

# REPRISE DE DÉCHIRURES D'UNE PEINTURE SUR TOILE, ÉTUDE DE LA DÉFORMATION ET TRAITEMENT MINIMAL

Marie-Noëlle Laurent-Miri, Thierry Sarmant, Nicolas Wilkie-Chancellor, Sandie Le Conte, Antonio Iaccarrino-Idelson, Pierre Leveau

## Résumé

Pour intervenir sur les déformations provoquées par une déchirure sur une peinture de chevalet, l'hypothèse issue de la pratique a longtemps été d'augmenter la rigidité du support toile par un doublage ou la pose d'un renfort ponctuel au revers de l'œuvre. Ces dernières années, les recherches sur l'évolution des contraintes internes au sein d'une peinture ont modifié profondément les pratiques. Dans cette approche, les recherches menées sur les déchirures à partir des années 2000 se sont concentrées sur le collage proprement dit de la déchirure sans consolidation supplémentaire du support toile. L'objectif de notre recherche est d'étudier au moyen de la DIC-3D, ou corrélation d'image digitale, les risques de déformation d'une reprise de déchirure en fonction de différentes consolidations localisées.

**Abstract** To address deformations caused by a tear in an easel painting, the assumption based on practical experience has long been to increase the rigidity of the canvas support by adding a lining or applying a local reinforcement on the reverse side of the work. In recent years, research on the evolution of internal stresses within a painting has profoundly changed these practices. Since the 2000s, studies on tears have focused on gluing the tear itself without further consolidating the canvas support. Our research aims to use DIC-3D (3D Digital Image Correlation) to study the risk of deformation in tear repairs in function of various localised consolidations.

**Resumen** Para intervenir sobre las deformaciones provocadas por un desgarramiento sobre una pintura, la hipótesis surgida de la práctica fue durante mucho tiempo de aumentar la rigidez del soporte tela con un doblaje o un refuerzo en el reverso de la obra. Estos últimos años, la investigación sobre la evolución de las tensiones internas en el seno de una pintura han modificado profundamente las prácticas. En este marco, las investigaciones sobre los desgarramientos a partir de los años 2000 se concentraron sobre la pegadura del desgarramiento sin consolidación suplementaria del soporte tela. El objetivo de esta investigación es de estudiar, mediante la DIC-3D, la correlación de la imagen digital, los riesgos de deformación de la reparación de un desgarramiento en función de diferentes consolidaciones locales.

**Mots-clés** peintures de chevalet, déchirures, déformations, contraintes, comportement mécanique, corrélation d'image digitale

## Introduction

Une meilleure compréhension du comportement mécanique des peintures de chevalet et des processus de dégradation est indispensable pour assurer leur conservation à long terme et répondre aux exigences d'une conservation des œuvres dans le respect de la déontologie. Cependant, bien que la recherche ait fourni à la fois des données empiriques et théoriques sur le comportement mécanique des toiles peintes, peu d'études ont cherché à analyser les phénomènes mécaniques et le comportement au cours du temps d'une déchirure du support toile.

L'une des questions que pose la reprise d'une déchirure, au-delà de la solidité de son maintien dans le temps, est la question de son invisibilité, et cette question pose celle de la conservation du plan de l'image.

Une peinture de chevalet, à savoir une toile peinte tendue sur un châssis, peut se définir comme la représentation d'une image sur une surface plane, quelle que soit la réalité tridimensionnelle de l'image représentée. Au contraire d'une structure en volume, l'œuvre est lisible dans sa totalité immédiate et le plan de l'image est un élément de sa lisibilité. Plus l'image sera complexe et subtile, plus elle pourra être perturbée par une distorsion de son plan de référence.

Une déchirure qui reste visible par la remontée mécanique des bords ou par le creusement du joint peut gêner la perception de l'image représentée par la rupture qu'elle provoque mais devient aussi un élément perturbateur de l'intégrité du plan de représentation. Elle remet en cause la nature même de l'œuvre et pose la question de sa lisibilité et du niveau d'intégrité structurelle attendu.

L'une des questions essentielles dans la conservation des peintures de chevalet est de limiter la réponse aux contraintes externes afin de réduire les variations des contraintes internes et, donc, les altérations structurelles qu'elles peuvent entraîner. Le moyen le plus simple serait bien sûr de coller l'œuvre sur un support rigide. Si cette solution n'est guère envisageable dans le cadre du respect de l'intégrité de l'œuvre, elle a posé la question de la rigidité comme solution.

Le rentoilage à la colle répond empiriquement à cette attente par le complexe colle protéinique/toile de lin qui, en augmentant la rigidité de l'ensemble toile de rentoilage/toile originale, répond au maintien des déchirures dans le plan, mais avec pour corollaire une très forte augmentation des contraintes internes et une forte réactivité aux variations thermo-hygrométriques.

