

# L'IMAGERIE 3D : UN OUTIL D'ANALYSE POUR LA CONSERVATION-RESTAURATION DES ARTS GRAPHIQUES

Anaïs Diez

## Résumé

Cet article examine l'intégration croissante des technologies d'imagerie 3D appliquées au patrimoine culturel, un domaine où elles gagnent en importance depuis ces 10 dernières années. Ces technologies permettent de capturer précisément les volumes et l'état de surface des objets, facilitant ainsi leur analyse, leur documentation et leur reproduction. L'accent est mis sur l'application de la numérisation 3D aux œuvres graphiques, notamment à travers un protocole de numérisation pour la restauration d'une peinture chinoise en rouleau, démontrant l'efficacité de cette méthode pour documenter et mesurer les plis. Malgré des défis techniques et financiers, l'imagerie 3D se révèle prometteuse pour l'avenir de la conservation du patrimoine, offrant des solutions précises et non invasives pour documenter les œuvres en deux dimensions, dont relèvent les arts graphiques.

**Abstract** This article examines the growing integration of 3D imaging technologies in the field of cultural heritage—a domain in which they have gained considerable importance over the past decade. These technologies enable the precise capture of an object's volume and surface condition, thereby facilitating its analysis, documentation, and reproduction. The focus is placed on the application of 3D scanning to graphic works, particularly through a scanning protocol developed for the restoration of a Chinese scroll painting, which demonstrates the method's effectiveness in documenting and measuring the folds. Despite facing technical and financial challenges, 3D imaging proves promising for the future of heritage conservation, offering precise, non-invasive solutions for documenting two-dimensional works as within the graphic arts.

**Resumen** Este artículo examina la creciente integración de las tecnologías de imágenes 3D aplicadas al patrimonio cultural, un área donde han ganado importancia durante los últimos 10 años. Estas tecnologías permiten capturar con precisión los volúmenes y el estado de la superficie de los objetos, facilitando así su análisis, su documentación y su reproducción. El énfasis se hace en la aplicación de la digitalización 3D a las obras gráficas, en particular a través de un protocolo de digitalización para la restauración de una pintura china enrolladora, lo que demuestra la efectividad de este método para documentar y medir los pliegues. A pesar de los desafíos técnicos y financieros, la imagen 3D es prometedora para el futuro de la conservación del patrimonio, ofreciendo soluciones precisas y no invasivas para documentar obras de dos dimensiones, entre las cuales figuran las artes gráficas.

**Mots-clés** 3D, numérisation 3D, déformations, plis, arts graphiques, peinture chinoise, rouleau

## Introduction

Depuis ces vingt dernières années, le perfectionnement des appareils de numérisation et leur démocratisation ont permis aux technologies 3D de trouver leur place dans de nombreux domaines. Si l'imagerie 3D a rapidement interpellé les sciences médicales et l'industrie, son accessibilité grandissante lui a également permis de s'intégrer au champ du patrimoine culturel. La possibilité de retranscrire précisément la réalité tridimensionnelle d'objets, d'espaces ou de monuments en fait un outil précieux, largement exploité depuis les années 1990 et dont les applications ne cessent d'évoluer ces dix dernières années. Par bien des aspects, l'imagerie 3D permet la diffusion et la valorisation du patrimoine auprès d'un plus large public : les modèles 3D servent de support à l'enseignement, facilitent l'accessibilité du patrimoine aux personnes en situation de handicap par le biais d'expériences tactiles, mais aussi aux plus jeunes par l'insertion de supports visuels plus dynamiques au sein des institutions patrimoniales.

L'imagerie poussée de notre patrimoine bénéficie aussi bien au personnel des musées dans leur travail quotidien qu'aux visiteurs et chercheurs, en produisant des archives numériques durables et inaltérables des objets patrimoniaux, garantissant leur préservation virtuelle et permettant leur exploitation par les générations futures.

