



HAL
open science

Les albâtres peints de la fin du Moyen Âge en Aquitaine : de l'analyse des matériaux à la restitution matérielle et numérique

Maud Mulliez, Aurélie Mounier, Markus Schlicht, Pascal Mora, François
Daniel

► To cite this version:

Maud Mulliez, Aurélie Mounier, Markus Schlicht, Pascal Mora, François Daniel. Les albâtres peints de la fin du Moyen Âge en Aquitaine : de l'analyse des matériaux à la restitution matérielle et numérique. *Pictor*, 2022, 11, pp.221-239. hal-03682609

HAL Id: hal-03682609

<https://hal.science/hal-03682609v1>

Submitted on 3 Jan 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

« Les albâtres peints de la fin du Moyen-Âge en Aquitaine : de l'analyse des matériaux à la restitution matérielle et numérique »

In : J. Boislève, M. Carrive et F. Monier (dir.), *Peintures et stucs d'époque romaine. Etudes toichographologiques, Actes du 32^e colloque de l'AFPMA, Nîmes, 22et 23 novembre 2019* (collection Pictor, vol. 11), Bordeaux : Ausonius Editions, 2022, p. 221-239.

Maud Mulliez, Ausonius (UMR 5607)/Archeovision (UMS 3657) / ArScAn (UMR 7041)
maud@maudmulliez.com

Aurélié Mounier, IRAMAT-CRPAA (UMR 5060) aurelie.mounier@u-bordeaux-montaigne.fr

Markus Schlicht, Ausonius (UMR 5607) markus.schlicht@u-bordeaux-montaigne.fr

Pascal Mora, Archeovision Production pascal.mora@u-bordeaux-montaigne.fr

François Daniel, Archeovision Production francois.daniel@archeovision-prod.fr

Résumé : Le programme "Albâtres", dédié à l'étude de la polychromie des plaques d'albâtre anglais de la fin du Moyen-Âge conservées sur le territoire aquitain, mobilise plusieurs champs disciplinaires. Grâce à une collaboration entre différents partenaires tels que les laboratoires Ausonius, CRPAA, LP2N de l'institut d'Optique d'Aquitaine, Archeovision ou encore le musée d'Aquitaine, la couleur est abordée tant dans sa dimension physico-chimique que symbolique ou signifiante, dans sa dimension matérielle et susceptible d'être reproduite, numériquement ou réellement. Les restes de couleur à la surface des plaques d'albâtre sculptées qui représentaient des scènes religieuses, rassemblées sous la forme de retables, sont parfois conséquents mais altérés, parfois au contraire très ténus et nécessitent une observation très fine, grâce à une série d'examen visuels, une large documentation macrophotographique et des analyses physico-chimiques. À partir des matériaux d'origine identifiés, des recreations matérielles ont permis d'avoir une vision non altérée de leur aspect de surface. Elles ont également été utilisées comme référence colorimétrique pour la restitution numérique, chaque couleur faisant l'objet de mesures spectrophotométriques. Ce projet a également permis, cas exceptionnel, de reproduire, en albâtre, une plaque du Musée d'Aquitaine représentant l'Assomption de la Vierge qui a pu être peinte à partir des données collectées sur l'original. Cette double restitution, numérique et matérielle, pour un même objet, est aussi l'occasion unique de comparer ces deux méthodologies de restitution.

Abstract : The research program ALBÂTRES, dedicated to the study of the polychromatic properties of slabs of English alabaster from the late middle ages preserved in Aquitaine, calls on several different disciplines. Thanks to a collaboration between a number of partners, including the Ausonius laboratory, CRPAA, LP2N of the Institut d'Optique d'Aquitaine, Archeovision and also the Musée d'Aquitaine, colour is studied as much in terms of its physico-chemical properties as for its symbolism or significance, its materiality and properties allowing it to be reproduced, digitally or materially. The traces of colour on the surface of the sculpted alabaster slabs, which represented religious scenes in the form of altarpieces, are often either considerable but altered or sometimes conversely, tenuous and necessitating very detailed observation, which can be made thanks to a series of visual examinations, a wide

microphotographic documentation and physio-chemical analysis. From the original materials identified, it was possible to reproduce the original look of the surface. These were also used as colorimetric references for the digital restitution, each colour having its own spectrophotometric measurement. This project also allowed, exceptionally, the reproduction in alabaster of a slab belonging to the Musée d'Aquitaine depicting the Assumption of the Virgin Mary, which could be painted using the data collected from the original. This double reconstruction, digital and material for the same object, is also a unique opportunity to compare the two methods of restitution.

Mots clefs : albâtre, analyse de la polychromie, polychromie, couleur, Moyen-âge, dorure, restitution, archéologie expérimentale, modèle 3D, peinture numérique

Key words : alabaster, polychromy analysis, polychromy, colour, Middle Age, gilding, reconstruction, experimental archaeology, 3D model, digital painting

Avant-propos

Si les albâtres peints du Moyen-âge ne sont ni une forme de peinture murale ni ne s'apparentent à l'Antiquité, la méthodologie pour en étudier les couleurs et en proposer des restitutions afin de mieux appréhender leur apparence et ce qu'ils pouvaient représenter pour leurs contemporains, peut quant à elle être transposée à d'autres périodes. Si les modes de représentations ne sont pas les mêmes, les matériaux et les techniques de peinture n'ont pas connu des ruptures majeures entre l'Antiquité et le Moyen Âge. Les décloisonnements entre les disciplines et les périodes étudiées permettent un enrichissement des réflexions dont nous souhaitons que cette démarche innovante soit une illustration.

Introduction : présentation des albâtres anglais et du programme de recherche

De nombreuses plaques d'albâtre sculptées et peintes à la fin du Moyen-Âge en Angleterre (entre 1350 et 1530) ont été détruites à la suite de la Réforme anglicane. Il en subsiste cependant plus de deux mille quatre cents qui furent exportées soit légalement soit vendues clandestinement sur le continent. C'est ainsi qu'après la Normandie et l'Angleterre, où des collectionneurs en rapatrièrent au cours du XXe siècle, le pays bordelais compte la plus grande concentration de ces panneaux, avec plus d'une centaine d'œuvres répertoriées dont une vingtaine présente des traces de polychromie significatives. Le programme ALBATRES, programme Labex (LaScArBx 2018-2020), a donc eu pour ambition d'étudier l'ensemble de ces plaques et de proposer pour certaines d'entre elles des restitutions à l'appui desquelles peut se déployer une meilleure connaissance des usages autour de la polychromie et de ces œuvres dans leur entièreté. Dans cet article, l'accent est mis sur la mise en œuvre des restitutions numériques et, cas exceptionnel¹, de la copie matérielle de l'une d'elles, l'Assomption de la Vierge, conservée au Musée d'Aquitaine de Bordeaux (n° inv. 11775).

¹ Signalons que le Museo Eclesiastico de Bilbao a fait réaliser deux répliques en résine de l'albâtre anglais représentant sainte Catherine, et qui se trouvait jusqu'en 2004 sur la façade de la tour Maguregui à Lekeitio (pays basque) ; les répliques ont été recolorées en imitant leur polychromie médiévale présumée. Cf. <http://lekitxozaharra.blogspot.fr/2010/02/la-imagen-de-santa-katalina-de-bergara.html> .

Ces plaques d'albâtre représentaient des cycles religieux et, insérées dans des hucheries, structures en bois elles-mêmes très colorées, elles formaient des retables dont la polychromie était un aspect essentiel, indissociable des œuvres elles-mêmes. Loin d'être facultatives en effet, les couleurs n'étaient pas de légers rehauts destinés à agrémenter les reliefs sculptés, elles étaient intrinsèquement liées à la sculpture, dans l'élaboration même des volumes. Ainsi certains éléments en relief sont-ils pratiquement illisibles ou d'une apparence très étrange, n'était-ce le recours à la couleur. Mais l'état de conservation des plaques ne permet pas de se faire une idée claire de leur aspect d'origine : selon les cas, la polychromie a parfois totalement disparu, s'est altérée ou n'a laissé que des traces très ténues ou bien, au contraire, les vestiges sont assez conséquents pour permettre une restitution suffisamment fiable. Ce travail de reconstitution est, somme toute, nécessaire pour se figurer l'éclat d'origine que pouvaient revêtir ces œuvres, et ainsi en appréhender la valeur tant esthétique que symbolique.

Pour rendre à quelques-unes de ces plaques d'albâtre leur aspect d'origine, polychrome, le plus proche possible de ce qu'il devait être, à partir des données dont nous disposons actuellement, un protocole d'étude a été mis en œuvre. Il inclut le récolement des données disponibles, la production de nouvelles données, génériques ou spécifiques à chacun des objets étudiés, et tout le processus de restitution, numérique ou matérielle – processus dont on peut rappeler qu'il est, en soi, un outil de recherche². Ces différentes étapes ont pu être définies puis mises en place au sein du programme ALBATRES grâce à une riche et incontournable collaboration entre les partenaires impliqués : à travers les chercheurs des différents laboratoires, Ausonius, CRPAA, Archeovision, LP2N, mais aussi les institutions et lieux de conservation qui nous ont permis d'accéder aux œuvres et de les étudier (en particulier le Musée d'Aquitaine de Bordeaux, le musée des Beaux-arts de Libourne, la mairie de Bordeaux, ainsi que les municipalités de l'Entre-deux-mers et du Médoc). Le programme ALBATRES a permis de réaliser plusieurs restitutions : celles, numérique et matérielle du panneau de l'Assomption de la Vierge conservé au Musée d'Aquitaine de Bordeaux (n° inv. 11775), qui seront présentées ici en détail, ainsi que les restitutions numériques des panneaux figurant l'entrée au Paradis du Musée de Libourne et le Couronnement de la Vierge du retable de l'église Saint-Michel de Bordeaux.

I – Études préalables

1.1.Examen visuel et macrophotographie

L'ensemble des panneaux du corpus néo-aquitain a fait l'objet d'une étude in-situ, afin d'en relever toutes les traces de polychromie. Une large documentation macrophotographique a été réalisée à cette occasion, permettant de collecter des images précises de l'ensemble des restes de couleurs conservées mais aussi éventuellement d'en comprendre la stratigraphie lorsque l'on a affaire à un ensemble de couches de peinture superposées parfois complexes (**Fig. 1**). Ces photographies, souvent prises dans des contextes difficiles en terme d'accès et d'éclairage, ne sont cependant pas calibrées. De ce fait et étant donné que la plupart des couleurs se sont altérées au cours du temps, cette documentation photographique ne peut pas servir directement de référence pour les restitutions (cf. infra la constitution de la palette numérique). Les

² La nécessité de restituer force en effet à observer les œuvres que l'on étudie avec une attention plus aiguisée pour y déceler tous les indices susceptibles d'être utiles à la restitution ; c'est ainsi que Dimitri Laboury a souhaité désigner l'article dédié à la restitution du buste d'Akhénaton « Etude du buste d'Akhénaton du Musée du Louvre par restitution 3D polychrome » dans Laboury et al. 2019 ; voir aussi Mulliez, à paraître 2020 <https://journals.openedition.org/insitu/> et Vergnieux 2011 : 3. Les modèles 3D comme outils d'aide à la recherche.

macrophotographies permettent de capter les traces trop ténues pour être visibles à l'œil nu, et en conservent la mémoire. Elles constituent également une aide précieuse pour déterminer et cartographier la distribution des couleurs.