Malgré le moratoire demandé par Percivall-Prescott (2003) dès la conférence de Greenwich en 1974 à propos des rentoilages et, de manière plus large, du collage d'un support rapporté, malgré le questionnement de W. Mehra sur notre capacité à accepter la présence d'altérations plutôt que le changement de nature que peuvent induire nos traitements, le collage d'une toile ou d'un renfort rapporté au revers de l'œuvre est restée une pratique universelle considérée pendant longtemps comme la mesure la plus adaptée à la consolidation d'une déchirure. Et les méthodes traditionnelles de rentoilage à la colle ont continué à être utilisées pour assurer la conservation de la planéité.

Mecklenburg a montré que les propriétés des différentes couches de peintures évoluent dans le temps vers des registres de plus grande rigidité, là où la toile aura tendance à évoluer de manière contraire (Mecklenburg, 1982). Avec le vieillissement des matériaux constitutifs, le

déséquilibre entre la couche picturale qui se durcit alors que la toile perd en tension et en rigidité ne cesse d'augmenter.

Pour Berger (1993), ce déséquilibre rend inévitable le doublage de la toile pour la rendre plus rigide et préserver l'image représentée. La solution de doubler consiste à coller la peinture déformée sur un support assez rigide pour résister aux forces générées par des charges inégales, la rigidité devenant le facteur majeur de la reprise de la planéité. Un doublage réalisé à titre préventif serait même préférable à des altérations progressives ou à des traitements qui n'ont pas d'effets sur les causes principales de détérioration (Berger, 1990). Ces recherches conduisirent Hedley (1981) à préconiser pour le doublage des œuvres l'utilisation de toiles à haut module d'élasticité, telle la toile polyester de type *sailcloth*, afin de garantir la stabilité.

Pour étudier cette question, l'IIC a lancé dès 1987 un large programme qui s'est poursuivi jusqu'en 2014, ajoutant le facteur temps à l'analyse des données. Pour être efficace dans la reprise des déformations, les doublages doivent supporter la tension imposée à l'œuvre durant un court moment, lors de la mise en tension ou lors d'un choc; durant quelques jours, lors de la relaxation de l'œuvre tendue; quelques mois, face aux variations de température et d'humidité, et de nombreuses années face au vieillissement et au fluage des matériaux (Michalski, Daly, 1996). Si les déchirures ne font l'objet que d'essais rapides et peu étendus, l'ensemble du projet apporte d'importantes données sur la capacité d'un renfort collé au revers d'une peinture sur toile à reprendre et maintenir dans le temps les déformations du support original.

Si les doublages sont moins fréquents aujourd'hui, comme le montrent les études et les analyses publiées, ce n'est pas tant parce que les toiles sont devenues plus stables. Ces dernières années, un changement fondamental est apparu dans la pratique de la conservation-restauration qui a mis l'accent sur la préservation de l'intégrité de l'œuvre et une application croissante du principe d'intervention minimale. Les priorités en matière de conservation cherchent désormais à préserver les matériaux d'origine dans la mesure du possible, ce qui se traduit par une approche différente du choix des interventions.

Au niveau structurel, la notion d'intégrité recouvre la continuité mécanique de la toile tout en conservant *a minima* la stabilité d'origine. Elle rejoint l'idée de modifier le moins possible l'authenticité matérielle de l'œuvre et son comportement dans le temps en réduisant l'apport de matériaux exogènes.

Le collage fil à fil d'une déchirure dans sa compréhension stricte du collage un par un des fils se faisant face, avec la reconstruction du tissage, répond à cette exigence et à la recherche d'une intervention traitant l'altération et elle seule. Le but recherché est de reproduire la trame du textile par un collage et un retissage suffisant pour permettre la mise en tension de l'œuvre sans recourir au collage de pièces ou au doublage de l'œuvre (Flock, 2020). La technique doit permettre de retrouver une résistance élevée permettant la mise en tension et sa conservation dans le temps.

Le critère principal est de reconstituer les propriétés mécaniques et optiques de la toile déchirée et, en ce sens, de retrouver l'armure, la couleur de la toile d'origine et sa résistance à la traction. Dans cette optique, les recherches se sont concentrées sur le choix de l'adhésif, le collage de la déchirure devant offrir une résistance suffisante aux contraintes internes au sein de l'œuvre et empêcher leur propagation (Demuth, 2011).

Or, la reconstitution de la toile support est loin d'être le seul élément à prendre en compte. Les critères de choix de l'adhésif sont à définir en fonction de multiples paramètres dont la résistance à la tension n'est qu'un des aspects.

Comme base de réflexion, Young établira dès 2003 qu'une reprise de déchirure doit permettre de retrouver la continuité physique de la toile, ce qui implique la continuité de son comportement mécanique (Young, 2003).

Elle pose comme critères de réflexion :

- la restauration de l'intégrité mécanique de la toile;
- une résistance adaptée aux contraintes au sein de l'œuvre;
- la question de la propagation de la déchirure;
- une redistribution des contraintes ayant provoqué la déchirure;
- le renfort de la zone fragilisée;
- le maintien de la déchirure dans le plan de l'œuvre.