## L'imagerie 3D en conservation-restauration

Les possibilités offertes par l'imagerie 3D en matière de conservation-restauration du patrimoine sont illimitées. Cependant, les recherches récentes font ressortir trois principaux usages de ces technologies, qui s'intègrent dans la pratique des conservateurs-restaurateurs. Tout d'abord, les différentes techniques de numérisation 3D en font un outil d'analyse et d'investigation précieux. Obtenir un modèle 3D haute résolution d'une œuvre ou d'un monument historique permet de mener toutes sortes d'analyses : métriques, volumétriques ou seulement visuelles, sans aucune manipulation réelle de l'objet. Les modèles 3D servent également de supports visuels pour la documentation des œuvres, permettant d'archiver des données multimédia qui ne proviennent pas nécessairement de la 3D, mais qui sont produites dans le cadre d'études scientifiques (relevés graphiques 2D, photographies, UV, IR, multispectral). Ils servent de support pour cartographier toutes les données recueillies sur l'œuvre au cours des différents projets scientifiques dont elle a fait l'objet (Scopigno, 2003; Acke *et al.*, 2021). Enfin, la numérisation 3D permet bien évidemment à elle seule de reproduire tout ou partie d'un objet, servant de source pour la reproduction d'éléments manquants, que ce soit de manière uniquement virtuelle (Tucci, 2017; Brown, 2000) ou physique, par le biais de l'impression 3D (Antlej, 2011; Acke, 2019; Zhou, 2023).

Une étude scientifique, menée par le groupe de recherche ARCHES de la faculté des Sciences du design de l'université d'Anvers, s'est tout particulièrement intéressée à l'utilisation des technologies 3D par les professionnels de la conservation-restauration (Acke *et al.*, 2021). Cette étude démontre le grand intérêt de notre profession pour l'imagerie 3D, avec plus de 75 % de professionnels intéressés et près de 44 % d'utilisateurs parmi le groupe d'universitaires et d'étudiants interrogés. Une proportion bien majoritaire des recherches publiées concerne les objets en volume, dans des spécialités telles que la céramique, le verre et la sculpture. À ce jour, peu de publications portent sur des études menées sur des œuvres en 2D telles que les arts graphiques, la photographie et la peinture. Ces lacunes dans des domaines

où l'utilisation de la 3D est sans doute moins intuitive relèvent d'une méconnaissance des possibilités d'application de ces technologies à nos domaines respectifs de compétences. L'idée qu'il s'agit de technologies inaccessibles, le coût des équipements et finalement la complexité des technologies 3D dans leur mise en œuvre et leur exploitation sont autant de raisons qui excluent ces nouvelles technologies de certains domaines du patrimoine. Dans les études mentionnées, l'imagerie est toujours réalisée par une tierce personne (une entreprise d'imagerie ou un laboratoire), ce qui l'exclut instinctivement de la pratique d'un conservateur-restaurateur indépendant. De plus, il n'existe aucun cadre d'apprentissage pour leur usage par des professionnels de la conservation-restauration.

## Les techniques de numérisation 3D

L'imagerie 3D est un vaste domaine regroupant diverses technologies capables de reproduire la réalité tridimensionnelle d'objets, d'espaces ou de monuments. Les techniques de numérisation 3D applicables pour le patrimoine culturel sont variées, parfois mixtes, et offrent plusieurs gammes de résolution, qui s'adaptent aux caractéristiques physiques des objets et à leur sensibilité. La surface des objets anciens étant particulièrement sensible aux frottements et aux manipulations, il est impératif que les procédés mis en œuvre pour acquérir les données 3D tiennent compte de ces fragilités.

### Les scanners laser (temps de vol ou triangulation)

Le scanner laser 3D utilise un laser pour balayer la surface de l'objet. Le laser émet une lumière qui se réfléchit sur l'objet et un capteur mesure le temps que met la lumière à revenir au scanner (temps de vol) ou l'angle de réflexion (triangulation). Ces données sont utilisées pour calculer les distances précises entre le scanner et différents points sur la surface de l'objet, créant ainsi un nuage de points en 3D. Les scanners à triangulation laser peuvent capturer des détails extrêmement fins, souvent de l'ordre du micromètre. Cependant leurs principaux inconvénients sont le coût matériel et l'encombrement de l'équipement, qui le rend difficile à transporter et peut poser des problèmes d'accès dans certains espaces patrimoniaux. Enfin, ils sont relativement sensibles aux conditions environnementales telles que la lumière ambiante et les surfaces réfléchissantes.

### La photogrammétrie

La photogrammétrie est la plus ancienne des méthodes mentionnées ici. Le procédé consiste à prendre de nombreuses photographies d'un objet sous différents angles, puis à compiler et aligner ces clichés à l'aide de différents algorithmes de traitement d'images. Un logiciel utilise ces photos pour identifier des points communs entre les images et reconstruire un modèle 3D en en formant un nuage de points. Celui-ci est ensuite maillé et converti en volume. Facile d'accès, cette méthode peut être réalisée avec un appareil photo ou un simple smartphone auquel est intégré un logiciel de traitement d'images, ce qui la rend aussi peu coûteuse par rapport aux autres techniques. L'équipement nécessaire est léger, facile à transporter et idéal dans un contexte *in situ*. Néanmoins, malgré ses avantages, elle présente aussi plusieurs inconvénients. La précision de la photogrammétrie dépend de la qualité des photos et du logiciel utilisé, mais demeure souvent inférieure à celle des scanners laser et à lumière structurée. Enfin, la reconstruction de modèles haute définition se faisant à partir

de la compilation de nombreux clichés, les ressources informatiques et le temps nécessaire peuvent être démesurés.

