

MÉTHODES DE PROTECTION DE LA COUCHE PICTURALE LIMITANT L'APPORT D'EAU : PISTES DE RECHERCHE ET ÉTUDE COMPARATIVE DU CYCLODODÉCANE ET DU MENTHOL

Diane Le Corre, Gaël Latour

Résumé

Dans le cadre d'un mémoire à l'Institut national du patrimoine (Paris), une œuvre à restaurer nous a été confiée par le musée national de la Renaissance (Écouen). Il s'agit d'une peinture à l'huile sur toile de l'école espagnole du XVII^e siècle (préparation à base d'argiles rouges) ayant subi un dégât des eaux. Elle présente des degrés avancés de chancis, ainsi qu'un ancien rentoilage altéré. La question se pose alors de la technique de protection de la couche picturale pour pouvoir intervenir au revers. Cet article fait la revue des techniques de protection pour des couches picturales sensibles à l'eau et présente l'étude d'une technique à base de consolidants temporaires.

Abstract In the context of a thesis at the Institut National du Patrimoine (Paris), a work was entrusted for restoration by the Musée National de la Renaissance (Ecouen). This is an oil painting on canvas from the 17th-century Spanish school (preparation with red clays) that suffered water damage. It exhibits advanced levels of opacity, as well as an altered historical re-lining. The question then arose regarding the technique to protect the pictorial layer in order to work on the reverse side. This article reviews the techniques for protecting water-sensitive pictorial layers and presents a study of a method based on temporary consolidants.

Resumen Como parte de una memoria en el Instituto nacional del patrimonio (París), el museo nacional del Renacimiento (Ecouen) confió un trabajo de restauración. Es una pintura al óleo sobre lienzo de la escuela española del siglo XVII (preparación basada en arcillas rojas) dañada por el agua. Tiene grados avanzados de chancis, así como un antiguo reentelado alterado. Luego surgió la pregunta de la técnica de protección de la capa pictórica para poder intervenir en el reverso. Este artículo revisa las técnicas de protección para capas pictóricas sensibles al agua y presenta el estudio de una técnica basada en consolidadores temporarios.

Mots-clés protection de la couche picturale, *facing*, consolidants temporaires, cyclododécane, menthol

Introduction

La protection de la couche picturale en spécialité peinture est souvent associée à l'application d'un papier fin (notamment en fibres de chanvre) collé avec des adhésifs aqueux (comme de la colle de pâte diluée ou des éthers de cellulose) afin de le rendre facilement retirable. Plusieurs termes sont employés pour désigner cette pratique – la pose d'un papier de protection, le *facing* ou le cartonnage – selon l'objectif. Ces papiers encollés peuvent en effet avoir différents rôles, comme maintenir ensemble des parties détachées d'une œuvre (bords de déchirure, bords de la toile au châssis ou au plan de travail), consolider la couche picturale (écailles mobiles), protéger la surface peinte ou encore reprendre des déformations de la toile. Dans tous les cas, il s'agit d'une intervention temporaire effectuée dans l'attente d'une intervention de restauration ou durant des interventions structurelles (dépose, doublage, refixage, etc.).

Dans de nombreux cas, cette technique ne pose pas de problème, notamment pour les œuvres peintes dont le liant est huileux et avec une bonne cohésion. Toutefois, certaines techniques picturales ou certains phénomènes d'altération de la peinture peuvent rendre l'application d'un papier de protection risquée, notamment dans le cas de :

- composés de la couche picturale (pigments, liants ou additifs) réactifs à l'eau,
- défauts de cohésion, comme une pulvérulence ou un chanci du liant de la peinture ou du vernis,
- sous-couche soluble ou absorbante, comme une préparation argileuse.

Étant confrontés à une œuvre à risque, nous nous sommes donc demandé quelles sont les alternatives pour protéger temporairement la couche picturale en limitant l'apport d'eau, voire sans apport d'eau.

État de l'art

La littérature sur la restauration des peintures montre que peu d'articles abordent ce sujet, rendant nécessaire un détour par les travaux d'autres spécialités. Nous allons présenter ces travaux de recherche en deux parties : les techniques limitant l'apport d'eau et les alternatives à l'apport d'eau.

Protection de la couche picturale avec peu d'apport d'eau

Les papiers réactivés par humidification

La thématique des papiers encollés a été particulièrement étudiée dans la spécialité arts graphiques et, ce, depuis les années 1980-90. Les objectifs diffèrent un peu, car il s'agit de doubler des papiers ou renforcer des déchirures de façon pérenne. Ces recherches se sont, en majorité, concentrées sur des techniques aqueuses, mais quelques-unes cherchent à limiter l'apport d'eau en substituant au collage dans le frais un collage de papiers préencollés et légèrement réhumidifiés.

Cette idée fait suite à l'introduction des éthers de cellulose dans les pratiques d'atelier. Facilement réactivables par humidification, ils permettent de faire un collage-contact très superficiel, avec peu de diffusion de l'adhésif et de l'humidité dans l'œuvre (Brückle et Wagner, 1996; Pataki, 2011; Lechuga, 2011).

Théorisation de la protection des couches picturales

Les rares publications sur le sujet en spécialité peinture s'inspirent des techniques de réactivation par humidification développées en arts graphiques. Les critères établis sont en effet souvent similaires (New, 2011) : faible apport d'humidité, faible retrait au séchage, souplesse de l'adhésif, faible diffusion de l'adhésif.