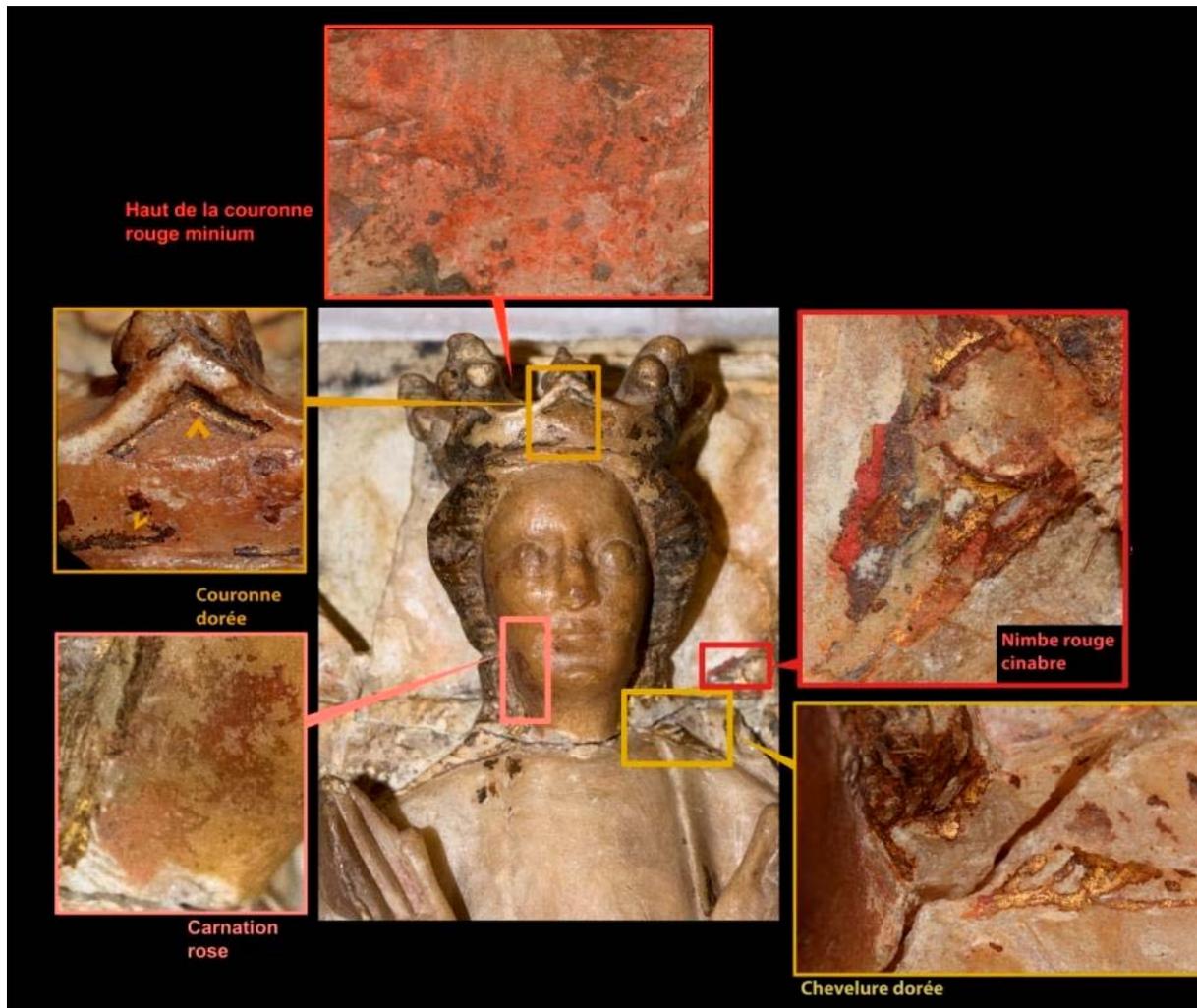


Figure 1 : Macrophotographies réalisées sur le panneau de l'Assomption de la Vierge, Musée d'Aquitaine de Bordeaux, inv. 11775, détails autour de la tête de la Vierge, photo : M. Schlicht.

1.1 Analyses physico-chimiques

Afin de connaître la composition précise des couleurs, une série d'observations (lampe ultraviolette, microscope optique) et d'analyses physico-chimiques (spectrométrie de réflectance par fibre optique dans les domaines du visible (FORS-VIS) et de l'infrarouge (FORS-NIR et fluorimétrie) a pu être réalisée. Dans la majorité des cas, elles l'ont été avec des techniques non-invasives, sans contact et rapides mais quelques micro-prélèvements (réalisés uniquement sur l'Assomption de la Vierge du Musée d'Aquitaine) ont également permis d'obtenir des informations complémentaires (Fig. 2). Dans la majorité des cas, les pigments ont pu être identifiés.

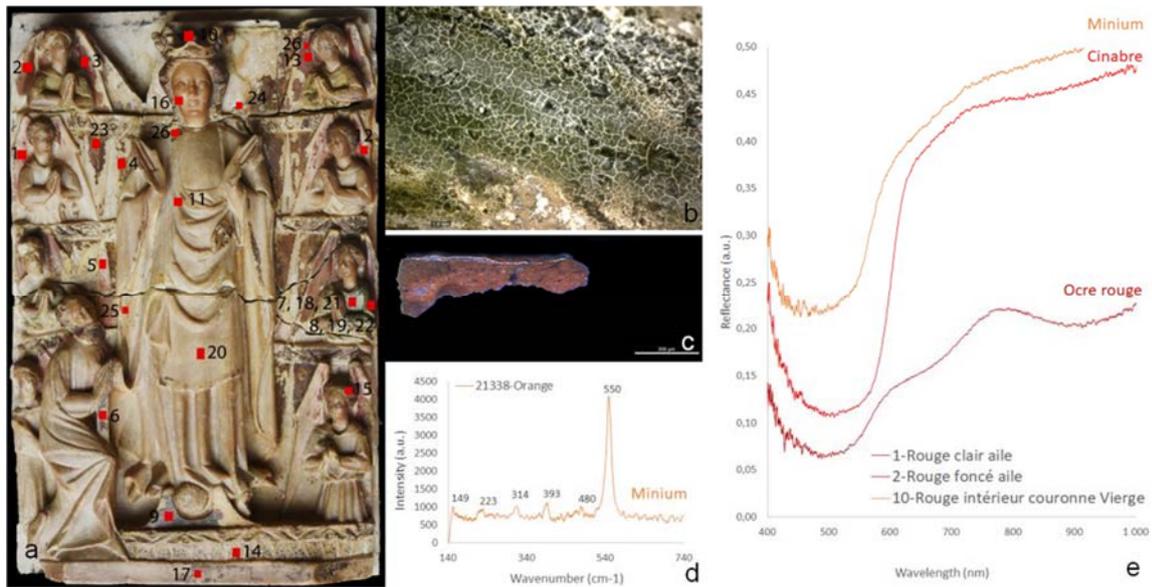


Figure 2 : a) Panneau de l'Assomption de la Vierge (Musée d'Aquitaine) avec la localisation des zones d'analyses ; b) image obtenue au microscope optique dans une zone verte qui montre un réseau de craquelures important ; c) coupe stratigraphique de l'échantillon prélevé dans la dorure à la droite de la Vierge (près du point d'analyse n°5) : la feuille d'or est collée sur une épaisse couche de mixtion composée de minium, d'ocre rouge et d'huile ; d) spectre Raman obtenu dans cet échantillon sur des grains oranges qui sont du minium ; e) exemples de spectres de réflectances obtenus dans le rouge clair de l'aile du 2e ange d'en haut à gauche (point 1 : cinabre), du rouge foncé de l'aile de l'ange en haut à gauche (point 2 : ocre rouge) et enfin l'orangé de l'intérieur de la couronne est du minium (point 10).

Ainsi a-t-on pu relever l'emploi de douze pigments différents auxquels il faut ajouter la dorure : cinabre, ocre rouge, terre d'ombre, minium, blanc de plomb, ocre jaune, jaune organique, indigo, azurite, vert-de-gris, résinate de cuivre, noir de carbone, or³. Nous avons également obtenu des informations concernant le liant puisqu'en confrontant plusieurs résultats d'analyse, de l'huile, type huile de lin, a pu être identifiée mélangée aux pigments et en mixtion (mélangée la plupart du temps avec de l'ocre rouge et un peu de minium) pour faire adhérer les feuilles d'or.

1.2 Formulation d'hypothèses : cartographie de la répartition des couleurs

Sur la base des éléments observés directement sur les panneaux, des analyses réalisées, mais aussi par analogie avec d'autres plaques du corpus néo-aquitain ou d'ailleurs, dans la mesure où l'on a affaire à un art relativement codifié et particulièrement homogène, il a été possible de cartographier la répartition des couleurs. L'examen visuel d'une centaine d'albâtres anglais à la polychromie bien conservée, répartis sur une grande partie du territoire français⁴, permet de

³ Mounier et al. 2020.

⁴ Outre les panneaux de la région bordelaise, les albâtres anglais suivants ont été examinés : les collections du Musée national du Moyen Âge et du Musée du Louvre à Paris, du musée départemental de la Seine-Maritime à Rouen, du musée des Augustins à Toulouse et du château comtal de Carcassonne. Nous remercions vivement les conservateurs de ces institutions, en particulier Charlotte Riou, Damien Berné, Florian Meunier, Jean-Yves Le

constater une certaine permanence. Tous les panneaux examinés montrent ainsi dans leur partie basse des fonds verts semés de fleurettes à cœur rouge et pétales blancs ; dans la partie supérieure, les fonds, semés de pastilles de gypse, sont entièrement dorés. Les carnations des personnages sont d'un blanc pur (couleur de l'albâtre), hormis les caractères négatifs (comme les tortionnaires) dont la peau montre une couleur rose ou marron. Les cheveux et les barbes des saints sont dorés, ceux des personnages pris en mauvais part noirs, marron ou rouge foncé. Les vêtements présentent habituellement un avers blanc (couleur de l'albâtre) et un revers rouge, moins souvent bleu. Les ourlets sont presque systématiquement dotés de lisérés dorés. Ces conventions picturales observées par la très grande majorité des peintres d'albâtre permettent fréquemment de déduire la couleur originelle des parties lacunaires. S'y ajoutent la prévalence des surfaces unies et des couleurs saturées obtenues à partir d'un type de pigments, ou encore la forte réduction du nombre de nuances – autant de principes qui guident la restitution des éléments manquants en l'absence d'autres indices.

