les temps de séchage à l'aide d'un sèche-cheveux. Il est important de savoir que cela modifie dans certains cas les propriétés du film de colle. Lors de nos opérations de refixage, sur les conseils de T. Nguyen, nous avons choisi un séchage naturel.

32. Op. cit., B. Dumont, p. 113. Le nettoyage à l'eau glacée donnait souvent des résultats insuffisants. Conseillé par des confrères étrangers, le nettoyage enzymatique a fait l'objet de tests préalables sur le cheval et s'est avéré le plus simple et le plus efficace.

33. Communication personnelle avec E. Nijhoff Asser lors de sa visite aux ateliers de l'INP en février 2008.



Figures 8a et 8b.
Vue latérale gauche (zone intercostale) en cours de refixage.

ont permis d'établir qu'une concentration en gélatine porcine G1890 de 5 % (en poids) est adaptée à ce travail. À des concentrations plus faibles, le collage n'est pas toujours homogène car certaines écailles ne sont pas refixées : une seconde intervention serait donc nécessaire, ce que nous cherchions à éviter. Toutefois, il est important de spécifier que des opérations de même nature sur l'œuvre demeurent possibles dans le futur, si le liant de la polychromie venait à se dégrader.

L'avantage de cette mise en œuvre est d'opérer sans devoir recourir à la mise sous poids. En revanche, la température d'application (environ 30 à 35 °C) est un paramètre à contrôler de près, puisque la chaleur peut déformer ou altérer la polychromie.

Ce travail est long et méticuleux, l'amplitude des soulèvements étant très irrégulière. Les contraintes sont nombreuses : il faut travailler vite, s'adapter à chaque zone, intervenir par typologie d'écailles, en fonction des volumes de l'objet, et le plus souvent par zones espacées car, l'intissé restant en place 24 heures, il n'est pas possible d'opérer sur une zone immédiatement adjacente. Il arrive que la durée du nettoyage soit telle qu'elle double le temps de travail. Chaque intervention permet de refixer une zone approximative de 8 x 5 cm² en moyenne³⁴. L'aspect fibreux et brillant des muscles réapparaît, et on retrouve une bonne lecture des volumes anatomiques (**fig. 8a et 8b**).

Cette méthode de refixage à la gélatine porcine G1890 (Sigma®), de type A, mise au point dans le cadre du mémoire INP³⁵ a été ensuite reprise par d'autres restaurateurs sur un écorché d'Auzoux. Le Deutsches Historisches Museum (Berlin, Allemagne) a en effet achevé

en 2012 une campagne de restauration sur un modèle Auzoux humain³⁶. Dans ce travail, accompli par une restauratrice de sculptures et une restauratrice de peintures, des essais de mélange de colle de vessie natatoire d'esturgeon et de colle d'amidon s'utilisant à température ambiante, ayant un fort pouvoir collant et une viscosité suffisante, se sont également montrés très satisfaisants.

Conclusion

L'étude stratigraphique poussée a révélé la technique de peinture très élaborée mise en œuvre par le Dr Louis Auzoux. Cette étude a pu être menée sur un panel étendu de cinq échantillons, ce qui n'avait pas été fait auparavant, permettant non seulement d'identifier les pigments mais surtout de comprendre la spécificité de l'agencement des couches pigmentées entre elles et leur superposition. Ainsi, la recherche a révélé qu'un petit nombre de pigments, classiques mais de très bonne qualité, comme le sulfure de mercure ou le bleu de Prusse, étaient utilisés seuls ou en mélange. En outre, des pigments nouvellement découverts à l'époque, comme le jaune de chrome qui apparaît en 1818, sont aussi présents. Par ailleurs, il a été démontré que c'est grâce à la superposition de nombreuses couches picturales souvent très nombreuses, alternant sous forme de couches pigmentées très fines et de couches translucides, qu'un effet de profondeur et de brillance inégal est atteint.

Les interventions de refixage et de consolidation que nous avons menées se devaient de préserver ou rétablir ces caractéristiques exceptionnelles. L'aspect de la surface du cheval indiquait que le liant, dont nous avons déterminé la nature collagénique, était dégradé. Le choix après plusieurs essais d'une colle de gélatine assurait

34. *Op. cit.*, B. Dumont, pp. 180-181 (annexe 14 : Détail des temps de travail).

35. *Ibidem*, B. Dumont, pp. 111-122.

36. L'équipe B. Haussmann-M. Homolka a publié en ligne, en 2014, son rapport de restauration, Deutsches Historisches Museum, Berlin, Allemagne, http://www.dhm.de/fileadmin/medien/relaunch/sammlung-und-forschung/AK006782_hommeclastique_2014_Abgabe_2014_geschuetzt.pdf.

une compatibilité parfaite avec la couche picturale et permettait un apport d'adhésif indispensable pour redonner à la surface peinte sa souplesse et son élasticité. L'adhésif choisi, la gélatine G1890 (Sigma®), de type A, permet non seulement d'assurer un collage papier/papier, mais assure également un rôle de consolidant de la polychromie. Outre ces qualités d'adhésif et de consolidant (bon pouvoir collant et compatibilité avec les matériaux en présence), le degré Bloom de la gélatine G1890 a permis d'adapter la mise en œuvre pour un travail individuel (un seul restaurateur), ce qui est souvent difficile sur un objet tridimensionnel. Ce choix permet aussi d'intervenir ultérieurement sur l'objet, si une nouvelle restauration s'avérait nécessaire, afin de régénérer le liant au fur et à mesure de sa dégradation.