### Les scanners à lumière structurée

Similaires aux dispositifs des numériseurs par triangulation laser, les numériseurs à lumière structurée projettent sur l'objet une lumière dont on connaît les caractéristiques physiques. Il s'agit généralement d'un motif calibré de lumière blanche ou bleue, telles que des bandes, des lignes, une grille ou une matrice de points. Les capteurs enregistrent les déformations du motif lumineux provoquées lorsque celui-ci rencontre les courbes, les dépressions ou les reliefs de l'objet. La caméra enregistre la réflexion lumineuse en milliers de points par seconde, et le capteur calcule la distance de chaque point dans le champ de vision. Les coordonnées précises de tous ces points nous fournissent un nuage de points, plus ou moins dense en fonction de la précision du capteur, que le logiciel de traitement des données va pouvoir convertir en volume. Cette méthode offre une des meilleures définitions possibles et peut capturer des détails fins, comparables à ceux des scanners laser. Il s'agit également d'une méthode rapide, car l'acquisition des données 3D peut varier de quelques minutes à seulement quelques heures pour les objets les plus volumineux. Les systèmes de numérisation sont également compacts, faciles à transporter et moins coûteux que les systèmes à triangulation laser. En revanche, ces systèmes possèdent le défaut similaire d'être particulièrement sensibles aux conditions environnementales.

Chacune de ces techniques présente des avantages et des inconvénients qu'il convient de prendre en considération selon les besoins spécifiques du projet de numérisation, les caractéristiques physiques de l'objet étudié et l'objectif d'exploitation du modèle.

### L'imagerie 3D pour les arts graphiques

Si les publications sont nombreuses sur l'utilisation de ces technologies en conservation-restauration, elles restent cependant axées sur leur application aux objets en volume (3D) et ne fournissent aucune information pratique permettant leur utilisation sur des œuvres en deux dimensions. Font exception quelques articles dont les problématiques très spécifiques ne permettent pas de généraliser un protocole (Galushkin *et al.*, 2019) ou dont les sources sont trop anciennes et relèvent de problèmes liés à des technologies qui paraissent aujourd'hui obsolètes.

La numérisation de manuscrits et de documents graphiques est pourtant une pratique courante au sein des bibliothèques, des archives et des institutions abritant des collections rares. Le but de ces campagnes régulières de numérisation est de préserver, mais également de diffuser sous format numérique le contenu de ces œuvres, tout en limitant au maximum la manipulation de l'objet original et les altérations potentielles qui en découlent. Cependant, ces campagnes ne concernent généralement que les rectos des documents et sont principalement réalisées au moyen de scanners traditionnels 2D et de systèmes de prise de vue multizone. Ces numérisations permettent en effet d'obtenir une image 2D en très haute résolution de l'œuvre, d'une fidélité au support et aux couleurs bien supérieure à la photographie standard. Ce type de numérisation est bien adapté à l'analyse iconographique et historique des documents mais présente ses limites quant à leur analyse scientifique et matérielle. Dans les années 2000 le constat avait déjà été fait que les techniques de numérisation classique

n'étaient pas toujours adaptées aux documents plus anciens, sur lesquels le temps et un stockage parfois inadapté auraient laissé des traces (Brown, 2000). De plus, les aspérités de surface ne sont pas restituées, de même que les reliefs et altérations du support (gondlements, déchirures, plis, déformations). Les épaisseurs des matériaux constitutifs sont également difficilement perceptibles, rendant ces procédés inadaptés pour l'étude de la matérialité des œuvres. Ces numérisations 2D ne permettent donc pas d'archiver et de documenter de manière exhaustive l'état physique de l'œuvre à un instant T et d'en suivre les dégradations potentielles au fil du temps.