Les papiers de protection ont également été décrits en fonction de leur action sur la peinture, établissant deux types de *facing* (Alba *et al.*, 2019) : ceux servant à protéger (collage-contact) et ceux servant à consolider (collage dans le frais). L'étude la plus récente se concentre, là encore, sur des papiers préencollés et réactivés par humidification de l'adhésif, afin de privilégier les *façings* superficiels, dits de protection.

Et dans la pratique?

La technique du collage-contact par réactivation, avec son faible apport d'humidité et retrait au séchage, ne répond cependant pas toujours aux attendus en restauration de support toile¹.

Dans les cas où il est souhaité de limiter la diffusion de l'eau, pour éviter qu'elle vienne altérer le liant de la peinture et générer des chancis, une autre solution a été développée et consiste en l'application d'une couche intermédiaire entre la couche picturale et ces papiers encollés très humides. Très souvent il s'agit d'un vernis appelé « d'intervention » ou « sacrificiel ».

Protection de la couche picturale sans apport d'eau

Les adhésifs réactivés dans des solvants, par pression ou chaleur

L'emploi d'adhésifs solubilisés ou réactivés avec des solvants, plutôt que de l'eau, est une autre option qui a été explorée. Une vaste étude comparative a testé de nombreux polymères en faisant varier le mode de réactivation (par solvant, chaleur ou pression). Cette étude a permis de mettre en évidence un certain nombre de limites à l'emploi d'adhésifs non aqueux (Bedenokovic, 2018) :

- l'incompatibilité de nombreux solvants (tel l'éthanol) avec les couches picturales pose problème au moment de la réactivation de l'adhésif, mais aussi lors du retrait de résidus;
- dans le cas de la réactivation avec des solvants, certains de ces adhésifs, vite solubilisés, tendent à se diffuser dans la couche picturale. Cela peut rendre difficile le collage du papier, car ils ne forment pas un joint de colle à l'interface peinture-papier, soulevant la question de l'intérêt de faire un *facing*. Si l'adhésif pénètre beaucoup, autant envisager directement une intervention de consolidation;

¹ Par exemple, l'apport d'humidité peut être souhaité afin de détendre et assouplir les matériaux le temps d'une reprise de déformation. Le retrait au séchage permet une reprise de tension.

- l'introduction de ces adhésifs, souvent synthétiques, dans des œuvres où de telles natures de matériaux n'étaient pas présentes auparavant, pose des questions déontologiques. Cela entraîne une modification de l'œuvre, notamment optique, avec un changement de couleur souvent perceptible (Thuer, 2012). Il y a potentiellement un caractère irréversible à ces méthodes, qui sont en cela invasives.

Ces adhésifs seraient donc peu appropriés à un usage temporaire, alors que c'est la vocation d'une protection de la couche picturale.

Les consolidants temporaires

Une autre catégorie de matériaux non aqueux peut être envisagée : les consolidants temporaires. Leur usage a trouvé une multitude d'applications pratiques dans plusieurs spécialités de la conservation-restauration (archéologie, peinture murale et arts graphiques) pour leur capacité consolidante, hydrophobe, isolante et leur propriété de sublimation. On dit qu'ils sont volatiles ou réversibles, car ils ont cette capacité de passer de l'état solide à l'état gazeux dans les conditions ambiantes.

Ils ont aussi révélé de bonnes capacités structurelles, permettant par exemple la dépose de décors muraux ou le retrait de doublages, notamment d'un carton au revers d'un papier peint (White, 2015) et d'un rentoilage au revers d'une détrempe sur toile (Miguirditchian, 2008).

Délimitation de l'étude

Étant donné les limites et les inconvénients des techniques diminuant l'apport d'eau et de celles avec des adhésifs synthétiques non aqueux, l'alternative que constituent les consolidants temporaires nous a semblé être une piste intéressante à explorer.

Les nombreux cas d'application et d'expériences de terrain avec le cyclododécane (CDD), nous ont amené à l'intégrer dans cette étude, ainsi que le menthol, aussi commercialisé comme consolidant temporaire, mais dont les propriétés diffèrent². Nous avons ainsi souhaité mener un protocole expérimental pour mieux comprendre le comportement, le potentiel et les limites de ces deux consolidants temporaires dans le cas d'une protection de la couche picturale en vue d'interventions sur le support d'une peinture sur toile.

La technique que nous cherchons à mettre au point consiste en l'application (**fig. 1**) :

- 1) d'une couche de consolidant temporaire, pour consolider la couche picturale et protéger sa surface de l'apport d'eau;
- 2) des papiers de chanvre fin encollés, pour renforcer la couche de consolidant et servir de couche d'interface;
- 3) des bandes de tension en intissé de polyester collées à la face, afin de maintenir l'œuvre sur tout son périmètre.

² Une tableau comparatif figure en bilan de cet article (fig. 9).