Malgré ces changements dans la pratique, la recherche ne nous permet pas encore de savoir quelles sont les meilleures méthodes pour stabiliser la structure globale ou comment déterminer la rigidité et l'élasticité requises. Une peinture de chevalet n'est pas une juxtaposition de couches indépendantes mais bien au contraire un stratifié de couches interdépendantes. La reconstruction d'une toile déchirée ne peut se concentrer uniquement sur la consolidation mécanique du support toile, indépendamment des couches qu'elle supporte : encollage, préparation, couche picturale, vernis. Elle doit aussi prendre en compte la réactivité de l'ensemble au cours du temps face aux contraintes extérieures.

Se pose la question de la rigidité comme solution au défaut de planéité et celle de concilier la stabilité et la réduction des contraintes avec le maintien dans le plan d'une œuvre tendue. Les questions des propriétés mécaniques de l'œuvre, de la planéité du support original, de la tension et de la distribution des contraintes similaires à celle de l'œuvre originale restent entières.

## Données de l'étude

### Caractéristiques d'une déchirure

Les déchirures d'une œuvre peinte sur toile présentent une grande diversité, tant au niveau de l'état matériel de l'œuvre que de la nature même de la déchirure. Ces différents éléments peuvent cependant être regroupés en deux grands types de déchirure : les déchirures à bords coupés net et celles à bords effilochés, qui correspondent à deux mécanismes différents (Flock, 2020).

Si la toile n'est pas mécaniquement fragilisée et offre encore une certaine élasticité ou si la rupture s'est produite lentement, une déformation plastique se produira au moment de la déchirure et les bords de la déchirure ne seront pas nets, les fils seront arrachés, effilochés et les extrémités irrégulières (**fig. 1**). Si la toile est cassante ou la rupture rapide, il y aura peu ou pas de déformations plastiques au moment de la déchirure et les arêtes de la déchirure seront dentelées, les fils cassés, les extrémités courtes et pointues (**fig. 2**).



**Figure 1** Déchirures à bords coupés nets. © Marie-Noëlle Laurent.



**Figure 2** Déchirures effilochées. © Marie-Noëlle Laurent.

### Caractéristiques des différents types de collage

En fonction du type de déchirures, quatre types de collage ont été répertoriés :

- joint bout à bout : les fils se font face sans manque et peuvent être collés au contact;
- joint avec chevauchement : les fils se chevauchent;
- joint par entremêlage des fils : les fils sont très effilochés et peuvent être entremêlés;
- joint avec fil de pontage : la perte de fibres demande un ajout de fibres pour retrouver la continuité du fil.

Le collage d'une déchirure est actuellement défini dans le cadre déontologique de la profession par le « collage fil à fil » et les recherches se sont concentrées sur ce modèle de reprise de déchirure.

Or cette mise en œuvre très précise est chronophage et parfois complexe à mettre en place et la pratique en est parfois très éloignée. En effet, le terme « collage fil à fil » peut donner l'impression d'un collage où les extrémités des fils se font face comme des tiges. Si les fils peuvent dans certains cas particuliers présenter des sections transversales nettes, il est assez courant que leurs extrémités ressemblent davantage à une touffe de fibres, avec des manques ou des fils trop courts qu'il faut pouvoir rapprocher pour coller les sections transversales des extrémités de chaque fil. La grande difficulté de cette technique est aussi le retissage du textile. Ce dernier demande en effet des fils encore suffisamment cohérents pour pouvoir être manipulés et placés rigoureusement les uns au-dessous des autres, un contrôle très précis du sens du tissage et le maintien des fils en place, surtout s'il s'agit de fils rajoutés. Le dépôt de colle se fait au moyen d'une aiguille pour contrôler l'apport d'adhésif et l'utilisation d'un stylo chauffant est considérée comme indispensable pour éviter la diffusion de la colle et conserver un contact correct entre les fils en accélérant le séchage. Dans le cas de déchirures anciennes, si l'œuvre a été très restaurée, le joint peut être englué de colle, de repeints huileux, de mastics impossibles à éliminer sans détruire le fil déjà très altéré et rend d'autant plus difficile la mise en place de fils rajoutés pour le retissage des zones lacunaires.

### Caractéristiques de l'adhésif

La question du choix de l'adhésif a fait l'objet de nombreuses expérimentations, reprises de manière systématique et rigoureuse depuis les années 2000. Dans un premier temps, les études ont cherché à déterminer quels critères offraient une réponse adéquate aux problèmes posés par la reprise d'une déchirure afin de définir ses propriétés optimales.

Il est ainsi essentiel que le module d'élasticité de l'adhésif soit suffisamment élevé pour que la mise en tension au niveau de la déchirure se situe en-dessous de son seuil d'élasticité, tout en permettant assez de flexibilité pour éviter toute accumulation de contraintes autour du joint lorsque les contraintes au sein de l'œuvre sont modifiées, par exemple par des variations environnementales. Par ailleurs, il faut aussi que l'adhésif présente peu de fluage mais avec une résistance inférieure à celle de la toile autour du joint.