Les méthodes traditionnelles de documentation et de mesure sont lentes, chronophages et présentent des limitations évidentes (subjectivité de l'observateur, imprécisions, risque pour l'objet). Dans le cas d'œuvres sur supports organiques, par nature sensibles à l'environnement et aux sollicitations mécaniques répétées, une prise de mesures figée dans le temps et uniquement virtuelle n'offre que des avantages. La numérisation 3D surfacique permet de scanner précisément un objet, une forme, sa texture comme ses reliefs, et d'exploiter le modèle numérique obtenu pour différents examens. Cela, au même titre que pour les objets en volume, présente plusieurs intérêts dans le domaine des arts graphiques.

### Étude de cas : la conservation-restauration d'une peinture chinoise en rouleau

Dans le cadre d'un projet d'étude à l'Institut national du patrimoine, nous avons sélectionné l'imagerie 3D comme outil d'analyse comparatif afin d'étudier l'efficacité de différents traitements de mise à plat. L'objet de cette étude était une peinture chinoise horizontale, à l'encre et couleurs sur soie de près de 7 mètres de long, conservée au musée national des Arts asiatiques - Guimet. Elle a fait l'objet d'une étude historique, scientifique et technique, ainsi que d'un projet de conservation-restauration à l'Institut national du patrimoine, dans lequel s'inscrit cette recherche (Diez, 2022). Cette œuvre présentait des altérations caractéristiques des peintures asiatiques en rouleaux (**fig.1**), qu'elles soient sur soie ou papier, et dont la morphologie était similaire aux altérations du plan que l'on peut rencontrer sur un grand nombre de documents graphiques (déformations, plis, cassures).



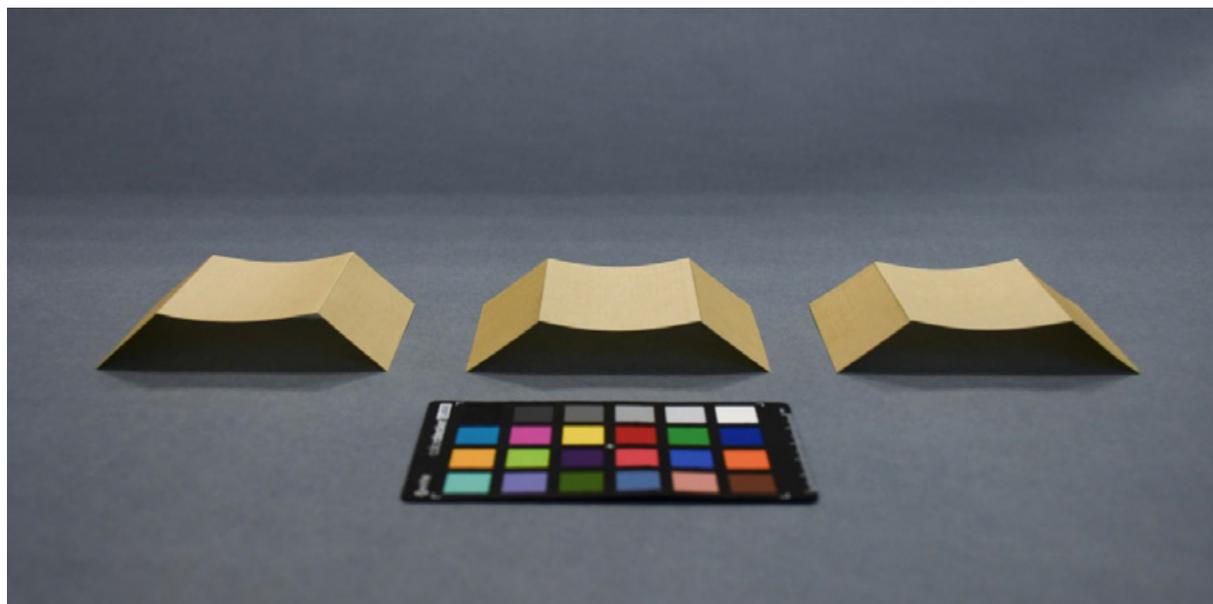
**Figure 1** Vues de détail des plis cassés altérant la peinture. © Anaïs Diez.

Afin d'élaborer un protocole de restauration adapté aux défis spécifiques posés par cette œuvre, plusieurs sujets ont été abordés, tels que la mise en place d'une chaîne opératoire destinée à résorber ses nombreux plis (Diez, 2024). Pour suivre l'évolution de ces plis et

obtenir des données sur l'efficacité des différents traitements de mise à plat, nous avons choisi d'explorer le potentiel de la numérisation 3D surfacique par le biais de mesures ciblées. Dans ce contexte, l'utilisation de la numérisation 3D servait un double intérêt : répondre à la problématique de conservation-restauration posée par l'objet qui motivait cette recherche et déterminer la pertinence de l'imagerie 3D pour mesurer la déformation d'œuvres graphiques.