C'est sous la forme de crayonnages à l'aide de couleurs théoriques réalisés aux crayons de couleur que cette première phase de rendu de la polychromie des panneaux en relief se met en place, sur une photographie en noir et blanc aux contrastes réduits. Si elle ne donne pas encore une idée précise de l'aspect que devait avoir l'objet, elle constitue un outil de travail très utile, qui permet de ne pas laisser de parcelles dans l'oubli, de se questionner sur chaque élément, de définir les formes de chaque zone de couleurs dont les frontières devront être précisément respectées lors des restitutions.



Figure 3 : Panneau de l'Assomption de la Vierge dans son état de conservation actuel (à gauche) et cartographie de la répartition des couleurs par crayonnage (à droite).

Pogam et Nicolas Hatot, pour leur aide précieuse. Les retables de Nailloux (Haute-Garonne) et de Saint-Nicolas-du-Bosc (Eure), de même que les panneaux de Montgeard et de la Trinité de Cherbourg ont également été pris en compte.

1.3 Recréation d'échantillons matériels

Une série d'échantillons matériels, reprenant la stratigraphie et les matériaux fournis par les analyses et les macrophotographies, a pu ensuite être mise en œuvre. Réalisés sur des plaques d'albâtre⁵, à partir de matériaux équivalents à ceux utilisés au Moyen-Âge (pigments, liants, feuilles métalliques...) et d'outils dans la mesure du possible similaires, les échantillons permettent à la fois d'en expérimenter l'usage et de produire une référence visuelle pour chaque combinaison possible. Ils nous donnent une vision non-altérée des couleurs altérées que nous pouvons observer sur les panneaux originaux, telles qu'elles devaient se présenter au regard d'un spectateur du Moyen-Âge.

Dans certains cas, plusieurs pigments sont présents pour une même mesure, mais les techniques non invasives ne permettent pas de dire si les différentes couleurs étaient appliquées en mélange ou en superposition (comme le permettraient des microprélèvements), ainsi toutes les possibilités ont été testées, sans pouvoir assurer, cependant, dans le cas des mélanges la proportion d'un pigment par rapport à un autre. Différents types de dorure ont été également été reproduits, ainsi que la réalisation de pastilles en gypse, caractéristiques des fonds dorés, dont les détails de la mise en œuvre seront précisés ci-après.

84 échantillons modèles ont ainsi pu être expérimentés.

Tableau de l'ensemble des échantillons réalisés :

1. Rouges seuls ou en superposition de même pigment	2. Rouges en mélange ou en superposition d'un autre pigment	3. Jaunes et Bruns	4. Bleus	5. Verts	6. Superpositions avec motifs	7. Dorure	8. Blanc de plomb en sous-couche	9. Huile de lin en sous-couche	10. Tests divers
Ocre rouge 1 (Pozzuoli)	Ocre rouge 3 + cinabre	Ocre jaune 1 (jaune de Puyssat)	Indigo	Résinate de cuivre 1	Cinabre + motifs blanc de plomb	Mixtion ocre rouge & rares grains de minium	Blanc de plomb	Huile de lin	Ocre rouge 2 (oxyde rouge) + cinabre
Ocre rouge 1 (Pozzuoli) + glacis de même couleur	Ocre rouge 3 & cinabre	Ocre jaune 2 (ocre jaune clair prov. inconnue)	Indigo dilué	Résinate de cuivre 1 + résinate de cuivre 1	Cinabre + blanc de plomb + noir de carbone	Mixtion ocre rouge & rares grains de minium + dorure à la coquille	Blanc de plomb + noir de carbone	Huile de lin + noir de carbone	Ocre rouge 2 (oxyde rouge) & cinabre
Ocre rouge 2 (oxyde rouge)	Minium + cinabre	Ocre brun	Vert de gris & indigo	Résinate de cuivre 1 + résinate de cuivre 1 + résinate de cuivre 1	Cinabre + noir de carbone	Mixtion ocre rouge & rares grains de minium + feuille d'or	Blanc de plomb + cinabre	Huile de lin + cinabre	Blanc de plomb + Ø / une couche de résinate / 2 couches de résinate
Cinabre	Minium & cinabre	Terre d'ombre	Vert de gris + indigo	Résinate de cuivre 2	Résinate de cuivre + cinabre et blanc de plomb	Semis de pastilles + mixtion ocre rouge & rares grains de minium + feuille d'or	Blanc de plomb + résinate de cuivre	Huile de lin + résinate de cuivre	Ocre jaune 1 + Ø / une couche de résinate / 2 couches de résinate
Cinabre + glacis de même couleur	Ocre rouge 4 + glacis ocre rouge 2	Jaune organique : stil de grain	Ocre jaune + indigo	Résinate de cuivre 2 + résinate de cuivre 2	Rose (blanc de plomb & cinabre) + motifs noir, minium et ocre rouge	Mixtion ocre jaune & rares grains de minium	Blanc de plomb + vert de gris	Huile de lin + vert de gris	Ocre jaune 2 Ø / une couche de résinate / 2 couches de résinate
Minium	Ocre rouge 4 + glacis cinabre	Jaune organique : bourdaine	Azurite	Résinate de cuivre 2 + résinate de	Cinabre & blanc de plomb	Mixtion ocre jaune & rares grains de minium	Blanc de plomb + indigo &	Huile de lin + indigo &	Ocre jaune ? & blanc de plomb Ø / une

⁵ L'albâtre dont nous avons pu disposer provient d'Espagne, de la région de Tarragone en Aragon, constitué de 100% de gypse, les carrières d'albâtre anglais n'étant plus exploitées. Son aspect semble différer de l'albâtre anglais, a priori moins translucide et d'un blanc plus éclatant, bien qu'il ne soit pas aisé de comparer un albâtre extrait il y a plusieurs centaines d'années et ayant subi plusieurs traitements tels que l'application d'huile susceptible d'en avoir modifié l'aspect, et un albâtre tout juste sorti des carrières.

				<i>cuivre 2+ résinate de cuivre 2</i>	<i>+ motifs blanc de plomb</i>	<i>+ dorure à la coquille</i>	<i>blanc de plomb</i>	<i>blanc de plomb</i>	<i>couche de résinate / 2 couches de résinate</i>
				<i>Vert de gris</i>		<i>Mixtion ocre jaune & rares grains de minium + feuille d'or</i>			
				<i>Vert de gris + glacis vert de gris</i>		<i>Semis de pastilles + mixtion ocre jaune & rares grains de minium + feuille d'or</i>			
				<i>Vert de gris + résinate de cuivre 1</i>		<i>Semi de pastilles + mixtion minium sur les pastilles et ocre rouge & rares grains de minium pour le reste + feuille d'or</i>			
				<i>Vert de gris + résinate de cuivre 2</i>		<i>Semis de pastilles + mixtion minium + feuille d'or</i>			
				<i>Résinate de cuivre 1 + glacis vert de gris</i>		<i>Mixtion ocre jaune & rares grains de minium + feuille d'or + motifs noirs</i>			
				<i>Résinate de gris + glacis résinate de cuivre 2</i>		<i>Mixtion ocre rouge & rares grains de minium + feuille d'or + résinate de cuivre + motifs verts + blanc de pb et ocre rouge + blanc de plomb</i>			

Légende : « + » signifie couche superposée, « & » signifie mélange de pigments ; on appelle « glacis » une couche contenant peu de grains de couleur dilués dans le liant. Lorsque les pigments ont des numéros cela indique qu'on a testé plusieurs nuances de pigments de même nature.

Il faut cependant relever plusieurs biais relatifs à cette approche qui, si elle est sans doute la moins mauvaise pour approcher au plus près l'aspect originel des couleurs et de leur aspect matériel, est encore perfectible : certains facteurs ont dû être arbitraires, faute d'informations suffisantes à leur sujet. Par exemple, la proportion entre liant et pigment n'est pas connue : pour atteindre un effet couvrant, qui prédomine sur les panneaux d'albâtre d'origine anglaise, les artisans préféraient-ils procéder à l'aide de couches peu nombreuses, les plus couvrantes possibles donc avec une peinture épaisse, ou plutôt par couches multiples moins couvrantes ? Nous avons privilégié la première solution qui nous semblait plus logique, mais au vu de l'aspect de la plupart des surfaces d'origine qui ne présentent pas de traces de pinceau, c'est peut-être la deuxième formule qu'il faudrait retenir. En effet, c'est à l'aide d'une peinture relativement fluide que l'on parvient à ne pas laisser de traces de pinceaux, contrairement à une peinture empâtée. Cette peinture plus fluide est, en fonction des pigments, généralement moins couvrante et nécessite un nombre de couches plus important.

Par ailleurs, le format rectangulaire des échantillons (3 x 4 cm) est arbitraire et peu naturel, il force à adopter des gestes un peu différents dès lors qu'on applique la peinture sur un relief aux formes plus libres, notamment pour parvenir à rendre la surface homogène dans les angles qui

sont finalement très rapprochés les uns des autres sur une si petite surface et empêchent des gestes fluides et amples pour la réalisation d'aplats. Pour pallier ce problème, une plaque plus modeste que la copie de l'Assomption du Musée d'Aquitaine a également été sculptée. Elle représente la partie inférieure d'une scène fréquemment représentée, le Trône de grâce, où deux anges agenouillés se tiennent au pied de la croix, portant un calice afin de recueillir le sang coulant des pieds percés du Christ. Sur cette plaque, il a été décidé de faire apparaître tous les pigments identifiés et combinaisons possibles, afin d'avoir un aperçu de leur rendu en relief : certains en effet, tels que le bleu, qu'il s'agisse d'azurite ou d'indigo, ne sont pas présents sur la plaque de l'Assomption. Le panneau des deux anges a également permis de réaliser des mesures optiques de chaque couche superposée, mesures qui doivent servir pour la création de « shaders » permettant de rendre les effets de matière dans le modèle 3D⁶.



Figure 4 : Panneau expérimental représentant les anges du Trône de grâce en cours de réalisation.

Enfin certains pigments de même nature présentent une grande variété de nuances : nous n'en avons sélectionné que deux ou trois, présentant des différences significatives, par exemple pour les ocres rouges, ocres jaunes ou le résinate de cuivre, mais ces choix sont arbitraires bien que réfléchis – on a en effet choisi des nuances très différenciées – et réduisent la gamme des possibles : cela est cependant indispensable car sans cela, nous aurions une quantité d'informations et de combinaisons à tester totalement ingérable⁷.

Une autre difficulté liée à la nécessité de documenter le travail en cours de réalisation peut être évoquée ici. Les différentes phases ont été enregistrées sous la forme de séquences vidéo. Le fait de s'auto-filmer offre des avantages et des inconvénients. Parmi les avantages, il y a la possibilité de filmer à n'importe quel moment, à n'importe quel intervalle de temps entre deux opérations. En effet, il faut être assez flexible pour se conformer aux temps d'attente qui peuvent parfois être de plusieurs jours (séchage de l'huile notamment) sans qu'on puisse le prévoir à

⁶ Ces données ont été utilisées dans la suite du projet, grâce à une collaboration avec le LP2N et Archeovision, voir infra § sur le painting du modèle numérique.