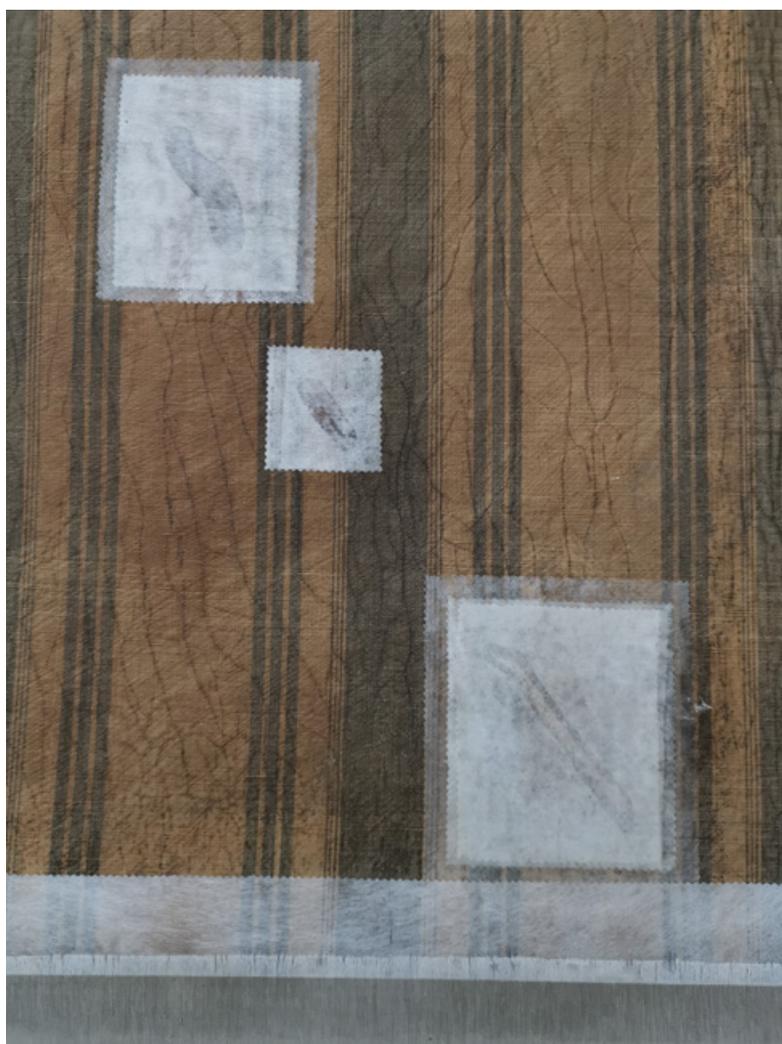
Dans le cas d'un collage bout à bout, la moindre contrainte pourra générer des forces de compression ou de traction susceptibles d'affaiblir ou de décoller le joint si elles dépassent la résistance de l'adhésif à la flexion ou à la traction-compression. Le renforcement du fil original par un fil rapporté permettra alors de solliciter l'adhésif en cisaillement et d'augmenter la surface de collage.

L'adhésif choisi ne devra pas compromettre les traitements ultérieurs et être facilement repris. L'adhésif devra aussi présenter une bonne mouillabilité facilitant son application et sécher rapidement.

Face à ces données, les colles protéiniques sont apparues comme une alternative intéressante. Elles ont été étudiées dans le cadre d'une reprise de déchirure dès les années 1990, principalement en Allemagne, même si les dispersions de résines vinyliques demeurent toujours très utilisées en raison de leur facilité d'utilisation, de leur flexibilité et de leur meilleure réversibilité par rapport à d'autres adhésifs.

## Pose de renforts au revers

Les éléments rapportés, que ce soient des renforts localisés au niveau de la déchirure ou des renforts sur l'ensemble de la surface du support toile dans le cas d'un rentoilage ou d'un doublage, ont pour fonction de consolider la toile rompue et fragilisée. Ils offrent un maintien par recouvrement mais aussi une redistribution des tensions autour de la déchirure. Ils sont aussi choisis pour permettre la conservation dans le temps du plan de l'image. Cette recherche de planéité a pour conséquence pratique la pose de renforts ou d'éléments rapportés permettant de rigidifier l'ensemble. Dans ce cadre, différents systèmes ont été mis en place, soit directement au niveau du collage de la déchirure, avec l'emploi d'adhésifs très peu élastiques et déformables, soit par éléments rajoutés, pièces, éléments perpendiculaires, fils enduits, tiges métalliques (Bracht, 2003). Les pièces anciennes en toile ou en papier ont été remplacées par des systèmes superposés de pièces en matériaux non hygroscopiques de faible épaisseur, pour ne pas déformer la toile originale, mais en couches successives de taille décroissante pour augmenter la rigidité de l'ensemble et tenter de conserver la mise dans le plan par un transfert des contraintes (fig. 3).