### Étude des plis par des mesures ciblées

Plus de 430 plis et cassures pouvaient être observés sur toute la longueur de la peinture, constituant un problème majeur pour sa conservation et sa lisibilité. Pour tester diverses combinaisons de traitements de mise à plat et de stabilisation, un protocole expérimental a été mis en œuvre sur plusieurs séries d'éprouvettes. Ces éprouvettes étaient constituées des mêmes matériaux que l'œuvre originale<sup>1</sup>, avec des profils de plis simplifiés mais représentatifs des plis moyens rencontrés sur la peinture (fig. 2). Pour évaluer la faisabilité et la précision de la numérisation 3D dans ce contexte, ainsi que pour standardiser le procédé pour des œuvres présentant des problématiques similaires, le protocole de numérisation s'est principalement concentré sur ces séries d'éprouvettes.



**Figure 2** Vue de profil des éprouvettes en soie doublées de papier et pliées avant traitement.

© Anaïs Diez.

## Matériel et méthode

### *Numériseur à lumière structurée*

Pour numériser les éprouvettes avant et après traitement de mise à plat, nous avons utilisé un scanner à lumière structurée : le modèle Einscan 2X Pro de SHINING 3D®, disponible au laboratoire de l'Institut national du patrimoine. Ce scanner, doté d'une précision de 0,1 mm et d'une vitesse d'acquisition de 1 500 000 points par seconde, permet d'obtenir des données

<sup>1</sup> Vieillis artificiellement.

3D de manière rapide et extrêmement précise, même employé en mode « simplifié » (mode rapide manuel). Une caméra complémentaire peut être intégrée au système pour acquérir l'image ou la texture de l'objet scanné, ce qui est normalement réalisé en complément par la photogrammétrie à corrélation dense. Ce procédé de numérisation permet également l'utilisation de marqueurs cibles facilitant la captation des éléments par le scanner. Ces capteurs sont particulièrement utiles lorsqu'il devient difficile de distinguer l'objet du fond ou de la table, comme cela peut être le cas pour des dessins en raison de leur planéité.

### *Logiciels et post-production*

Un premier traitement des données est réalisé avec le logiciel associé à la machine, EXScan Pro, permettant le nettoyage des aberrations, la sélection des points à conserver et la génération du nuage de points. Le maillage du nuage de points est opéré sans optimisation excessive pour éviter le lissage des aspérités de surface, qui nous intéressent dans le cadre de cette étude. Le logiciel permet ensuite d'enregistrer le modèle sous des formats standard (STL, OBJ, PLY, ASC, 3MF), exploitables par tous les logiciels de post-production. Pour son interface intuitive et sa large gamme de mesures, nous avons sélectionné Autodesk Meshmixer® pour la suite du protocole. Ce logiciel intègre facilement un plan numérique sous les éprouvettes et permet d'effectuer de nombreuses mesures ciblées. D'autres logiciels avec des fonctionnalités similaires existent, laissant la possibilité à chacun de choisir l'outil qui correspond à son niveau de compétence et à l'objectif de sa recherche.