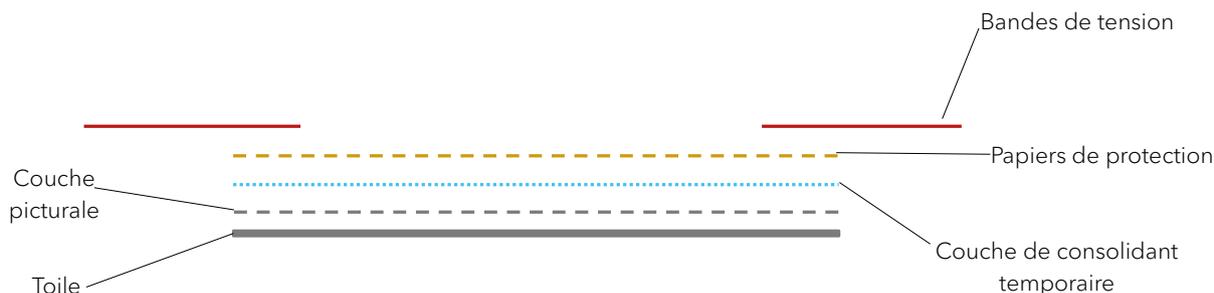


Figure 1 Schéma de la technique de protection et montage sur bâti.

Les objectifs de l'étude se répartissent en deux phases expérimentales (**fig. 2**) : ceux liés à la couche de consolidant temporaire (1) et ceux liés au montage sur un bâti de l'œuvre ainsi protégée (2 et 3).

Étude de la protection	Étude de la mise sur bâti
Recouvrir la surface de façon homogène et combler les craquelures	Résister à la tension exercée lors de la mise sur bâti
Présenter une stabilité temporelle permettant des interventions sur le support	Assurer une bonne adhésion des couches entre elles
Être réversible	Isoler les adhésifs et permettre un retrait facile des résidus
Avoir une température d'application modérée	

Figure 2 Tableau des différents objectifs de l'étude.

Étude de la protection

Recouvrir la surface et combler les craquelures

Pour appliquer les consolidants temporaires, il est nécessaire de les rendre liquides. Cela est possible de deux façons : par chauffage ou par dissolution dans un solvant. Une fois le produit liquide appliqué sur une surface, il va de nouveau passer à l'état solide. Le choix de mise en œuvre – fondu, en solution ou fondu avec une part de solvant – a une influence sur la structure du dépôt solide formé.

Ces différences de formation sont très claires, visibles sous microscope optique en lumière blanche et par tomographie de cohérence optique (OCT)³ dans le cas du CDD (**fig. 3**).

³ L'OCT est une technique d'imagerie optique tridimensionnelle, sans contact et non-destructive, permettant d'obtenir une image en coupe des milieux traversés, adaptée aux milieux transparents ou semi-transparentes. Dans le cas de l'analyse d'une peinture de chevalet, l'image s'apparente donc à une coupe stratigraphique virtuelle des couches de vernis et glacis. L'OCT utilisé pour cette étude a été mis à disposition par le laboratoire d'Optique et Biosciences (École polytechnique, Palaiseau). Pour plus de renseignements sur cette technique d'imagerie : voir Latour, Robinet, 2019.

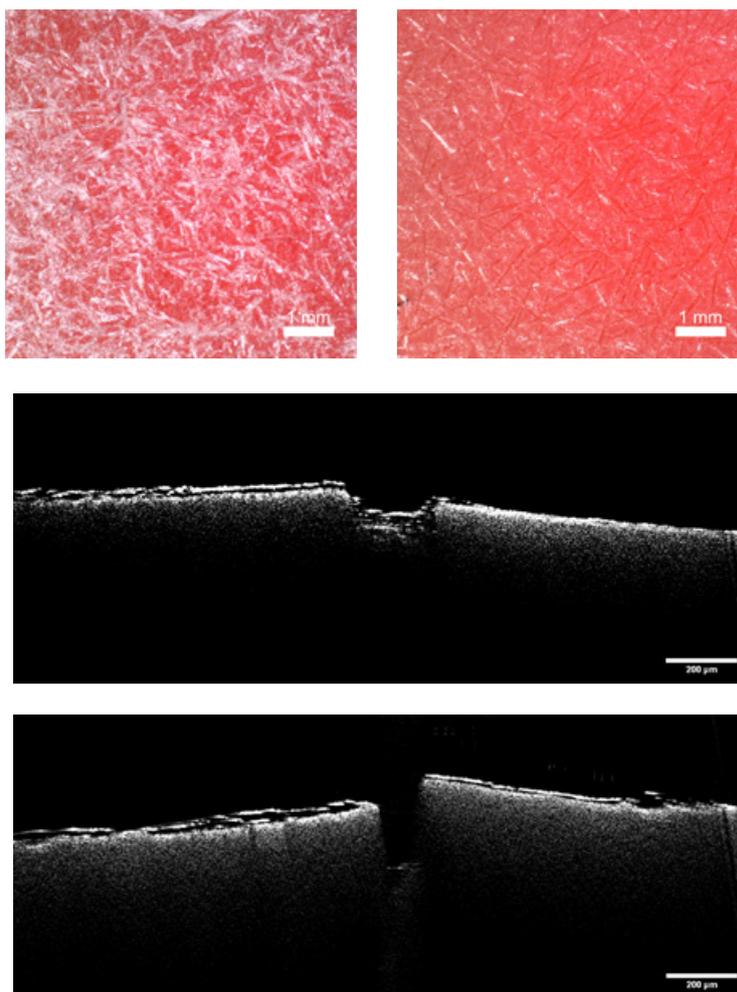


Figure 3 Vues en microscopie optique; barre d'échelle : 1 mm (a, b) et en OCT (coupes transverses, équivalentes à une coupe stratigraphique); barre d'échelle : 200 µm (c, d). CDD en solution dans du Siedegrenzbenzin 30-75 (2 :1) en une application (a, c). CDD en solution dans du Siedegrenzbenzin 100-140 (2 :1) en une application (b, d). © Diane Le Corre, INP (a, b); Gaël Latour, LOB (c, d)

Choix du solvant lors d'une application en solution

Lorsque le CDD est préparé en solution dans différents hydrocarbures, on observe qu'avec un hydrocarbure à basse température d'évaporation le consolidant se solidifie plus vite, même dans les petites anfractuosités, alors que si le temps d'évaporation est plus long, il tend à former des aiguilles plus étendues, au niveau de la surface et non dans les craquelures.