**Figure 3** Systèmes de doubles pièces de renfort en intissé polyester sur monofilament de polyester. © Marie-Noëlle Laurent.

Se pose alors le problème de la déformation induite par ces pièces ou ces éléments rapportés. La pose d'un renfort peut provoquer une déformation sur la face sauf s'il n'induit aucun changement mécanique en étant plus flexible que l'original mais, dans ce cas, il risque de ne jouer qu'un rôle de soutien sans reprise de la déformation (Young, 2003).

Afin d'éviter le risque de remontée des pièces ou des renforts ponctuels mis au revers de la déchirure, les études se sont concentrées sur le collage proprement dit de la déchirure en absence de consolidation supplémentaire du support toile. Les recherches actuelles ont mis l'accent sur la force du collage et le maintien mécanique de la déchirure, les fils de pontage ou les pièces ne pouvant remplacer une connexion solide des fils individuels de l'original (Heiber, 2003). Les renforts rajoutés sont alors perçus comme un simple maintien supplémentaire utilisés uniquement dans le cas d'une fibre très fragilisée, sans questionnement sur leur rôle dans la reprise de planéité.

Si ce choix répond à la volonté d'une intervention minimale, et en considérant qu'un collage fil à fil correctement conduit permet de retrouver la solidité mécanique de l'œuvre sous tension, quelle planéité offre une déchirure consolidée ainsi par un simple collage fil à fil et quelles sont les possibilités de conserver cette planéité dans le temps?

## Évolution de la recherche

La reprise d'une perte de cohésion structurelle, déchirure/lacune de toile, peut ainsi être interprétée de deux manières :

- la rigidité comme facteur de maintien dans le plan dans une recherche de stabilité dans le temps;
- la simple reconstruction de la continuité mécanique pour retrouver l'état mécanique de l'œuvre avant déchirure, dans le but d'un traitement minimaliste parfaitement compatible avec toutes les données de l'œuvre.

Étudier la rigidité comme facteur déterminant s'appuyait sur un présupposé lié à la pratique courante. Plutôt que partir de ce présupposé, le propos de cette recherche a été de trouver un moyen de modéliser la réponse mécanique d'une peinture de chevalet dans le cas d'une déchirure du support toile afin d'appuyer le choix du traitement de conservation-restauration sur des mesures objectives, de comprendre l'évolution dans le temps de son comportement et lui apporter le traitement le plus adapté.

La recherche s'est donc orientée vers l'étude d'éprouvettes très simples permettant d'évaluer les mécanismes élémentaires et de définir les paramètres responsables de la déformation au niveau de la déchirure. Une fois les paramètres constitutifs définis, le principe aurait été de modifier une seule variable à la fois au sein du système afin de pouvoir établir un lien direct de causalité entre la variation de planéité du plan de la toile par rapport au facteur modifié. Cette étude ne suffirait pas si elle n'était pas mise en perspective et si l'évolution de ces différents systèmes n'est pas étudiée au cours du temps, d'autant que la déformation de la déchirure restaurée n'est pas toujours immédiate. Ces différents systèmes devaient donc être soumis à des variations de l'humidité et/ou de la température en fonction de cycles qui permettraient d'étudier leur comportement mécanique au cours du temps.

Nous pouvons considérer en quelque sorte que l'étude du comportement d'une peinture sur toile déchirée et restaurée revient à se placer dans un référentiel défini par trois axes : un axe correspondant aux caractéristiques de l'éprouvette déchirée, par exemple l'axe x, l'axe

y pour les caractéristiques de l'éprouvette restaurée en fonction des différentes méthodes mises en place et l'axe z pour les facteurs de dégradation. Cette approche permet de visualiser les différents plans d'expérience possibles. Il est ainsi possible d'étudier le comportement d'une œuvre pour un type de restauration en faisant varier les caractéristiques de l'œuvre ou, à l'inverse, étudier une œuvre en fonction des différentes restaurations possibles. Croiser l'étude de différents types d'œuvres déchirées avec les différents traitements possibles revient à se situer dans le plan xy au temps T de la restauration. Il est aussi possible de se déplacer sur l'axe z en fonction des facteurs de dégradation étudiés.

Si une étude dans le temps de toutes les variations de contrainte possibles venait compléter la recherche, c'est l'ensemble du corpus de la conservation-restauration qui serait étudié. La recherche s'est ainsi rapidement heurtée à l'impressionnante quantité de paramètres à faire varier. En effet, choisir ne serait-ce que 4 types de peinture différents, 2 types de déchirure, dans les deux sens (trame et chaîne), 2 méthodes de collage du joint et 4 types de renfort possibles, dans le cadre d'une étude statistique même très réduite de 5 échantillons répétés, donne pour résultat plus de 600 éprouvettes, alors que le choix du type de peinture est déjà fort restreint. Réduire drastiquement ces paramètres posait le risque de passer à côté d'un paramètre essentiel sans que le choix puisse être réellement justifié. Quant à l'évolution dans le temps du comportement mécanique de la déchirure, elle est en effet un élément fondamental qui ne peut être réduit aux simples variations climatiques, les variations thermo-hygrométriques n'étant qu'un facteur parmi d'autres.