## **Acquisition des données**

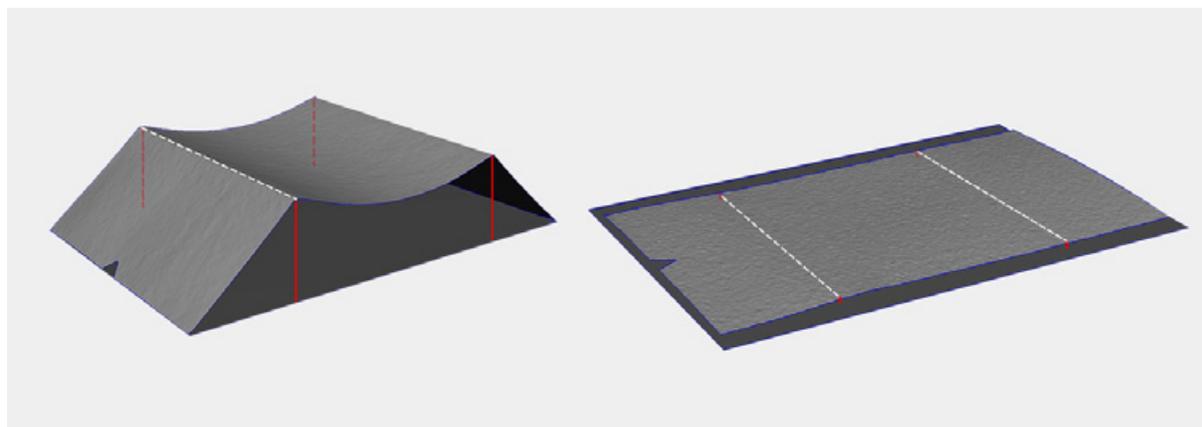
### *Numérisation*

La numérisation des éprouvettes a été réalisée avec le scanner sur un fond gris contrastant, sur lequel l'installation de capteurs a facilité la distinction du plan. Le scanner est calibré selon les instructions du fabricant, avec des ajustements d'éclairage pour optimiser la lisibilité. Une distance minimale de 0,2 mm entre les points du maillage a été sélectionnée : il s'agit de la précision maximale que peut atteindre la machine. La numérisation est effectuée en quelques secondes en suivant l'acquisition du nuage de points sur l'écran de l'ordinateur, et chaque modèle numérique est nettoyé sur EXScan Pro. Une découpe distinctive en forme de triangle est réalisée sur l'éprouvette pour en rappeler le sens lors des manipulations entre les différents logiciels (**fig. 3**). La surface plane sous l'éprouvette, identifiée par le scanner, est supprimée au moment du nettoyage pour être remplacée par un plan virtuel. Ce plan est inséré dans le logiciel Meshmixer®, sous chaque éprouvette, au niveau des points de contact de l'éprouvette avec la table. Bien que relativement chronophage, au vu du nombre d'éprouvettes, cette étape permet d'avoir deux objets distincts dans l'espace tridimensionnel, facilitant ainsi la réalisation de mesures ciblées entre les deux objets.

### *Prise de mesures*

Les mesures « point-à-point » sont souvent nécessaires lorsqu'on étudie des objets et peuvent être simplement calculées à partir d'un modèle 3D en utilisant une fonction de mesure linéaire. Plusieurs mesures, exprimées au millième de millimètre, sont prises entre le plan et le sommet des plis à chacune de leurs extrémités (**fig. 3**). Une fois les réglages effectués

sur Meshmixer®, la mesure est réalisée dans l'axe vertical entre les deux points sélectionnés respectivement à la surface des deux objets. Afin d'assurer la précision et la fiabilité des mesures, celles-ci sont effectuées trois fois pour chaque point sur le modèle 3D de chaque éprouvette, soit 144 valeurs pour l'ensemble des séries<sup>2</sup>. Les valeurs avant traitement sont comparées et confirment l'homogénéité des séries d'éprouvettes, dont la hauteur des plis varie seulement de 0,01 mm avant traitement, permettant d'en tirer des moyennes exploitables.



**Figure 3** Modèle 3D d'une éprouvette numérisée avant et après traitement. En rouge : mesures linéaires effectuées sur Meshmixer. © Anaïs Diez.

Le protocole est ensuite réalisé de la même façon sur les éprouvettes à l'issue des différentes combinaisons de traitement, et les résultats sont comparés afin de sélectionner la méthode la plus efficace pour résorber les plis. Grâce à l'automatisation de la prise de mesures entre le plan virtuel et les éprouvettes, des valeurs métriques peuvent être acquises sur la hauteur des plis malgré la planéité obtenue après traitement et l'imperceptibilité de la déformation résiduelle (**fig. 3**).

## Résultats

La différence entre les moyennes de chaque point avant et après traitement, pour chaque système de mise à plat étudié, est exprimée en pourcentage (%) de résorption de la déformation. Un taux de 100 % de résorption correspond au niveau du plan virtuel intégré dans le logiciel Meshmixer®. Parmi les nombreux profils d'éprouvettes obtenus, seuls ceux démontrant une résorption des plis à hauteur de 98 % ont été retenus (**fig. 4**). Les profils démontrant une réduction des plis au-delà de 100 % (**fig. 4**) traduisent une compression trop importante des plis et la formation d'une contrainte dans une zone adjacente (tuilage), ils ont par conséquent été écartés. Cette comparaison, qui n'aurait pas été possible avec des outils de mesure classiques, nous fournit des données objectives pour sélectionner la méthode de traitement optimale pour la restauration de la peinture (Diez, 2024).