⁷ Dans un autre projet, consacré au seul ange porteur de lune du tympan du portail royal de la cathédrale Saint-André de Bordeaux, nous avons au contraire traité de la plus large gamme de nuances possibles, voir https://archeovision.cnrs.fr/retrocolor3d/index_portail.html et Mulliez 2017.

l'avance ; ou bien parfois, il faut intervenir à un moment très précis, notamment pour la pose de la feuille d'or qui en fonction du temps de séchage de la mixtion (normalement environ 12 heures mais parfois beaucoup moins) nécessite de travailler à des horaires très aléatoires, parfois très tard le soir ou tôt le matin. Par ailleurs, on peut s'enregistrer pour commenter ce qui est en train de se passer, les sensations que l'on a, les questionnements, les étonnements sur la façon dont se comporte la matière, les descriptions de telle ou telle manipulation, d'une difficulté rencontrée (etc.), autant d'éléments qui sont toujours difficiles à retranscrire a posteriori par écrit. Dans la réalité, cela n'a pas été très aisé de s'habituer à parler seule dans ce but ; c'est plus naturel d'exprimer tout cela à quelqu'un, mais dans les cas où cela a eu lieu, les informations ainsi consignées se sont avérées très intéressantes : il faudrait parvenir à généraliser cet exercice. Mais, la plus grande difficulté dans le fait de s'auto-filmer est lié à la disponibilité d'esprit consacrée à la caméra au lieu de se concentrer sur le travail : devoir penser à placer la caméra sur son pied de façon à ce que l'action puisse être visible sans que les gestes et positions n'en masquent une partie, sans pouvoir contrôler au fur et à mesure ce qui est réellement filmé, enclencher et arrêter la prise de vue, restent relativement contraignants. Surtout, les gestes produits lorsque l'on sait que l'on risque de s'interposer entre le panneau et l'objectif ne sont pas tout à fait naturels, la façon de positionner son corps par rapport à l'objet, de placer sa main est modifiée par la conscience de devoir produire des images réussies⁸.

Mise en œuvre : approche matérielle et sensorielle des recreations

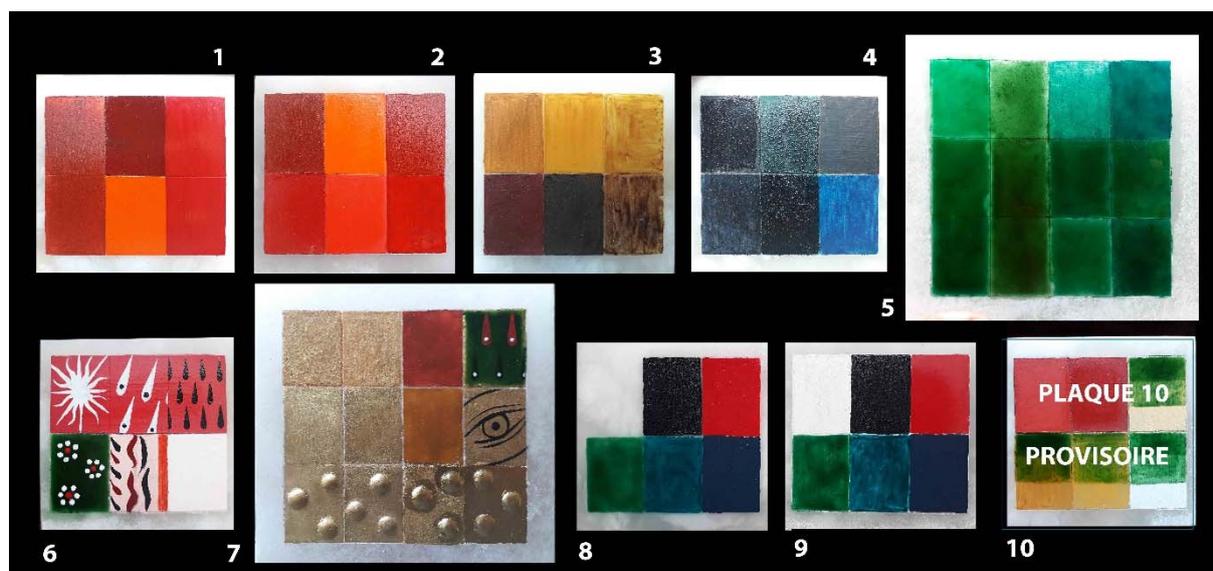


Figure 5 : les dix plaques d'albâtre avec les 84 échantillons modèles de toutes les combinaisons de polychromies résultant des analyses et observations menées au préalable (correspondance des numéros de plaques avec le tableau, la séquence des échantillons est à lire de gauche à droite).

⁸ Lorsqu'on est filmé par un tiers, c'est très différent car il peut changer le cadrage en cours de route si la position ne convient plus en cours d'action, si bien qu'on finit par oublier qu'on est filmé et on peut alors adopter une gestuelle naturelle et sans contrainte : c'est ce que nous avons pu expérimenter lors de la recreation d'une fresque romaine pour le Musée Saint-Raymond de Toulouse (voir <http://www.tectoria-romana.com>)

Les plaques d'albâtre utilisées mesurent 10 x 10 cm et 15 x 15 cm pour une épaisseur de 2 cm : les petites permettent de disposer six échantillons, les grandes douze. Avant tout, elles sont légèrement poncées pour retirer quelques saletés mais ne sont pas polies, afin de conserver un accrochage suffisant pour la tenue des couches de peinture. Les emplacements des échantillons sont tracés à la mine de plomb puis gravés à la pointe sèche.

Avant son application, chaque pigment est broyé sur une plaque de verre à l'aide d'une spatule est mêlée à son liant, l'huile de lin. Les proportions choisies sont de 1 pour 1, du moins théoriquement, mais dans la réalité, lorsque le mélange paraît trop épais en cours d'application, il arrive qu'on lui ajoute un peu d'huile de lin pour en faciliter l'application. Le premier pinceau utilisé, en soie de porc, s'est avéré trop rêche et emportait la matière qui ne tenait pas au support ; les pinceaux en poil de martre, petit gris ou soie de porc souple ont été plus adéquats.

Les rouges et orange (plaques 1 et 2), qu'il s'agisse du cinabre, des ocres ou du minium sont, de manière générale, très couvrants : ils sont d'une application aisée, ne laissent pas trop de traces de pinceaux et permettent ainsi d'obtenir facilement une couche homogène et opaque. Cependant, l'ocre rouge de Pozzuoli est moins couvrant que l'oxyde rouge ; le cinabre qui semble très couvrant est en fait un peu transparent si on le regarde par transparence, l'albâtre étant lui-même légèrement translucide. Comme on pouvait s'y attendre, la couleur obtenue à partir de deux mêmes pigments, en mélange ou en superposition, n'est pas la même. Sur la plaque 1, l'albâtre présente une fissure au niveau de l'échantillon d'oxyde rouge : à ce niveau-là, on remarque que la peinture a séché plus vite et est restée plus mate le long de la fissure. L'huile s'est infiltrée dans la fissure et a atteint le revers de la plaque où elle s'est légèrement répandue. Sur cette même plaque, lors de l'application du glacis de cinabre – le glacis est caractérisé par le fait que la quantité de pigment est faible par rapport à l'huile de lin – sur la couche de cinabre, la matière se rétractait comme si la couche inférieure était imperméable, comme « plastifiée ».

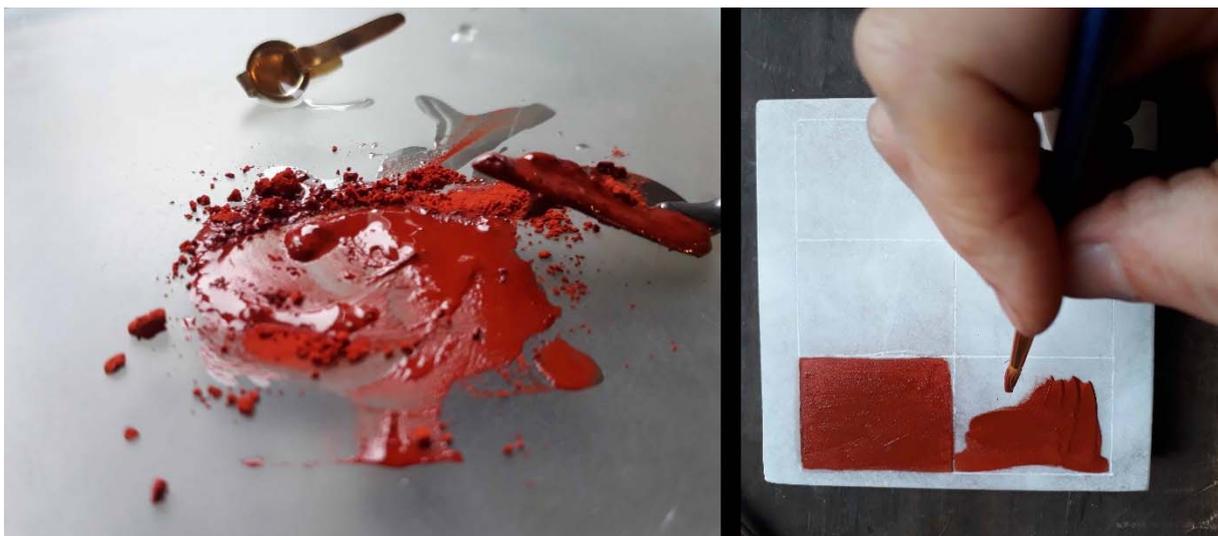


Fig. 6 Broyage et application de l'ocre rouge 1 (ocre de Pozzuoli)



Figure 7 : Diffusion de l'huile de lin autour des échantillons et à travers la fissure de la plaque 1



Figure 8 : Matité accidentelle de la couche picturale à l'endroit de la fissure de la plaque 1 au niveau de l'échantillon d'ocre rouge 2 (oxyde rouge) ; effet déperlant de la couche de glacis cinabre sur une couche de cinabre.

Pour les jaunes et bruns (plaque 3), l'ocre brun et la terre d'ombre sont d'une application proche des rouges. Les ocres jaunes sont beaucoup moins couvrants et laissent plus de traces, ils nécessitent un bon broyage mais en chargeant bien le pinceau, on parvient à obtenir une surface relativement homogène. Une deuxième couche ne serait cependant pas superflue pour obtenir une opacité plus complète telle qu'elle semble avoir été recherchée sur les panneaux médiévaux. Mais ces difficultés de mise en œuvre ne sont rien en comparaison de celles rencontrées pour la manipulation des jaunes organiques (bourdaine et stil de grain) : dès le broyage sur la plaque de verre, les choses se compliquent, la granulométrie est irrégulière et l'on n'en vient pas à bout aisément, la « poudre » colorée semble absorber l'huile alors que les pigments minéraux semblent se mêler, voire se dissoudre dans le véhicule. À force d'insister, l'huile prend la couleur de la matière mais de petits grains subsistent qui laisseront des irrégularités de teinte et de microreliefs lors de l'application.