Plutôt qu'aborder l'étude de la déchirure par des modèles prédictifs, nous avons décidé de concentrer notre recherche sur les différents systèmes de restauration possibles et, plus particulièrement, sur la pose de renforts ponctuels. Une seule éprouvette serait prise comme éprouvette de référence et l'impact sur la reprise de planéité de différentes restaurations serait étudié à travers les variations hygrométriques qu'elle peut subir dans le temps.

Le choix des paramètres d'intervention s'est appuyé sur l'étude de terrain réalisée auprès des professionnels de la conservation structurelle des peintures de chevalet. Les méthodologies mises en œuvre sont extrêmement précises et les recherches ont montré que la manière de les réaliser joue un rôle essentiel dans le résultat. Parallèlement à un sondage permettant d'interroger l'ensemble de la profession, nous avons procédé par témoignages et rencontres directes. Nous pouvons ainsi détailler plus précisément les méthodologies pratiquées et affiner notre questionnement. Les premiers éléments qui se dégagent font apparaître comme méthodologie courante ou innovante, la pose de fils collés transversalement sans pose de renforts systématique, la recherche de rigidité au moyen de renforts spécifiques avec une recherche parfois très poussée des matériaux utilisés, l'utilisation de tiges rigides collées en travers du joint de collage.

## Méthodologie d'observation

La corrélation d'images numériques 3D (DIC) s'est imposée, après plusieurs essais, comme la méthode la plus adaptée à notre étude. En effet, pour observer et quantifier les déformations, nous avons besoin d'une méthode capable d'enregistrer simultanément les déplacements dans le plan et hors plan et de les quantifier en fonction des contraintes auxquelles le matériau est soumis.

La DIC 3D répond parfaitement à cette attente. Il s'agit d'une technique sans contact qui peut fournir une mesure tridimensionnelle des déformations et des déplacements dans le plan et hors plan.

Dans la méthode DIC 3D, pour chaque état d'un objet, deux images sont enregistrées simultanément par deux caméras qui regardent l'objet depuis des directions légèrement différentes. Pour effectuer la corrélation, la zone d'intérêt est divisée en une grille virtuelle, régulièrement espacée (sous-ensembles). Les déplacements sont calculés pour chaque point de cette grille afin de déterminer la déformation à travers tout le champ. Chaque point  $P(x,y)$  dans l'image de référence (avant la déformation) est comparé à son état déformé  $P'(x',y')$ . Les algorithmes de corrélation comparent les sous-ensembles de l'image de référence avec les mêmes sous-ensembles dans les images suivantes. En faisant correspondre les motifs, le logiciel calcule les vecteurs de déplacement pour chaque sous-ensemble. Les données de déplacement sont ensuite traitées pour calculer les champs de contrainte à partir des gradients spatiaux de déplacement par un logiciel de traitement d'image, en l'occurrence le logiciel Istra 4D V.4.4.7 de Dantec Dynamics. La condition préalable est la présence d'un modèle stochastique adapté à l'enregistrement pour la comparaison inter-images. Dans le cas de notre éprouvette, les irrégularités de surface ou la structure de tissage suffisent à obtenir une image (fig. 4). Grâce aux avancées des capteurs photographiques, cette méthode permet d'observer les déformations sur une large gamme de déplacements, y compris des mouvements très faibles. Il est alors possible de suivre et de visualiser de manière dynamique ou statique les déplacements et les déformations dans le plan et hors plan. La mesure peut se faire soit par rapport à la première image de référence, soit par rapport à l'image précédente sous la forme d'une corrélation incrémentale.