La pluridisciplinarité des équipes de restauration dans ce type de campagne est primordiale. Les modèles Auzoux sont en effet des objets tridimensionnels démontables complexes. D'une part, ils sont composites (carton-pâte, papier, métal, bois, fibres végétales) et leur polychromie est très élaborée. Des connaissances et des compétences techniques multimatériaux (avec le recours à des spécialistes de matériaux différents et experts en objets tridimensionnels) sont donc un atout pour la restauration. Par exemple, pendant la restauration du cheval Auzoux, les échanges avec des restaurateurs de peintures et d'arts graphiques ont enrichi la discussion lors des essais de refixage. D'autre part, la collaboration avec des scientifiques spécialisés dans divers domaines a permis de mieux comprendre la technologie de fabrication et les dégradations observées pour ainsi enrichir les connaissances de cette catégorie d'objets. ■

BIBLIOGRAPHIE

- **S. Colinart**, « Matériaux constitutifs », S. Colinart, J. Ligot, F. Drillon, G. Scherf, J. Hours, in *Sculptures en cire de l'ancienne Égypte à l'art abstrait*, Réunion des Musées nationaux, Paris, 1987, pp. 29-57.
- **A. Derieux, S. Thao, L. Robinet, B. Lavédrine, S. Vaiedelich**, « Nature of the extraordinary finish of Stradivari's instruments », *Angewandte Chemie International Edition*, n° 49, 2010, pp. 197-201.
- **B. Dumont, A.-L. Dupont, M.-C. Papillon, G.-F. Jeannel**, « Technical study and conservation treatment of a horse model by Dr. Auzoux », *Studies in Conservation*, n° 56, 2011, pp. 58-74.
- **J.P. Echard, L. Bertrand, A. von Bohlen, A.-S. Le Hô, C. Paris, L. Bellot-Gurlet, B. Soulier, A. Lattuati-Derieux, S. Thao, L. Robinet, B. Lavédrine, S. Vaiedelich**, « Nature of the extraordinary finish of Stradivari's instruments », *Angewandte Chemie International Edition*, n° 49, 2010, pp. 197-201.
- **R.L. Feller**, « Barium sulfate – natural and synthetic », *Artists' Pigments: A Handbook for their History and Characteristic*, Vol. 1, ed. R.L. Feller, University Press and National Gallery of Art, Cambridge and Washington, 1986, pp. 255-285.
- **J. Kirby, M. Spring, C. Higgitt**, « The technology of eighteenth- and nineteenth century red lake pigments », *National Gallery Technical Bulletin*, n° 28, 2005, pp. 69-95.
- **C. Marchal**, « Étude et conservation d'un modèle anatomique en papier mâché : l'écorché de cheval du docteur Auzoux », *Support Tracé*, n° 13, 2013, pp.72-83.
- **V. J. Murrel**, « Some aspects of the conservation of wax models », *Studies in Conservation*, n° 16, 1971, pp. 95-109.
- **T. Nguyen**, « Gelatin as adhesive », *Papier Restaurierung*, n° 4, 2005, pp. 31-34.
- **E. Nijhoff Asser, B. Reissland, B.W.J. Grob, E. Goetz**, « Lost fingers, scurfy skin and corroding veins: Conservation of anatomical papier-mâché models by Dr. Auzoux », in *ICOM Committee for Conservation, 15th Triennial Meeting, New Delhi, 22-26 September 2008: Preprints*, Vol. I, ed. J. Bridgland, Allied Publishers Pvt, New Delhi, 2008, pp. 285-292.
- **F. Perego**, *Dictionnaire des matériaux du peintre*, Belin, Paris, 2005.
- **N. Schellmann**, « Animal glues: A review of their key properties relevant to conservation », *ICC Review in conservation*, n° 8, 2007, pp. 55-66.
- **H. Schweppe, H. Roosen-Runge**, « Carmine », *Artists' Pigments: A Handbook for their History and Characteristic*, Vol. 1, ed. R.L. Feller, University Press and National Gallery of Art, Cambridge and Washington, 1986, pp. 47-64.
- **S. M. Tosh, A. G. Marangoni**, « Determination of the maximum gelation temperature in gelatin gels », *Applied Physics Letters*, 84 (21), 2004, pp. 4242-4244.
- **Source Internet**
Smithsonian National Museum of American History, Behring center. Conservation treatment; anatomical model of a man
http://americanhistory.si.edu/anatomy/preservation/nma03_preser_ct_1.html (page consultée le 17/03/15)

Ouvrage non publié (mémoire INP)

- **B. Dumont**, « Conservation-restauration d'un écorché de cheval en carton moulé et peint, dit " Cheval elastique ", de Louis Auzoux (1797-1880), appartenant au musée Fragonard. Recherche sur la technologie de l'objet et simulations des altérations de surface », Diplôme de l'Institut national du patrimoine (INP), Paris, 2008.

Remerciements

Nous souhaitons remercier Juliette Levy, restauratrice de sculptures et responsable de l'atelier sculpture à l'INP pour avoir encadré le travail de mémoire INP ; Christophe Degueurce, conservateur du musée de l'École vétérinaire de Maisons-Alfort (94), qui nous a confié la restauration de l'objet ; Gaël-François Jeannel, chimiste au laboratoire de l'INP, pour l'étude des matériaux organiques par chromatographie en phase gazeuse ; Ludovic Bellot-Gurlet, professeur des universités, université Pierre-et-Marie-Curie, UMR 8233 (MONARIS) pour l'étude par spectrométrie Raman, et Gyslain Vanneste, photographe à l'INP, pour les prises de vue. Nous remercions aussi Elizabet Nijhoff, restauratrice indépendante d'arts graphiques à Amsterdam (P.-B.) pour les échanges fructueux.