Ajout de solvant lors d'une application fondue

L'ajout de solvant aide à l'application du CCD fondu, en offrant un temps d'application plus long du produit et en permettant également de diminuer la température de fusion : le CDD reste liquide à des températures inférieures à sa température de liquéfaction. Elle est

normalement de 60-65 °C, et descend à 55°C avec 10 % de solvant et à 50 °C avec 20 % de solvant.

La présence de deux formes liquides implique un passage à l'état solide de deux façons : le CDD se fige par refroidissement, mais n'est complètement solidifié qu'une fois les solvants évaporés. Le dépôt formé est plus ou moins dense selon la part de solvant et le nombre d'aiguilles formées dans la couche. Le CDD fondu pur conduit à un dépôt plus dense et imperméable.

Afin de recouvrir la surface et combler les craquelures, nous avons donc privilégié pour le CDD des méthodes d'application permettant une solidification rapide : fondu pur ou avec une part de solvant (10 et 20 %). Nous avons également fait des applications en deux couches, avec l'idée que, peut-être, la première couche faite de CDD fondu avec une part de solvant ou pur en solution puisse isoler la couche picturale de la chaleur apportée par la seconde application de CDD fondu pur à température élevée.

Pour le menthol, la difficulté lors de l'application est moins grande car sa température de fusion est plus basse, 40 °C, rendant l'application à la brosse plus facile et le risque lié à la température moindre. Étant donné la grande capacité de pénétration du menthol dans les matériaux, il est nécessaire de superposer les applications pour obtenir une couche en surface. On a ainsi choisi le menthol selon deux méthodes d'application : fondu et en solution, en appliquant 4 couches ou 8 couches.

Cyclododécane		Menthol
En solution dans du Siedegrenzbenzin 30/75 (2:1) À cette concentration, le CDD sature le solvant. Il en reste donc à l'état solide au fond du flacon (CDDs)		En solution dans du Siedegrenzbenzin 60/95 (3:1) (Ms) Il est possible de mettre davantage de menthol en solution avant de saturer le solvant. Il faut souvent attendre plusieurs jours avant que le menthol soit totalement solubilisé
Fondu avec 10% de Siedegrenzbenzin 100/140 (CDDf10)		Fondu pur (Mf)
Fondu avec 20% de Siedegrenzbenzin 100/140 (CDDf20)		
Fondu pur (CDDf)		
1 technique d'application	Superposition de 2 techniques d'application	Application en 4 ou 8 couches

Figure 4 Tableau des techniques d'application sélectionnées. Nomenclature : les proportions sont toujours indiquées en masse. Pour chaque technique d'application, nous indiquons entre parenthèses la nomenclature utilisée lors de l'étude, reprise dans les graphiques présentés dans la suite de cet article. Pour le CDD, nous avons ajouté au nom de la première couche la mention « /f », pour une seconde couche de CDD fondu pur, ou « /f10 », pour une seconde couche de CDD fondu avec 10 % de solvant. Cela donne, par exemple « CDDf10/f ». Pour le menthol, nous avons ajouté la mention « -4 » ou « -8 » pour préciser le nombre de couches appliquées.

Présenter une stabilité temporelle suffisante

Comme les consolidants temporaires tendent à se sublimer au cours du temps, on s'est demandé sur quelle durée ils assurent leur rôle. L'enjeu est de s'assurer un temps de travail suffisant pour mener les interventions au revers de l'œuvre.

Nous avons donc effectué un suivi du processus de sublimation en mesurant la variation de la masse des éprouvettes au cours du temps. Des éprouvettes sont laissées à l'air libre quand d'autres sont stockées dans une pochette hermétique⁴. L'idée est de voir à quel point un dispositif de pare-vapeur⁵ simple peut ralentir la sublimation.

L'étude de la masse de consolidant temporaire restant au bout de sept jours en fonction de la mise en place ou non d'un pare-vapeur permet de mettre en évidence que le pare-vapeur ralentit dans tous les cas la vitesse de sublimation, et que ce gain est variable selon les techniques d'application (fig. 5). Par exemple, dans le cas du menthol, une application fondue en quatre couches donne des dépôts peu durables s'ils sont laissés à l'air libre. Cependant, le pare-vapeur améliore grandement leur durabilité. Le menthol appliqué en huit couches et laissé sous pare-vapeur donne par ailleurs les meilleurs résultats de stabilité dans le temps sur sept jours. En comparaison, dans le cas du CDD, la durabilité dépend beaucoup de la structure du dépôt formé, et le cyclododécane fondu pur, dense, permet d'avoir un dépôt assez stable, même sans pare-vapeur. On voit que sous pare-vapeur les écarts de stabilité dans le temps des différentes techniques de consolidation temporaire sont grandement réduits et ils acquièrent tous une assez bonne durabilité.