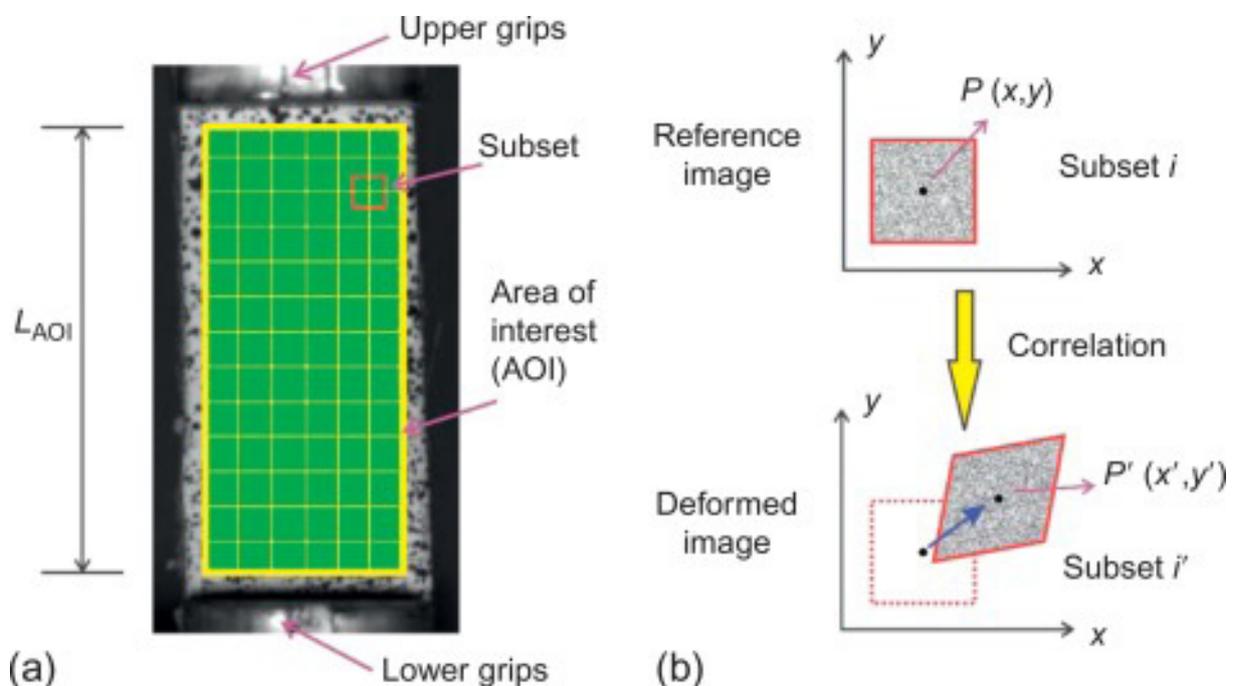


Figure 4 Schéma de corrélation. © Marie-Noëlle Laurent.

## Conclusion

La méthodologie ainsi mise en place, l'observation du domaine d'étude va pouvoir être entamée. Les éprouvettes seront observées dans leur état initial et des ensembles seront ensuite constitués pour chaque adhésif retenu. Chaque groupe sera déchiré et observé en DIC-3D avant et après collage du joint. Les éprouvettes seront alors réparties en quatre ensembles. L'un sera laissé sans renforts collés, les trois autres seront traités suivant les trois types de renfort retenus. L'analyse des déformations et des contraintes internes en DIC-3D sera réalisée au moment du collage. Les œuvres seront ensuite observées sur le long terme à travers des cycles contrôlés de variations hygrométriques.

Cette recherche se propose de questionner la restauration d'une déchirure par des renforts localisés sous l'angle de son maintien dans le plan, avec la notion de rigidité comme point de départ de la réflexion. La question sera de déterminer quels sont réellement les facteurs prédominants et si la seule reconstitution mécanique du joint est envisageable sans autre apport de matériaux exogènes. Cette recherche se place dans un débat plus large concernant la question de ce qu'est une intervention minimaliste et de ce que sont réellement les critères de choix prédominants. Si la réversibilité, le respect de l'intégrité de l'œuvre peuvent conduire à des interventions peu invasives, la question même de la notion de planéité est à interroger dans notre rapport à la sensation d'altération.

Ce travail a bénéficié du soutien de l'École universitaire de recherche *Humanités, Création, Patrimoine* (EUR PSGS HCH) et d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du Programme d'investissements d'avenir, intégré à France 2030, portant la référence ANR-17-EURE-0021.

## Références bibliographiques

**Ackroyd P.** (1995), « Glue-paste lining of paintings: an evaluation of the bond performance and relative stiffness of some glue-paste linings », dans UKIC (éd.), *Review: lining and backing - The support of paintings, paper and textiles*, London, United Kingdom Institute for conservation, p. 83-91.

**Berger G. A., Russell W. H.** (2000), *Conservation of paintings. Research and innovations*, London, Archetype Publications, 360 p.

**Berger G. A., Russell W. H.** (1993), « Tears in canvas paintings: resulting stress changes and treatment », dans ICOM (éd.), *ICOM Committee for Conservation Triennial Meeting*, Washington, USA, p. 113-117.

**Berger G. A., Russell W. H.** (1990), « Changes in resistance of canvas to deformation and cracking (modulus of elasticity "E") as caused by sizing and lining », dans ICOM (éd.), *ICOM Committee for Conservation Triennial Meeting, Dresden, Germany*, p. 107-112.

**Berger G. A., Russell W. H.** (2000), « Tears in canvas paintings and their proper closing », dans *Conservation of paintings. Research and innovations*, London, Archetype publications, p. 45-61.

**Demuth P., Vogel H., Nagler C., Reuber L.** (2011), « Review: adhesives for thread-by-thread tear mending in torn fabric-supported paintings », dans CCI (éd.), *Proceedings of symposium Adhesives and consolidants for conservation: research and applications*, Ottawa, Canada, Canadian Conservation Institute, p. 242-275

**Floch H., Diebels S., Jägers E., Possart W.** (2020), « Thread-by-thread tear mendings in conservation of canvas paintings: a problem of reproducibility in bonding qualities », *The journal of adhesion*, Vol. 99 N° 14, p. 1-22.