Figure 9 : Broyage de la bourdaine pour la mêler au liant ; application difficile des jaunes organiques dont le résultat est granuleux et irrégulier comparativement aux autres échantillons de la plaque 3.

Les bleus (plaque 4) n'offrent pas une facilité de manipulation comparable à celle des rouges, sans atteindre pour autant la difficulté des jaunes organiques. L'indigo utilisé est assez granuleux et peu agréable au broyage, mais avec un peu de patience il finit par se délayer de manière assez homogène dans le liant : la persistance de grains dans le mélange rend l'application également assez laborieuse. Le mélange devrait sans doute être préparé un peu à l'avance, car plus le temps passe plus la matière s'homogénéise et rend l'application plus facile. Le rendu avec les proportions 1 pour 1 entre liant et pigment produit une surface très sombre, plus proche du noir que du bleu. Un autre essai à 2 pour 1 permet d'obtenir un rendu un peu plus clair. Les essais avec des sous-couches ocre jaune et vert de gris n'ont pas un effet notable sur la nuance de l'indigo qui reste très dense. En mélange avec le vert de gris, il faut mettre au moins deux fois plus de vert de gris que d'indigo pour produire une différence avec l'indigo seul qui est très foncé. Le mélange avec du blanc de plomb n'avait pas été envisagé a priori, cet essai a donc été réalisé sur les plaques 8 et 9. Quant à l'azurite, pour en garder un bleu intense, il ne faut pas broyer les grains trop finement sous peine d'obtenir un gris fade. La poudre de ce pigment a une consistance particulière, la granulométrie semble très uniforme et la matière sèche très fluide⁹ ; le mélange avec le liant ne se fait pas facilement, et l'application n'est pas très agréable, mais en insistant, on finit par obtenir une surface relativement homogène. Une deuxième couche serait sans doute souhaitable pour obtenir un meilleur rendu.

⁹ Un peu comme du sable blanc très fin, type silisable (sable de quartz), mais dans une granulométrie plus fine.



Figure 10 : Broyage du vert de gris au mortier et mélange avec l'indigo (à gauche) ; diffusion de l'huile dans la poudre d'azurite et broyage à la spatule (au centre) ; broyage de l'indigo dans l'huile (à droite).

Les verts (plaque 5) contiennent toujours du cuivre. Il peut s'agir de vert de gris qui présente plutôt des reflets bleutés, mais dans la plupart des cas, le vert utilisé sur les panneaux, en particulier pour toutes les zones inférieures qui sont alors parsemées de fleurettes au cœur rouge (cinabre) entourées de cinq ou six pétales blanches (blanc de plomb), est du résinate de cuivre. Il s'agit d'un mélange de térébenthine de Venise et de vert de gris traité selon une recette spécifique (dont il existait probablement des variantes)¹⁰. Il se présente sous la forme d'une pâte relativement transparente et visqueuse dont la teinte dépend principalement de la durée et de la température de cuisson appliquées. Ce matériau ne se conserve pas longtemps à l'état visqueux, il sèche, si bien qu'il a dû être fabriqué pour l'occasion. Plusieurs essais ont été réalisés afin d'obtenir une gamme de couleurs représentatives.

Fabrication du résinate de cuivre¹¹

Après un premier essai plus empirique, destiné à tester la mise en œuvre de la recette (en janvier 2019), une deuxième tentative est lancée 3 mois plus tard avec pour ambition de contrôler les températures et temps de cuisson car ils déterminent la couleur finale. La térébenthine de Venise (une once, soit 28g) est mise au bain-marie, avec une eau portée à 90°C, à laquelle est ajoutée de l'essence de térébenthine (21g). Le mélange est mis au bain-marie (eau à 75°C). Le vert de gris (28g) est broyé : sa couleur s'éclaircit lors du broyage. Il est ajouté au liquide : il se dégage alors une forte vapeur très odorante, mais pas de bouillonnement. L'eau du bain-marie est progressivement augmentée jusqu'à 100°C, la couleur n'évolue pas très vite, mais le mélange s'épaissit doucement ; une autre augmentation permet d'obtenir un mélange à 92°C. Au total, le mélange est resté 45 min au bain-marie, il présente une couleur d'un vert intense, il est alors filtré, immédiatement afin de passer avant de durcir. Il doit ensuite reposer quelques jours avant d'être remis à chauffer : dans un bain-marie, chauffé à 65°C le mélange se liquéfie au bout

¹⁰ Recette du résinate d'après T. de Mayerne (XVIIe s.) : « Pour faire le vert transparent qui s'applique sur un fonds d'or ou d'argent. Prenés un petit pot. Thérébentine de Venise 2 onces, huile de thérébentine 1 once et demie. Vert de gris broyé grossièrement sur le marbre 2 onces. Mettés-le parmy la thérébentine et huyle sur les cendres chaudes. Prenés une pièce de verre, et en mettés une goutte dessus advisant si la couleur vous plaist. Après mettés y la grosseur d'une noix de terra merita (curcuma). Laissés bouillir doucement, jusques à tant que vous voyés que vostre vert soit fort beau. Passés tout doucement à travers un linge. » (MayePS fol. 31.)

¹¹ Nous avons notamment utilisé les informations disponibles sur le site internet de M. et R. Marlier <https://enluminure-peinture.fr/techniques/lart-des-couleurs/category/120-resinate-de-cuivre>

d'une dizaine de minutes, il y reste 20 min en espérant faire évoluer la couleur vers une teinte un peu plus brun-jaune. L'huile de lin (28 g) est incorporée et le tout continue à chauffer 10 min avant d'être filtré. La couleur semble un peu trop bleutée par rapport à ce qu'on observe sur les panneaux d'albâtre.

Le lendemain, pour obtenir une couleur un peu plus brun-jaune, le mélange est alors mis directement sur la source de chaleur et non au bain-marie... en quelques minutes (environ 5-7 min) apparaissent des bouillonnements, le mélange est à 125°C et prend immédiatement une teinte brun-jaune. Il aurait fallu obtenir une couleur intermédiaire... c'est pourquoi l'expérimentation est réitérée afin d'obtenir une couleur plus adéquate, que l'on pourrait appeler « vert sapin ».

La couleur étant translucide, la superposition de couches en change l'intensité et la rend progressivement plus couvrante. Ce que nous avons en particulier observé au cours de l'utilisation, c'est que la teinte évoluait également après avoir été appliquée, tirant progressivement vers une teinte plus jaunâtre qu'au moment de l'application¹².



Figure 11 : Fabrication du résinate de cuivre : ingrédients ; variation des nuances sur les rebords du récipient correspondant aux différentes phases de chauffe.

Les superpositions de couleurs pour la réalisation de motifs (plaque 6) ont fait l'objet de trois échantillons sur fond rouge cinabre, un sur résinate de cuivre et deux sur des roses plus ou moins foncés. Le blanc de plomb utilisé pour les motifs est vendu déjà mélangé à de l'huile de lin à cause de sa toxicité, afin d'éviter la dispersion de la poudre. La pâte est assez épaisse et cependant pas couvrante ce qui crée des effets d'empâtement tout en laissant paraître le support dans les creux laissés par les poils du pinceau. Ce n'est a priori pas conforme aux rendus médiévaux. Sans doute aurait-il fallu utiliser une matière plus fluide en ajoutant de l'huile et mettre deux couches si nécessaire ? Le noir de carbone appliqué sur le rouge cinabre et sur le blanc des larmes elles-mêmes posées sur fond de cinabre a mis plus de deux semaines à sécher,

¹² Cette observation mériterait d'être mesurée pour voir si la couleur n'évolue qu'au début ou bien également plus tard dans le temps.

alors qu'il est sec plus rapidement sur le fond rose (échantillon correspondant à la gueule du Léviathan du panneau représentant les Damnés conduits en Enfers de Libourne) réalisé grâce à un mélange de blanc de plomb et une très petite proportion de cinabre et de minium : différence qui s'explique par les propriétés siccatives des couleurs au plomb. Quant au minium et dans une moindre mesure l'ocre rouge, ils se rétractaient sur le support lors de l'application, comme évoqué plus haut au sujet du cinabre de la plaque 1 : ici nous avons pallié cette difficulté en ajoutant un peu de fiel de bœuf, tensio-actif qui permet d'améliorer la tension superficielle du mélange, après avoir essuyé la peinture qui ne tenait pas. Cette opération d'essuyage a donc créé un léger frottement ce qui a également pu aider à retrouver un meilleur accrochage de la couche de fond (le frottement seul aurait peut-être suffi, il a conjointement pour effet de matifier la surface).

La dorure et les reliefs en gypse (plaque 7)

Si les couleurs que revêtent les plaques médiévales sont peu nombreuses, l'ensemble crée cependant un effet particulièrement bariolé notamment parce que les fonds uniformes sont généralement animés de semis : on l'a vu pour les fonds verts ornés de fleurettes ; les fonds dorés sont quant à eux animés de petits reliefs arrondis, de petites pastilles qui font vibrer la lumière sur la dorure très différemment que sur un aplat uniforme. Sans doute avaient-elles principalement une fonction optique, faire briller l'or, car en aplat la feuille ne brille que selon certains points de vue, le semis de ces reliefs arrondis peut être rapproché de la pratique du poinçonnage (ou « Punzierung ») assez fréquente dans la peinture sur bois du XVe siècle, destinée à rompre l'étendue uniformément lisse des fonds dorés et à créer des reliefs qui diversifient la réflexion de la lumière¹³.

a) Pastilles de gypse

Souvent, ces pastilles réalisées à l'aide de gypse (poussière d'albâtre) aggloméré avec une colle organique permettant aussi de les fixer au support, n'ont pas été conservées, si bien que les fonds qui ont conservé leur dorure sont aujourd'hui parsemés de trous ronds, empreintes de ces reliefs disparus (**fig. 12**).

Pour la recreation de ces pastilles, nous avons choisi d'utiliser de la colle de peau de lapin (utilisée à 7%). Celle-ci doit être employée à chaud, ce qui nécessite une assez grande rapidité d'exécution. Il n'y a hélas pas de manuel pour indiquer comment procéder... Ainsi, après avoir tenté de réaliser de petites boules dans la paume de la main ou sur un papier anti-adhésif puis de les appliquer avant refroidissement sur l'albâtre, une autre tentative a été d'utiliser une colle bien chaude mêlée à une moindre quantité de poudre afin de pouvoir faire tomber une goutte encore assez liquide sur la surface en albâtre. Le rendu semblait de prime abord satisfaisant, car la forme arrondie se créait d'elle-même lors de la chute de la goutte... mais malheureusement, en cours de séchage une rétractation de la matière a fait que seuls les bords de la pastille adhéraient réellement au support ; au premier ponçage, destiné à obtenir une surface lisse, la pastille se détachait. Il a donc fallu revenir à la première solution, en ajoutant de la colle chaude sous la pastille au moment de la faire adhérer au fond d'albâtre. La mise en œuvre n'a donc pas

¹³ L'idée qu'elles pourraient peut-être représenter des étoiles étant donné que ces fonds dorés sont réservés à la partie céleste des panneaux a été envisagée, mais elle paraît peu probable : les étoiles étaient conventionnellement représentées avec 5 ou 6 branches.