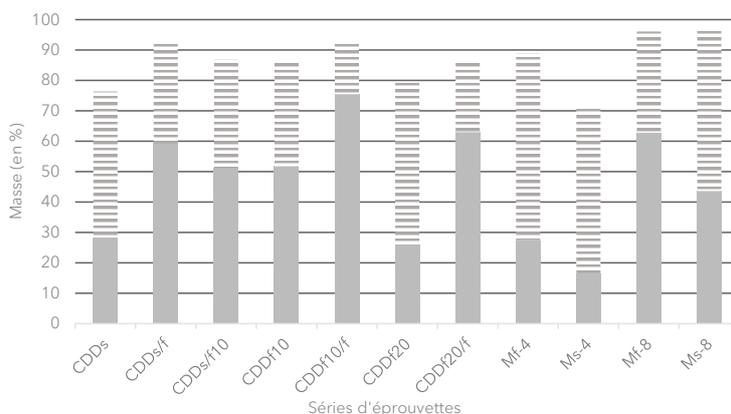


Figure 5 Pourcentage de consolidant encore présent sept jours après application en fonction de la présence d'un pare-vapeur (hachures) ou son absence (barres pleines).

Lors de ce suivi, les éprouvettes ont été examinées par OCT et leur aspect documenté par photographie. Cela a permis de mettre en évidence que les couches de menthol se subliment en s'amincissant de façon régulière et homogène, alors que le CDD se sublime de façon variable sur la surface de l'éprouvette, laissant à terme des amas locaux de consolidant. Dans

⁴ La pochette consiste en des feuilles de polyester (type Mélinex®) scellées entre elles avec du ruban adhésif aluminium. Ces matériaux sont hermétiques aux vapeurs des consolidants temporaires.

⁵ Le pare-vapeur est le dispositif servant à limiter les échanges entre le consolidant temporaire et l'air afin de ralentir sa sublimation. On utilise là aussi du Mélinex® fixé avec du ruban adhésif aluminium.

la majorité des cas, après sept jours sans pare-vapeur, même s'il n'y a plus de consolidant en surface, il est possible d'en observer dans les craquelures, confirmant qu'elles ont bien été comblées lors de l'application.

Être réversible

Une fois les consolidants temporaires sublimés, les éprouvettes ont été observées à l'œil nu afin de s'assurer de l'absence de modifications optiques induites par les produits ou leur mise en œuvre. Aucune modification perceptible n'est constatée pour le cyclododécane. En revanche, les éprouvettes ayant reçu du menthol en huit couches, fondu comme en solution, présentent des effets de lustrage. Il convient donc de vérifier l'absence d'interaction entre le menthol et la technique picturale de l'œuvre avant d'employer cette technique.

Avoir une température d'application modérée

L'apport de chaleur à la surface de l'œuvre lors de l'application de consolidants temporaires fondus peut avoir des conséquences selon la sensibilité de la peinture, ses finitions et vernis de surface ou ses adhésifs de refixage. La question se pose en particulier pour le cyclododécane, dont la température de fusion se situe entre 60 et 70 °C lorsqu'il est pur.

Comme le cyclododécane fondu pur est la méthode d'application la plus avantageuse du point de vue de la stabilité du dépôt dans le temps, nous avons souhaité étudier sa vitesse de refroidissement lors de l'application, ainsi que pour le CDD fondu avec 10 % et 20 % de Siedegrenzbenzin 100-140.

Pour cela, des prises de vue avec une caméra thermique par infrarouge⁶ ont été faites lors de l'application, puis toutes les dix secondes pendant deux minutes (fig. 6). Les courbes de refroidissement montrent une décroissance rapide pour les CDD fondu avec une part de solvant, avec une différence de 10 °C entre la température du produit au bain-marie et la première mesure effectuée sur l'éprouvette. On constate ensuite une baisse de 5 °C durant les vingt premières secondes. La courbe d'évolution de la température pour le CDD fondu pur présente une allure différente, avec une stagnation de la température au-dessus des 50 °C durant les 40 premières secondes. Il met deux fois plus de temps à descendre à 30 °C.

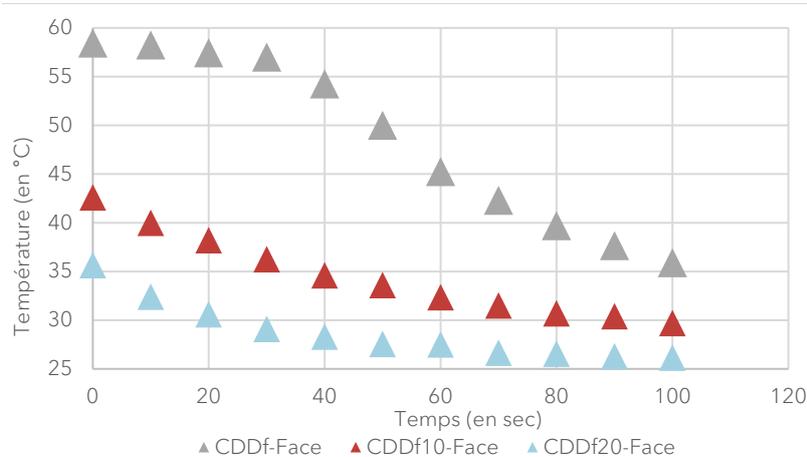


Figure 6 Courbes de refroidissement du CDD fondu, mesures prises à la face.