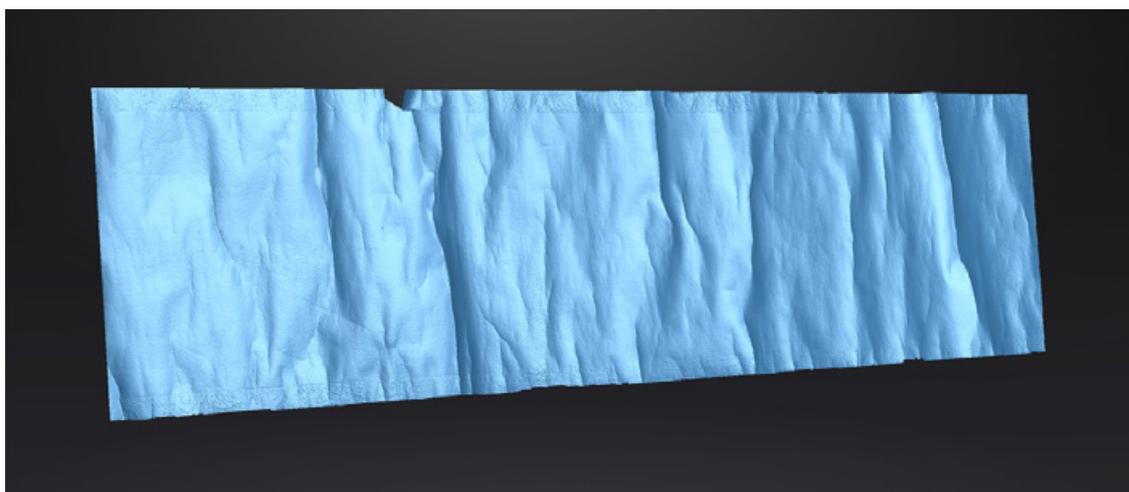
<sup>2</sup> Données brutes disponibles dans Diez, 2022, annexe II, p. 266.

	Systèmes de mise à plat étudiés					
	S1	S1R	S1RP	S2	S2R	S2RP
Moyennes (AVT)	18,352		18,390	18,302		19,532
Moyennes (APT)	-5,190	-4,369	-6,080	0,520	-1,889	0,444
<b>Résorption des plis (%)</b>	<b>128%</b>	<b>124%</b>	<b>133%</b>	<b>97%</b>	<b>110%</b>	<b>98%</b>

**Figure 4** Tableau de résorption des plis (%) à partir des valeurs moyennes mesurées sur les éprouvettes avant et après traitement, en fonction des différents systèmes de mise à plat étudiés. © Anaïs Diez.

## Numérisation de la peinture

En nous basant sur ces résultats, nous avons choisi d'appliquer le protocole de numérisation 3D à une section du rouleau, la plus représentative des différents niveaux de pli et de cassure visibles sur toute sa longueur (**fig. 5**). La numérisation, effectuée avant et après traitement, a offert une meilleure compréhension des altérations et permis de documenter la restauration en suivant visuellement l'évolution des déformations. Bien que les mesures linéaires n'aient pas été réalisées comme sur les éprouvettes, car ce n'était pas l'objectif principal de l'étude, des essais ont été réalisés confirmant ainsi leur faisabilité.



**Figure 5** Numérisation 3D d'une section de la peinture représentative de ses altérations structurelles (sans couleurs). © Anaïs Diez.

La numérisation 3D post-traitement a offert une vision claire de la résorption des déformations, que ce soit avec ou sans représentation des couleurs. La texture et les motifs de la peinture pouvant parfois induire en erreur sur l'état réel de conservation structurelle, la numérisation sans couleurs fournit une lecture objective de l'état de la déformation (**fig. 6**) et de l'efficacité du traitement. La suppression de l'hétérogénéité de couleur, qu'il s'agisse des matériaux naturels ou du bruit visuel créé par les scènes peintes, a grandement amélioré la lisibilité des volumes (**fig. 5 et 6**). Enfin, comme la version 3D de cette section reflète aussi fidèlement son état de conservation, elle pourra être utilisée ultérieurement pour détecter toute reprise éventuelle des déformations.



**Figure 6** Numérisation 3D d'une section de la peinture (fig. 5) avec superposition de l'image.  
© Anaïs Diez.

## Conclusion

L'imagerie 3D a prouvé son efficacité et sa polyvalence dans le domaine de la conservation-restauration des arts graphiques. En permettant une analyse détaillée et non invasive des œuvres, elle offre aux conservateurs-restaurateurs des outils précieux pour documenter, étudier et restaurer les objets patrimoniaux avec une précision inédite. Les études de cas, comme celle de cette peinture chinoise, montrent clairement l'impact positif de ces technologies sur la compréhension et la préservation des œuvres.