été aisée. Chacune des pastilles a fait l'objet d'un ponçage (qui a parfois aussi un peu entamé le support autour, créant de petites stries qui ne sont toutefois pas restées visibles une fois la dorure appliquée).

Une fois l'opération terminée, l'application de la dorure pouvait avoir lieu.

b) Différents types de dorure

La dorure pouvait avoir été réalisée à la feuille ou bien à la coquille, c'est-à-dire à base de poudre d'or mêlée à de la gomme arabique. Les restes de dorure sur les originaux ne permettent pas d'assurer qu'il s'agissait toujours de dorure à la feuille mais cela est plus probable, la dorure à la coquille devait être réservée pour de toutes petites zones en rehaut. Nous avons cependant réalisé deux échantillons, l'un sur un bol (également appelé assiette) ocre rouge, l'autre ocre jaune. L'application de la poudre d'or laisse percevoir la couleur du fond entre les grains dorés. La technique de dorure à la feuille nécessite une surface particulièrement lisse car la moindre irrégularité sera visible. Une fois la qualité de surface obtenue, on applique la mixtion, à base d'huile de lin, que nous avons donc teintée soit avec de l'ocre rouge, soit de l'ocre jaune, mêlés à quelques grains de minium, comme les vestiges originaux en attestent. L'usage du minium (oxyde de plomb orange), connu pour son rôle de siccatif, accélère le séchage, permettant d'exécuter plus rapidement la pose de la feuille d'or : en effet la mixtion utilisée nécessitait, en théorie, un temps d'attente d'environ douze heures (variable en fonction de la température). Pour être prête à accueillir la feuille d'or, la mixtion doit en effet être ni trop sèche, ni trop fraîche, elle doit être juste collante, on dit qu'elle est « amoureuse ». Avec l'ajout de pigments ocres et le minium, ce temps était réduit à environ quatre à six heures ! Un échantillon est également dédié à une mixtion entièrement teintée au minium, et deux autres où seules les pastilles sont dotées d'une mixtion au minium. Il était alors temps de découper les feuilles au fur et à mesure sur un coussin à dorer, armé d'un aileron en parchemin, pour éviter que les courants d'air ne s'emparent de la feuille en métal précieux. Des portions de feuilles sont donc découpées afin de couvrir zone après zone les surfaces enduites de mixtion, à l'aide d'une palette à dorer en poil de martre. Au moment de la pose, la feuille est comme aspirée par la mixtion, quelques petits coups de pinceaux appuyés servent à la faire adhérer partout. Puis on laisse sécher et le moment venu on époussette les restes de feuille d'or qui débordaient de la mixtion¹⁴. On peut les réserver pour les réduire en poudre qui servira à dorer à la coquille.

À l'œil nu, on observe peu de différences entre la dorure sur mixtion ocre rouge ou ocre jaune ; contrairement aux résultats d'expériences menées précédemment¹⁵. La différence sera sans doute visible lorsque la feuille d'or présentera des signes d'usure, laissant transparaître la couche sous-jacente, même si l'usure ne faisait sans doute pas partie des visées esthétiques des peintres au Moyen-Âge... En revanche, la mixtion uniquement au minium offre un rendu très différent, beaucoup plus lisse et aux reflets plus contrastés (**fig. 12**) : notamment au niveau de l'échantillon en bas à droite, et le précédent sur les pastilles et autour où le minium s'est répandu, les reflets de l'or sont plus sombres.

¹⁴ Contrairement à la dorure à la détrempe (ou à l'assiette) c'est-à-dire à l'aide de colle de peau et non à l'huile, on ne procède pas à un brunissage (écrasement, polissage) à l'agate, après application et séchage.

¹⁵ Mounier & Daniel 2013.

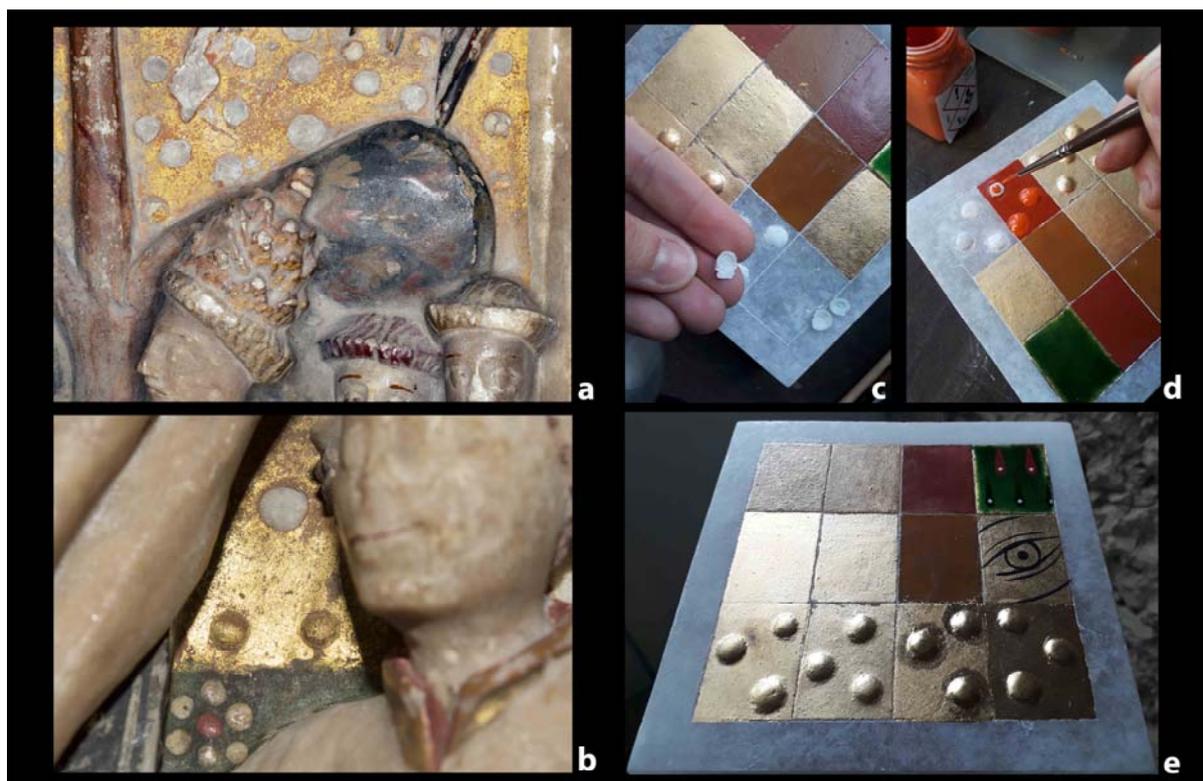


Figure 12 : Dorure et pastilles a. détail du panneau de la Résurrection des Morts de Libourne (photo : P. Mora) ; b. détail du panneau de la Descente de croix, retable de Rabastens (photo M. Schlicht) ; c. réalisation expérimentale de pastilles ; d. application de mixtions différenciées : teintée à l'ocre rouge pour le fond de l'échantillon 7.11 et au minium sur les pastilles ; e. plaque 7 vue en lumière rasante permettant de voir les différences d'effet de surface des différents échantillons.

Les plaques 8 et 9 ont été conçues comme deux séries comparatives : les mêmes couleurs ont été appliquées sur une sous-couche de blanc de plomb (plaque 8) et sur une sous-couche d'huile de lin additionnée de quelques grains de minium pour en accélérer le séchage (plaque 9). La première remarque que l'on peut faire, après plusieurs mois, c'est que l'huile de lin qui s'est répandue largement au-delà des échantillons sur lesquels elle avait été appliquée a déjà fort jauni. Quant aux rendus des couleurs, ils diffèrent légèrement entre les deux plaques, notamment par le fait que le blanc de plomb ressort plus au niveau des zones moins couvrantes de chaque échantillon, créant une impression de moindre homogénéité.

Quelques tests divers (plaque 10 et plaque brouillon) ont également été menés parallèlement à la réalisation de la copie, au fur et à mesure que de nouvelles questions se posaient. Ainsi avons-nous voulu tester la différence entre le cinabre appliqué sur une couche d'oxyde rouge ou en mélange avec ce même oxyde (en référence aux ailes de quatre des anges de l'Assomption : le résultat est très différent entre les deux échantillons).

L'ensemble de ces échantillons a donc servi à une première approche expérimentale qui sera complétée par la copie de l'albâtre sculpté mais il constitue également la palette de référence pour les restitutions numériques.

II - Restitution numérique

1) Acquisition et préparation du modèle 3D

La restitution numérique¹⁶ offre un intérêt important en termes de flexibilité : en effet il est, du moins théoriquement, possible de proposer plusieurs restitutions différentes des éléments lacunaires dont on ne serait pas sûr, aussi bien en ce qui concerne la volumétrie (si l'œuvre est brisée) que la polychromie. Il s'agit par ailleurs d'une méthodologie non invasive (par rapport à un moulage par exemple) qui permet de travailler sur un duplicata numérique quasiment sans risque pour l'œuvre originale.

La première étape est l'acquisition fidèle de l'albâtre, à une résolution infra-millimétrique par photogrammétrie (corrélation dense à l'aide du logiciel Photoscan). Le boîtier utilisé est un Nikon D800E équipé d'un objectif Micro Nikkor de 60 mm de focale. Le nuage de points obtenu à partir des 260 vues nécessaires pour couvrir toute la surface de l'objet a constitué la base géométrique du travail de restitution. Les photographies utilisées ont été calibrées à l'aide d'une charte de couleurs ; et une référence spatiale a été utilisée, afin de mettre à l'échelle le modèle 3D calculé. Le modèle 3D a aussi pu être vérifié par comparaison avec celui généré par un scanner 3D.

Ce nuage de points est ensuite « maillé »¹⁷, c'est-à-dire qu'une surface constituée de triangles orientés en fonction de tous les points acquis à l'étape précédente est calculée. Cette seconde étape apporte un meilleur support de visualisation de l'acquisition 3D et la possibilité de vérifier la correspondance du modèle avec les reliefs de l'œuvre originale. Par ailleurs, en cas de manques au niveau de zones inaccessibles à l'appareil photo, des éléments peuvent être recréés manuellement par interpolation, afin de les combler. Comme dans toute démarche de restitution, il est impératif que ces zones nouvelles et interpolées restent clairement identifiées, afin de ne pas être confondues avec les données avérées.