⁶ Nous avons utilisé la caméra FLIR Cx-Series modèle C5.

Ensuite, nous avons cherché à évaluer si une couche intermédiaire de CDD, en solution ou fondu avec une part de solvant (donc appliqué moins chaud), peut protéger la surface peinte de la chaleur apportée par le CDD fondu pur. Pour cela nous avons comparé des mesures de la température prises au revers des éprouvettes (fig. 7). Les températures mesurées au revers, lors de l'application de CDD pur sur une première couche de CDD fondu avec une part de solvant, sont légèrement plus basses qu'en l'absence d'une couche intermédiaire. Toutefois, elles sont supérieures aux températures mesurées à la face lors de l'application de CDD avec une part de solvant. Le rôle isolant d'une couche intermédiaire est donc modéré et fondre le CDD avec du solvant est la meilleure façon de diminuer l'apport de chaleur à la surface de la couche picturale.

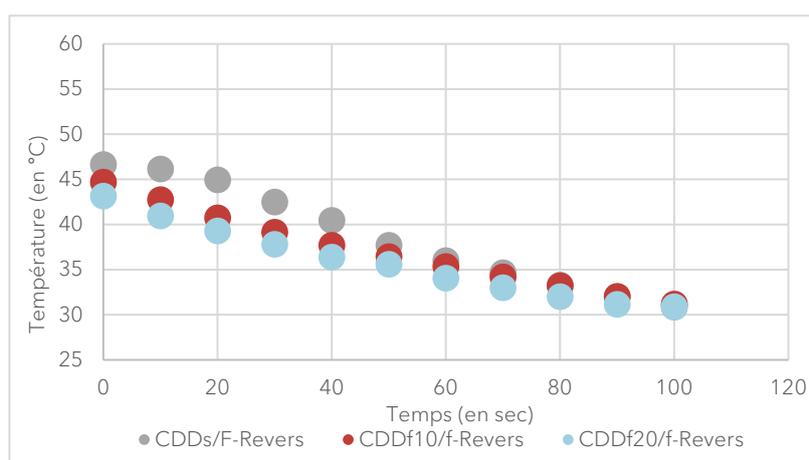


Figure 7 Courbes de refroidissement du CDD fondu, mesures prises au revers.

Étude de la mise sur bâti

Résister à la tension exercée lors de la mise sur bâti

Afin de monter l'œuvre sur un bâti, il est nécessaire de pouvoir coller sur la couche de consolidant temporaire des bandes de tension. Nous avons préféré ne pas les coller directement dessus, pour ne pas risquer que la force de traction exercée lors de la mise sur bâti ne vienne arracher le consolidant. Deux couches de papier de chanvre fin sont alors collées sur la couche de consolidant temporaire avant d'y coller les bandes de tension en intissé de polyester fin. Suite à des tests de cisaillement par traction⁷, nous avons choisi les adhésifs pour le collage des papiers de chanvre et les intissés de polyester. Lorsque ces deux matériaux sont collés avec du Plextol B500®, l'adhésif suit la déformation de l'intissé de polyester et l'ensemble s'arrache plus facilement que dans le cas d'un mélange Plextol B500®-Tylose MH300® (1 :1). Des essais complémentaires ont montré que la Tylose MH300® seule suffit pour coller le papier de chanvre, avec des intissés collés grâce au mélange Plextol B500®-Tylose MH300® (1 :1). Ce système a été appliqué sur toutes les techniques de consolidant temporaire et la rupture s'est à chaque fois faite dans la bande d'intissé, en dehors de la zone de collage sur

⁷ Cette série de tests a été effectuée en atelier à l'aide d'un étau, pour maintenir l'éprouvette au dessus du vide, et d'un ourlet à l'extrémité de la bande d'intissé, afin d'y glisser une tige à laquelle accrocher un sachet. Des billes de plomb ont été versées progressivement dedans en respectant des temps de pose entre chaque ajout.

l'éprouvette. La masse moyenne à la rupture est de 4,16 kg. Rapportée aux dimensions de l'éprouvette, cela revient à une contrainte exercée de 1,63 N/cm² et une tension de 8,16 N/cm⁸. Ces valeurs nous paraissent suffisantes pour une mise en tension sur bâti, d'autant plus que nous adaptons l'ouverture des angles du bâti à la tension des intissés, en veillant à ne pas provoquer leur déchirure.

Assurer une bonne adhésion des couches entre elles

L'adhésion entre les couches d'intissé de polyester, de papier de chanvre et le consolidant temporaire a été évaluée par pelage à la main afin de jauger les faiblesses. Ces observations servent à envisager le risque de décollement entre les différentes couches lors des interventions au revers.

La résistance au pelage à la surface de CDD fondu pur est la plus faible. Elle donne un résultat intermédiaire pour le CDD fondu avec 10 % de solvant et elle est la plus forte à la surface du menthol.

Isoler les adhésifs et permettre un retrait facile des résidus

Après sublimation des consolidants temporaires, les adhésifs qui avaient été appliqués persistent à la surface de la peinture. Dans le cas du CDD, le dépôt poudreux n'est pas adhérent et peut être complètement retiré par dépoussiérage. En revanche, le menthol ne semble pas avoir empêché la diffusion des adhésifs, puisqu'un voile blanc adhérent reste à la surface de la peinture.