En facilitant la mesure et la comparaison de déformations avant et après traitement, l'imagerie 3D permet non seulement de documenter des altérations plus ou moins superficielles mais aussi de nous guider vers des choix de restauration plus adaptés. La numérisation 3D produit une vue d'ensemble de l'état de l'œuvre (informations structurales et surfaciques) et fournit une archive numérique plus complète et fidèle que la photographie.

L'imagerie 3D sur les œuvres en deux dimensions, bien qu'encore à ses débuts, semble être une voie prometteuse pour les institutions patrimoniales qui souhaitent documenter plus en détail leurs collections, tout en limitant la manipulation et la fragilisation des œuvres.

Malgré les défis techniques et financiers associés à l'adoption de ces technologies, il est évident que leur utilisation va croissant, soutenue par des initiatives nationales et internationales. La photogrammétrie, les scanners laser et à lumière structurée, bien que différents dans leurs applications et leur précision, démontrent chacun des avantages selon les besoins spécifiques de chaque projet de restauration.

## Références bibliographiques

**Acke L., De Vis K., Verwulgen S., Verlinden J.** (2021), « Survey and literature study to provide insights on the application of 3D technologies in objects conservation and restoration », *Journal of cultural heritage*, Vol. 49, p. 272-28.

**Acke L., De Vis K., Verwulgen S., Verlinden J.** (2019), « Compiling a digital toolbox : the use of 3D technology for the restoration of intricate artworks », dans ICOM-CC (éd.), *Recent Advances in glass and ceramics conservation 2019*, London, Interim Meeting of the ICOM-CC Working Group, p. 211-216.

**Antlej K., Erič M., Šavnik M., Županek B., Slabe J., Battestin B.** (2011), « Combining 3D technologies in the field of cultural heritage : three case studies », dans *The 12<sup>th</sup> International Symposium on virtual reality, archaeology and cultural heritage VAST*, Prato, Italy, p. 1-4.

**Brown M., Seales W.B.** (2000), « Beyond 2D images : effective 3D imaging for library materials », dans ACM (éd.), *Proceedings of the fifth ACM conference on Digital libraries*, San Antonio, Association for Computing Machinery (ACM), p. 27-36.

**Diez A., Gilot S., Lee V., Zaleski V.** (2024), « Une chaîne de traitement pour la mise à plat et la stabilisation structurelle des peintures asiatiques en rouleaux », *Support tracé*, N° 24, p. 98-107.

**Diez A.** (2022), *Au fil de l'eau. Étude et conservation-restauration d'une peinture traditionnelle chinoise* (Remontée du fleuve lors du festival Qingming, Paris, musée national des Arts asiatiques - Guimet). *Optimisation d'une chaîne de traitement pour la mise à plat et la stabilisation structurelle d'un rouleau horizontal de sept mètres en soie et papier*,

évaluée par imagerie 3D, mémoire de master de Restauration du patrimoine, Institut national du patrimoine, 313 p.

**Galushkin A., Gonobobleva S., Parfenov V., Zhuravlev A.** (2019), « Application of 3D scanning for documentation and creation of physical copies of estampages », *Restaurator. International Journal for the preservation of library and archival material*, N° 40, p. 1-14.

**Scopigno R., Cignoni P., Callieri M., Ganovelli F., Impoco G., Pingi P., Ponchio F., Salimbeni R.** (2003), « Using optically scanned 3D data in the restoration of Michelangelo's David », dans SPIE (éd.), *Proceedings Optical Metrology for arts and multimedia*, Munich, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), p. 44-53.

**Tucci G., Bonora V., Conti A., Fiorini L.** (2017), « High-quality 3D models and their use in a cultural heritage conservation project », dans CIPA (éd.), *The International Archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, Vol. XLIII-2/W5, 2017, 26<sup>th</sup> International CIPA Symposium 2017, Ottawa, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), p. 687-693.

**Zhou Z., Aura-Castro E., Nebot Díaz E.** (2023), « 3D printing technology and its application in the conservation and restoration of porcelain », dans CIPA (éd.), *Documenting, understanding, preserving cultural heritage : humanities and digital technologies for shaping the future*, 29<sup>th</sup> CIPA Symposium Florence, Italy, *Annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, Vol. X-M-1-2023, p. 25-30.

### L'auteur

**Anaïs Diez** Conservatrice-restauratrice d'œuvres et documents graphiques, [anaisdiez.cr@gmail.com](mailto:anaisdiez.cr@gmail.com)