**Floch H., Diebels S.**, (2021), « New investigations of adhesives for tear repair of canvas paintings », *Studies in conservation*, N° 66, p. 321-343.

**Floch H., Demuth P., Diebels S., Jägers E.** (2022), « Will it hold? About the single thread bonding technique », dans CCR La Venaria Reale (éd.), *Structural treatments on double sided paintings*, 1 (2), La Venaria Reale, CCR La Venaria Reale, p. 168-199.

**Floch H., Demuth P., Diebels S., Jägers E.** (2023), « The thread-by-thread tear-mending method: new insights into the choice of adhesives and their application », dans Schwarz et al (éd.), *Conserving canvas*, Los Angeles, Getty Publications, p. 234-246.

**Glanzer I., Bracht E., Wijnberg L.** (2006), « Cathedra - Barnett Newman », *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, 20 (1), p. 63-86.

**Gerry H.** (1981), « The stiffness of lining fabrics: theoretical and practical considerations » dans ICOM (éd.), *ICOM Committee for Conservation Triennial Meeting, Ottawa, Canada, Paris, ICOM, 81/2/2*, 13 p. Disponible sur : Preprints : ICOM Committee for Conservation, 6th triennial meeting, Ottawa, 21-25 September 1981 : ICOM Committee for Conservation. Meeting (6th : 1981: Ottawa, Ontario) : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive (consulté le 23/3/2025).

**Heiber W.** (1996), « Die Rissverklebung », *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, 10 (1), p. 117-144.

**Heiber W.** (2003), « The thread-by-thread tear mending method », dans Bustin M., Caley T. (éd.), *Alternatives to lining: the structural treatment of paintings on canvas without lining*, London, United Kingdom Institute for conservation, p. 35-48.

**Heiber W. et al.** (2020), « Tear mending and other structural treatments of canvas paintings before or

instead of lining », dans Hill Horner J., Rushfield R., *Conservation of easel paintings*, London, Ed. JC, RR, 34 p.

**Hough P., Michalski S.** (1999), « Preliminary results of a research project exploring local treatments of cupped cracks in contemporary paintings », dans ICOM (éd.), *ICOM Committee for Conservation Triennial Meeting*, Lyon, France, 8 p.

**Mecklenburg M., McCormick-Goddhart M.** (1994), « Investigation into deterioration of paintings and photographs using computerized modeling of stress development », *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol. 33, No. 2, p. 153-170.

**Mecklenburg M.** (2022), « An introduction to mechanics and the Giulio Cesare Procaccini double-sided banner », dans CCR La Venaria Reale (éd.) *Structural treatments on double sided paintings*, 1(2), La Venaria Reale, CCR La Venaria Reale, p. 233-242.

**Percival-Prescott W.** (2003), « The lining cycle: causes of physical deterioration in oil paintings on canvas - lining from the 17<sup>th</sup> century to the present day », dans *Lining paintings : papers from the Greenwich Conference on Comparative Lining Techniques*, London, Archetype publications, p. 1-47.

**Young C.** (2003), « The mechanical requirements of tear mends », dans UKIC (ed.), *Alternatives to lining: the structural treatment of paintings on canvas without lining*, London, United Kingdom Institute for conservation, p. 120-128.

**Young C.** (2023), « Canvas complexity: the life of a complex composite », dans Schwarz, C., McClure, I. and Coddington, J. (eds.), *Conserving Canvas*, Getty Publications: Los Angeles, p. 120-128.

## Les auteurs

**Marie-Noëlle Laurent-Miri\*** Conservatrice-restauratrice de peintures de chevalet, doctorante à l'université Cergy-Paris, Centre Voltaire de conservation-restauration, 20 rue Voltaire, 93100 Montreuil, [marienoelle.laurent@gmail.com](mailto:marienoelle.laurent@gmail.com)

**Thierry Sarmant** Conservateur général du patrimoine, archiviste paléographe, chercheur associé à l'UMR Heritage, [thierry.sarmant@culture.gouv.fr](mailto:thierry.sarmant@culture.gouv.fr)

**Nicolas Wilkie-Chancellor** Professeur des universités, CY Cergy-Paris université, laboratoire SATIE-UMR 8029, [nicolas.wilkie-chancellor@cyu.fr](mailto:nicolas.wilkie-chancellor@cyu.fr)

**Sandie Le Conte** Responsable du laboratoire de recherche de l'INP, [sandie.leconte@inp.fr](mailto:sandie.leconte@inp.fr)

**Antonio Iaccarino-Idelson** CEO de Equilibrato SRL, conservation company, [iaccarino.a@gmail.com](mailto:iaccarino.a@gmail.com)

**Pierre Leveau** Docteur ès philosophie, université Aix-Marseille, [pierre.leveau@ac-aix-marseille.fr](mailto:pierre.leveau@ac-aix-marseille.fr)

\* auteur à qui doit être adressée la correspondance