À l'étape suivante, le modèle 3D est transféré vers une nouvelle chaîne de logiciels, cette fois infographiques. Pour des raisons le plus souvent d'ordre d'architecture informatique, le maillage doit alors être optimisé. Cette optimisation passe par la décimation¹⁸ et la retopologie (réorganisation du maillage) : le nombre de points et de triangles définissant la géométrie est drastiquement réduit (souvent de plusieurs centaines de millions de triangles à quelques millions seulement) pour faciliter sa manipulation ultérieure. Le maillage est réorganisé pour suivre les courbes et mouvements du volume de l'objet original. L'expertise de l'ingénieur 3D, en concordance avec le chercheur, est cruciale pour valider la correspondance des modèles avant et après retopologie. Il est essentiel de comparer soigneusement les modèles, afin de s'assurer que cette opération ne dégrade pas la géométrie originelle et reste indiscernable.

Intervient alors le texturing du maillage qui vise en premier lieu à redonner au modèle l'apparence actuelle en haute résolution (10 texels /mm) de l'albâtre original : il s'agit en quelque sorte de revêtir la structure géométrique de son épiderme (texture), tout en gardant un contrôle de la résolution de la texture (nombre de pixel utilisés par mm). L'acquisition par

¹⁶ L'ensemble de cette étape, jusqu'au « painting » est réalisé par Archeovision.

¹⁷ Granier, et al. 2019.

¹⁸ cf. note précédente.

photogrammétrie est ici cruciale, puisque les jeux de photos calibrées réalisés seront directement utilisés pour créer cette texture. La géométrie des parties manquantes et endommagées de la sculpture est alors recrée par sculpture numérique à l'aide du logiciel Mudbox d'Autodesk. Grâce à une collaboration étroite entre les ingénieurs 3D et les chercheurs, l'hypothèse la plus probable pour recréer chaque zone lacunaire est alors retenue et appliquée. Le modèle 3D est alors prêt pour les opérations de « painting », mise en couleur de l'état restitué.

2) Mise en couleur du modèle 3D ou « Painting » numérique

Deux aspects sont essentiels pour ce type de restitution « intégrale » : d'une part appliquer les couleurs justes en terme de colorimétrie, mais également en terme d'effets de matière. Cela paraît évident par exemple pour la dorure ou pour la texture de l'albâtre, mais il y a également des différences en fonction des pigments utilisés pour les différentes zones peintes : le résinate de cuivre par exemple est très brillant, tandis que certains pigments sont plus ou moins mats. Il convient donc d'essayer de reproduire le mieux possible l'ensemble de ces variations. Ici nous présenterons ce que nous avons pu réaliser au sein du logiciel de painting qui permet aussi de créer en interne des shaders¹⁹ afin de générer ces différents effets de matières en gérant des paramètres tels que la réflexion, le spéculaire ou l'incandescence. Il est également possible de créer des microreliefs sans trop alourdir le modèle grâce à la création de masques de « bump », qui reproduisent les effets visuels d'ombre et de lumière des microreliefs sans recréer réellement leur géométrie. Cependant, ces shaders ne sont pas exportables en dehors de ce logiciel et n'offrent pas des possibilités infinies. Ainsi un pan du programme de recherche ALBATRES est-il consacré à la création partiellement automatisée de shaders à partir des données mesurées sur les échantillons modèles : ce travail est en cours grâce à une collaboration avec les laboratoires LP2N et Archeovision²⁰.

Concernant la création de la palette numérique, la méthodologie déjà testée lors du programme Retro-Color 3D a pu être à nouveau appliquée ici²¹. Chaque échantillon modèle a fait l'objet d'une mesure colorimétrique grâce à un spectrocolorimètre, les données obtenues (qui permettent également de définir les pigments utilisés grâce à la courbe de réflectance) au format L*a*b* sont convertie en RVB afin de pouvoir être utilisées dans les logiciels d'infographie. Le modèle est ensuite peint à l'aide d'outils de peinture numérique dont on peut régler certains paramètres afin d'éviter les effets d'aplats uniforme.

¹⁹ Un shader est un programme informatique, utilisé en image de synthèse, pour paramétrer une partie du processus de rendu permettant de le nuancer en jouant sur l'absorption et la diffusion de la lumière, la texture, les réflexions et réfractions, l'ombrage.

²⁰ Nous remercions ici particulièrement Romain Pacanowski (CNRS LP2N), Bruno Dutailly (CNRS Archeovision), Clémentine Petit (Institut d'Optique Graduate School), Chloé Pathé (Université de Bordeaux).

²¹ Dardenay et al. 2017 ; Mulliez et al. 2018, 385 ; Mulliez 2018, 96 ; Dardenay et al. 2019, 72 ; Laboury 2019, 168.

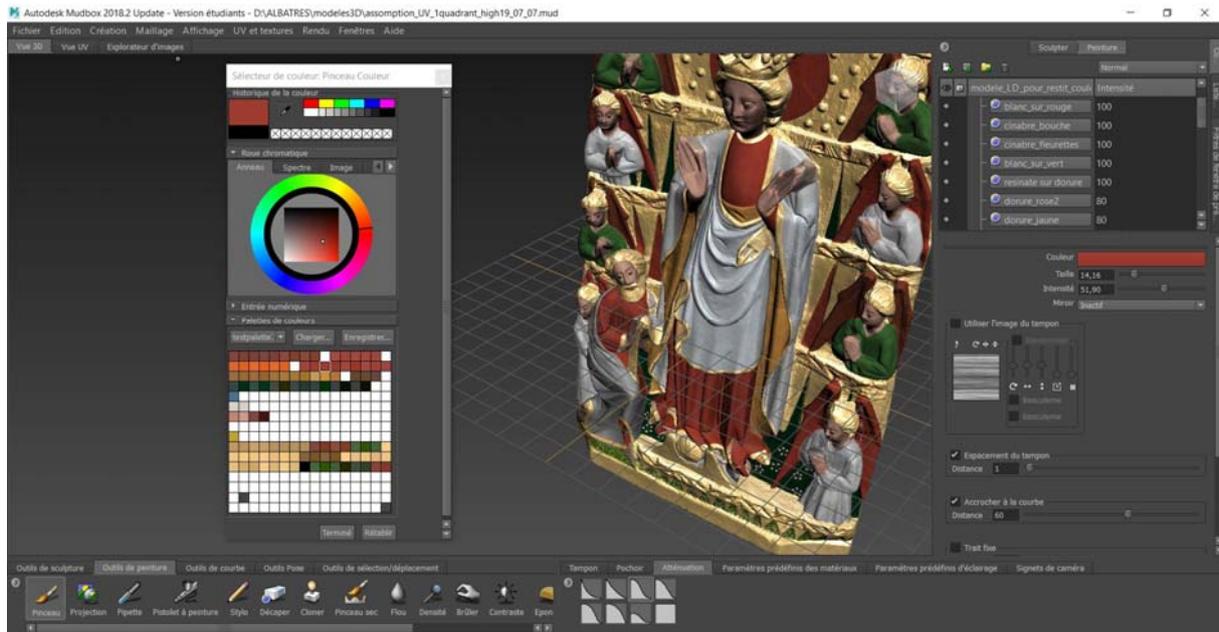


Figure 13 : Peinture numérique en cours dans le logiciel Mudbox d'Autodesk.

3) Valorisation

La valorisation de la restitution est effectuée via un ou plusieurs outils de visualisation en temps réel du modèle 3D. Ces outils peuvent induire un nouveau travail d'optimisation de l'ensemble de la restitution réalisée, en particulier pour la visualisation sur Internet, plates-formes non Windows ou sur des appareils dits « low-end », moins puissants comme des tablettes ou téléphones mobiles, l'avantage majeur et recherché étant une accessibilité rapide par le plus grand nombre et l'audience du public non scientifique, généralement par l'intermédiaire des musées, mais avec une diffusion la plus large possible. Les contraintes sont donc ici la fluidité de visualisation, le poids des données transmises et leur compatibilité de lecture par la majorité des appareils.

Techniquement, cela implique, selon les cas de figures, de réduire une nouvelle fois la densité du maillage 3D ainsi que la taille des textures réalisées afin d'alléger le modèle. L'objectif étant le partage visuel des résultats, tout à fait souhaité dans une démarche de restitution de volume et de polychromie, ces réductions de qualité des données sont appropriées tant qu'elles ne trahissent pas le travail scientifique et les propositions d'apparence. L'accès libre à la démarche scientifique renforce encore la transparence des méthodologies de réalisation et constitue le second palier d'accès au travail de restitution.

La visualisation 3D en temps réel sur un parc d'appareils toujours plus vaste et divers impose, par ordre d'importance, les étapes d'optimisation et objectifs suivants :

- Optimisation et fidélité des volumes : nous dissociions en deux ensembles les macro-reliefs et microreliefs, à une échelle que nous déterminons et qui offre le meilleur rapport fidélité/fluidité. Les macro-reliefs sont allégés et simplifiés, les microreliefs sont transférés du maillage du modèle 3D vers une nouvelle texture interprétée en temps réel par le viewer. L'apparence globale est préservée.
- Optimisation et réduction des textures : nous diminuons la définition des textures. Cette

diminution est réalisée au sein de logiciels professionnels offrant plusieurs choix de filtering utilisés lors de l'opération. En particulier, nous contrôlons le « taux de fusion » chromatique des pixels adjacents. En visualisation, la perte du nombre de pixels par texture est plus qu'acceptable à une échelle globale, mais est plus ou moins bien compensée en vue rapprochée soit par un flou interpolé (le plus courant dans les solutions actuelles), soit par une pixellisation importante (ou « effet d'escalier » en français), plus rare et éliminée de nos démarches.

III – Copie matérielle

Le panneau de l'Assomption du Musée d'Aquitaine a fait l'objet d'une copie matérielle, afin de pouvoir expérimenter toutes les étapes de la réalisation d'une telle œuvre et d'en avoir une vision physique, étape essentielle à nos travaux, et susceptible d'être comparée à la restitution numérique.

1. Copie sculptée par Amandine Bély

La reproduction de la sculpture a été réalisée par la tailleuse de pierre du Musée d'Aquitaine, Amandine Bély²², qui crée notamment des fac-similés des œuvres du musée pour en donner l'accès aux visiteurs non-voyants. La copie stricte d'une sculpture se fait à l'aide d'un pantographe de sculpteur, un instrument de mesures permettant de définir des points sur l'œuvre originale et de les reporter sur le bloc à sculpter²³. C'est grâce à des aller-retours permanents entre le panneau original et celui à sculpter, chacun déposé dans un cadre en bois identique, que se fait le creusement de chaque point. La copie n'a cependant pas été stricte car ici, à notre demande, la sculptrice a reconstitué les parties altérées de l'original afin de lui donner l'aspect qu'il devait avoir au sortir de l'atelier. Le panneau sculpté a finalement été entièrement poli. La durée totale du travail effectué est estimée à une soixantaine d'heures, mais s'il s'était agi de taille libre et non d'une copie stricte, Amandine Bély estime qu'environ vingt-cinq à trente heures auraient pu suffire.