Lors d'un test d'imprégnation par le revers, nous avons observé que les colles de peau et d'esturgeon se diffusent jusqu'à la surface peinte et parviennent à dissoudre la peinture, quand celle-ci est couverte de menthol. Le CDD a, quant à lui, empêché ce phénomène. Cela indique que le menthol a une certaine perméabilité ou une sensibilité à l'humidité, et peut aussi expliquer la meilleure adhésion des couches de protection à sa surface

Bilan

Suite à cette étude, il est possible de dresser un bilan complet réunissant sur un même type de figure la réponse des techniques testées à l'ensemble des critères⁹ (**fig. 8**).

Cela permet de mettre en évidence que le CDDf20 seul n'est pas plus intéressant que le CDDs seul sur les trois critères testés, et représente donc un apport de chaleur inutile.

Les doubles applications faites de CDDf20 ou de CDDf10, avec pour seconde couche du CDDf, ont un comportement proche : leur durée dans le temps est la meilleure, mais avec un léger défaut au niveau de l'adhésion et le problème de l'apport de chaleur.

Le CDDf10 seul présente la meilleure réponse à la majorité des critères, sauf celui de la durée dans le temps, légèrement inférieure mais suffisante pour notre application.

⁸ La contrainte correspond à une force appliquée sur une surface et s'exprime en donc en N/cm², alors que la tension est une force linéaire qui s'exprime en N/cm. Ces deux valeurs ont été calculées à partir de la masse ajoutée au moment de la rupture, rapportée à l'aire ou à la longueur du bord de l'éprouvette.

⁹ Le CDD en solution et le CDD fondu avec 20 % de solvant n'ont pas été évalués pour les critères liés à la mise en tension sur bâti, d'où l'absence de valeurs sur une moitié du graphique.

Fondu, le menthol a une meilleure durée dans le temps, mais on constate que sa réversibilité est très variable selon le nombre de couches appliquées et peut-être la composition de la couche picturale.



Figure 8 Graphiques radar synthétisant les résultats de l'étude pour les différents systèmes testés.

Grâce à cette synthèse, il a ainsi été possible de choisir un consolidant temporaire et une méthode d'application appropriés – le CDD fondu avec 10 % de Siedegrenzbenzin 100-140 – permettant de répondre à tous nos attendus pour une protection de la couche picturale et une mise sur bâti de l'œuvre.

Tous ces tests furent également l'occasion de comparer le comportement de deux consolidants temporaires et de dresser leurs avantages et inconvénients (fig. 9) afin d'aider dans le choix de ces matériaux de restauration.

	Cyclododécane	Menthol
Avantages	Domaine de solubilité restreint : hydrocarbures Hydrophobe Bonne réversibilité Diffusion moyenne dans le substrat, mais comble les aspérités Sublimation lente même sans pare-vapeur, 1) si fondu pur, 2) si fondu avec 10% solvant Pas de modification optique de la couche picturale Imperméable, si fondu Adhésion possible avec adhésifs aqueux, si fondu avec 10% de solvant	Domaine de solubilité varié : hydrocarbures et alcools Produit naturel ou synthétique Moins onéreux et plus accessible Température de fonte modérée (40°C) Facilité d'application à la brosse Bonne brossabilité Forme des couches régulières Bonne diffusion dans les substrats poreux Sublimation assez rapide, mais lente si appliqué en couche épaisse et avec pare-vapeur
Inconvénients	Produit chimique de synthèse Onéreux et pas facile d'accès Haute température de fonte (60-65°C), sauf si part de solvant Difficile à appliquer en couche régulière	Hydrophobie modérée Interactions avec la couche picturale (modifications optiques à étudier) Perméable

Figure 9 Tableau comparatif des qualités du CDD et du menthol.

Perspectives

Comme cette étude s'est concentrée sur un cas d'application, plusieurs questionnements sont restés en suspens et d'autres pistes de recherche pourraient être suivies afin d'explorer les perspectives d'utilisation du cyclododécane et du menthol.

Dans le cas du menthol, il serait nécessaire d'approfondir la connaissance sur ses capacités d'interaction avec les matériaux organiques, afin de mieux cerner ses limites et pouvoir envisager son utilisation. On peut se demander si les modifications optiques observées sont liées à la nature du liant de la peinture (les éprouvettes étaient peintes à l'acrylique) et si le temps de contact du menthol à la surface de la peinture a également un rôle.

Si le menthol est indiqué pour protéger certaines surfaces, il serait utile de chercher une méthode de collage de papier de chanvre et d'intissé de polyester dont l'adhésif ne se diffuse pas à travers le menthol, dans le but d'en faire un substitut du CDD intéressant.

Dans le cas du cyclododécane, la question du risque d'interaction avec les matériaux de l'œuvre peut se poser dans le cas d'une peinture composée d'un liant ou vernie avec une résine, qui sont susceptibles de réagir avec l'apport de chaleur ou de solvants de type hydrocarbures. On peut penser à la cire, à certaines peintures modernes et contemporaines, et à certains vernis synthétiques employés en restauration.

Lors de la mise en œuvre des interventions de restauration et sur des essais préalables d'atelier, il a semblé que les consolidants temporaires, et le CDD en particulier, peuvent agir sur la diffusion des adhésifs appliqués par le revers. Il serait intéressant de mieux caractériser la façon dont les consolidants temporaires peuvent fermer la porosité de la couche picturale et à quel niveau se situe le front de diffusion de l'adhésif de refixage dans la stratigraphie.

Enfin une piste complémentaire serait de mener l'étude de la technique des vernis intermédiaires, afin d'évaluer leur capacité à protéger la couche picturale des altérations liées à l'eau et leur adhésion au cartonnage selon la résine, sa concentration, le solvant de mise en œuvre et le temps de séchage, et également leur limitation de la diffusion des adhésifs appliqués par le revers. Il pourrait être envisagé alors d'établir un protocole de test afin d'évaluer la capacité des vernis à remplir ces rôles et d'aider à décider de l'utilisation ou non d'une alternative telle que les consolidants temporaires. Pour finir, une étude des diverses pratiques de cartonnage en restauration des peintures sur toile reste à mener.

Remerciements

Cette publication fait suite à une recherche menée lors d'un projet de fin d'études en conservation-restauration à l'Institut national du patrimoine en 2023. Ce travail fut encadré par Gaël Latour, mais également suivi par les encadrants du mémoire, Claudia Sindaco et Jean-François Hulot, conservateurs-restaurateurs de peinture et enseignants à l'INP, ainsi que le laboratoire de l'INP. Le laboratoire d'Optique et Biosciences a contribué à la réalisation de ce projet, en accueillant une partie de l'étude expérimentale et en donnant accès à l'OCT.

Références bibliographiques

- Alba P., Martin-Rey S., Domenech-Carbo M. T.** (2019), « Analysis of facing materials used as remoistenable temporary supports for facing on canvas », *CeROArt*, N° 11. Disponible sur : [Analysis of facing materials used as remoistenable temporary supports for facing on canvas paintings](#) (consulté le 9/3/2025).
- Bedenikovic T., Eva-Green S., Baatz W.** (2018), « Non-aqueous facing methods in paper conservation – Part I: Testing facing materials », *Restaurator. International journal for the preservation of library and archival material*, N° 39, p. 185-214.
- Brückle I.** (1996), « Update: remoistenable lining with methylcellulose adhesive preparation », *The Book and paper group annual*, N° 15, p. 25-26.
- Latour G., Robinet L.** (2019), « La microscopie optique tridimensionnelle. De l'imagerie biomédicale à la caractérisation des objets du patrimoine », dans Benech C., Cantin N., *Instrumentation portable. Quels enjeux pour l'archéométrie?*, Paris, Éditions des archives contemporaines, (coll. Sciences archéologiques), p. 283-300.
- Lechuga K.** (2011), « Aquazol-coated remoistenable mending tissues », dans CCI (éd.), *Adhesives and consolidants for conservation: research and applications*, Ottawa, Canadian conservation institute, p. 1-13.
- Miguirditchian M.** (2008), *Les peintures murales de l'église Abba Antonios, région de Gondâr, Ethiopie, XVII^e siècle (musée du Quai Branly, Paris). Découvertes et analyses d'une technique picturale. Restauration et proposition de présentation d'un fragment test (Saint Théodore l'Oriental) en vue du traitement et remontage de l'ensemble du cycle*, mémoire de fin d'études en Conservation-restauration, spécialité peinture, Institut national du patrimoine, p. 167-170.
- New B.** (2011), « Aqueous facing : materials and revised application methods », *The picture restorer*, N° 38, p. 22-23.
- Pataki A.** (2009), « Remoistenable tissue preparation and its practical aspects », *Restaurator*, N° 30, p. 51-69.
- Thuer C.-H.** (2012), « Facing adhesives for size-tempera painted wood : results of a research internship for Historic Scotland », dans Barros D'Sa A., Bone L., *Adhesives and consolidants in painting conservation*, Londres, Archetype publications, p. 68-84.
- Wagner S.** (1996), « Remoistenable tissue part II: variations on a theme », *The book and paper group annual*, N° 15, p. 27-28.
- White G.** (2015), « The use of cyclododécane as an alternative for temporary facings in paper conservation », dans Rozeik C., *Subliming surfaces : volatile binding media in heritage conservation*, Cambridge, University of Cambridge museums, p. 83-90 .

Les auteurs

Diane Le Corre conservatrice-restauratrice de peintures, gérante de l'entreprise DLeCorre Conservation-restauration. Diplômée du master en conservation-restauration des biens culturels dans la spécialité peinture à l'Institut national du patrimoine, Diane Le Corre a étudié l'usage des consolidants temporaires à l'université de Cologne (TH-Köln ou CICS), puis a consacré une partie de son projet de fin d'études à leur application pour la protection de la couche picturale en vue d'interventions sur le support d'une peinture sur toile. Elle exerce à présent en indépendant et travaille sur des peintures de chevalet et des peintures murales, dans le cadre de marchés publics ou pour des clients privés. Le Corre, conservation-restauration, 50 hent Prajoumarc, 29170 Fouesnant, dlecorre.crbc@gmail.com.

Gaël Latour physicien, spécialiste en microscopie optique, enseignant-chercheur à l'université Paris-Saclay (depuis 2012), activité de recherche au laboratoire d'Optique et Biosciences (CNRS, Inserm, École polytechnique-IP Paris). Son activité de recherche vise à développer des nouvelles approches d'imagerie optique pour l'analyse sans contact et non-destructive en sciences du patrimoine, telle que la tomographie par cohérence optique et la microscopie optique non-linéaire. En complément, un traitement adéquat des images et des données permet d'accéder à une information quantitative. gael.latour@universite-paris-saclay.fr.