Figure 14 : Sculpture de l'albâtre par Amandine Bély, reproduction à l'aide d'un pantographe

²² Nous tenons à remercier chaleureusement L. Védrine, directeur du Musée d'Aquitaine, d'avoir permis cette collaboration.

²³ Pour une description plus précise du procédé voir Schlicht et al., à paraître.

2. Application des couleurs : mise en œuvre et constats expérimentaux

La mise en couleurs de la sculpture a amené nombre d'autres questionnements nouveaux et d'informations, venant compléter le travail réalisé sur les échantillons plans. Elle a notamment permis de réaliser qu'il fallait absolument commencer par la dorure, après avoir appliqué les pastilles dans la zone supérieure du panneau. En effet, c'est même grâce à une erreur que l'on s'est aperçu de cette absolue nécessité : une couche d'ocre rouge avait été apposée sur les ailes de certains des anges quand il nous a semblé qu'il valait mieux commencer par la dorure. Après avoir pourtant laissé sécher au moins en apparence ces zones déjà peintes, nous avons procédé à la dorure, appliquant d'abord la mixtion puis la feuille d'or. Si par malheur la feuille frôlait la zone déjà peinte, elle y adhérerait immédiatement, mais cela devait en principe être maîtrisé par des gestes suffisamment précis. En revanche, au moment de retirer les poussières d'or à l'aide d'un pinceau qui les fait voler, les particules sont inmanquablement venues se coller à l'ocre rouge où il est quasiment impossible de les retirer sans risquer d'abîmer la couche peinte : quelques essais au scalpel ont finalement fait opter pour une reprise ultérieure en superposant un nombre suffisant de couches pour couvrir les particules dorées.

Nous avons également remarqué que la position de la plaque avait son importance : la dorure nécessite d'être réalisée sur le panneau posé à plat, afin que la feuille d'or se dépose à l'endroit souhaité grâce à la pesanteur. De même, le résinate étant très visqueux, s'il était appliqué sur la plaque dressée, la matière après avoir pourtant été posée de façon homogène glissait progressivement vers le bas, créant une accumulation au bas de la zone, ainsi assombrie, tandis que le haut, dépourvu d'une partie de la couche de couleur originellement posée, en était rendue plus claire. Il a donc fallu appliquer les trois couches de résinate (nécessaire à l'obtention de la couleur voulue), plaque posée à plat, sauf pour le « sol », perpendiculaire à la plaque, pour lequel le résinate a été posé une fois la plaque redressée.

Il s'agit donc de pouvoir manipuler la plaque dont le poids, sans être excessif est déjà conséquent ; il s'élève à environ 10,8 kg. En l'occurrence, son épaisseur est beaucoup plus importante que beaucoup des originaux que nous avons pu observer. C'est ainsi que nous avons pu comprendre à quoi devait servir le chanfrein que l'on observe à l'arrière du bord inférieur de tous les panneaux d'albâtre : cela permet d'y glisser la main, même quand l'albâtre est posé à plat. N'ayant pas fait ce chanfrein, pour manipuler le panneau, il fallait le faire glisser sur la table, jusqu'à le faire dépasser d'un côté, afin de pouvoir s'en saisir.

Chaque champ de couleur a ensuite pu être « rempli » progressivement, en laissant des temps de séchage, parfois de plusieurs jours en fonction des couleurs, pour ne pas risquer de les détériorer en posant les autres couleurs. Certaines, comme l'ocre jaune, ont nécessité trois couches pour être suffisamment couvrantes. Cela était dû au pigment choisi et à son broyage sans doute pas assez fin, car sans être aussi couvrant que l'ocre rouge, l'ocre jaune peut l'être plus que cela n'a été le cas ici.

Le temps total de la dorure (y compris la réalisation des pastilles de gypse) et de la peinture s'élève à environ trente-cinq ou quarante heures : les tâtonnements et l'absence de pratique qui devait au contraire être un des atouts des albâtriers-peintres du Moyen-âge fausse certainement l'évaluation. Il devait peindre avec plus de fluidité, connaissant leurs motifs et gestes par cœur, alors qu'ici il a fallu les apprendre pour tenter de les réaliser le plus directement possible, être

attentif à ne pas dépasser... le tout en pensant à la caméra en train de tourner. On peut supposer qu'une vingtaine d'heures auraient pu suffire. Cela reste relatif et ne peut être généralisé car la complexité des plaques est assez variable, celle de l'Assomption est par ailleurs un cas particulier, notamment avec la coloration des carnations, généralement réservée, d'après la codification que l'on retrouve de plaque en plaque, aux personnages négatifs. Cela donne cependant un ordre d'idée.



Figure 15 Comparaison de l'original et des deux restitutions

Conclusion

L'originalité du programme Albâtres tient notamment au fait que l'approche choisie est très largement et concrètement pluridisciplinaire avec des aspects complémentaires nécessitant des aller-retours entre les différents acteurs d'une équipe locale. Cette proximité géographique a permis des échanges réguliers particulièrement fructueux et essentiels dans un contexte où les langages des disciplines ne sont pas les mêmes et nécessitent de nombreux réajustements pour s'accorder. Chaque étape a constitué un maillon d'une chaîne permettant de préciser la connaissance des œuvres et d'en restituer au mieux l'aspect original : les observations initiales, analyses, créations matérielles, mesures de couleurs et de matériaux, restitutions réelle et numérique, avec création d'un environnement virtuel conforme et valorisation, ont permis d'aboutir à des résultats inédits.

Le volet expérimental en est une étape incontournable : il permet d'obtenir les données nécessaires aux rendus des matériaux identifiés lors des analyses menées sur les plaques d'albâtre pour la restitution numérique, grâce à la mesure des coordonnées chromatiques (en terme de colorimétrie mais aussi de tout ce qui en caractérise l'aspect de surface), qui permet la constitution d'une palette numérique et le rendu des surfaces à l'aide des shaders. L'expérimentation sous la forme d'échantillons modèles ou de la copie complète permet aussi de mieux comprendre l'œuvre : à quoi servent certaines spécificités techniques, dans quel ordre sont menées les différentes étapes, quels sont les temps à respecter, combien de temps faut-il approximativement pour produire ce type d'œuvre ? D'autres questions ont été soulevées et mériteraient leur part d'expérimentation : par exemple sur le degré de polissage de la surface

de l'albâtre avant de la peindre ou bien là où il est laissé en réserve, sur l'aspect de surface parfois rugueux que nous avons obtenu (pour l'indigo notamment) et qui ne semble pas de mise sur les panneaux originaux, autant que leur état de conservation nous permette d'en juger, et bien d'autres thèmes encore qui ouvrent des perspectives pour poursuivre ces travaux.

L'interprétation et l'étude globale de ces plaques est considérablement renouvelée grâce à ce travail collectif. En effet, la couleur fait partie intégrante de l'œuvre et sa perception ainsi que sa mise en œuvre ont un impact direct sur la compréhension de ces ensembles²⁴. Notons aussi que la méthodologie mise en place ici peut être transposée à d'autres œuvres et d'autres contextes, ce qui serait un enrichissement exceptionnel pour appréhender la couleur à sa juste place.

Bibliographie

Dardenay, A., Eristov, H., Grand-Clément A., Maraval M.-L., Monteix, N., Mora, P. et Mulliez, M. (2017) : "Herculaneum. Conception du modèle 3D de restitution et restauration virtuelle de la *Casa di Nettuno ed Anfritrite*", *Chronique des activités archéologiques de l'École française de Rome*, [En ligne], Les cités vésuviennes, mis en ligne le 31 mai 2017, consulté le 27 avril 2020. URL : <http://journals.openedition.org/cefr/1739> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cefr.1739>

Dardenay, A., Mulliez, M. et Mora, P. (2019) : "Reconstruction of ancient wall paintings: digital painting and three-dimensional restoration of the House of Neptune and Amphitrite in Herculaneum", in Mulliez (éd.) 2019, 67-77.

Granier, X., Bergerot, L., Chayani, M., Dutailly, B. et Mora, P. (2019) : "Vocabulaire3D - Lexique pour les Sciences Humaines et Sociales. Les recommandations du Consortium 3D SHS", hal-02297326.

Laboury, D., Mulliez, M. et Daniel, F. (2019) "Étude du buste d'Akhénaton du Musée du Louvre par restitution 3D polychrome" in : Mulliez 2019, 163-172.

Mounier, A., Schlicht, M., Mulliez, M., Pacanowski, R., Lucat A. et Mora, P. (2020) : "In search of the lost polychromy of English medieval alabaster panels in the Southwest of France", *Color Research and Application*, 2020, vol. 45, Issue 3, 427-449. (<https://doi.org/10.1002/col.22482>)

Mounier, A., Daniel, F. (2013): "The role of the under-layer in the coloured perception of gildings in mediaeval mural paintings", *Open Journal of Archaeometry*, volume 1:e16, 77-79.

Mulliez, M., (à paraître 2020) : "Geste, matière et numérique : 3D et archéologie du geste", *In Situ, revue des patrimoines*.

²⁴ Schlicht et al., à paraître.

Mulliez, M., éd. (2019) : *Restituer les couleurs : Le rôle de la restitution dans les recherches sur la polychromie en sculpture, architecture et peinture murale ; Reconstruction of polychromy : Research on Polychromy in Ancient Sculpture, Architecture and Wall-painting, the Role of Reconstructions, Actes du colloque Virtual Retrospect novembre-décembre 2017*, Bordeaux.

Mulliez, M., Mounier, A., Mora, P., Espinasse, L., Daniel, Fr. et Daniel, Fl. 2018 : “La couleur des peintures murales antiques dans les restitutions 3D : observations, mesures et retranscriptions virtuelles. Le *triclinium* 7 de la maison de Neptune et Amphitrite à Herculaneum”, *Pictor* 7, 365-380.

Mulliez, M. 2018 : “Restauration numérique des peintures murales de la maison de Neptune et Amphitrite à Herculaneum : de l’expérimentation matérielle à l’intégration des données dans un modèle 3D”, *Anabases*, 27, 95-105.

Mulliez, M. (2017) : “La restitution polychrome de l’ange porteur de lune”, in : Agostino, M., Gallet, Y., Leulier, R., Meunier P., Schlicht, M. et Taillard, C. (dir.), *Bordeaux. Saint-André, primatiale d’Aquitaine, La grâce d’une cathédrale*, Strasbourg, 286-287.

Schlicht, M., Mounier, A., Mulliez, M., Mora, P., Pacanowski, R. (à paraître) : “Les couleurs des albâtres anglais dans le Sud-Ouest de la France : polychromie, production et perception médiévale”, *Revue de l’Art*.

Vergniew, R., (2011) : “Archaeological research and 3D models (Restitution, validation and simulation) ; L’usage scientifique des modèles 3D en archéologie. De la validation à la simulation ”, *Virtual Archaeology Review*, 4, vol.2, 39-43.