

INFLUENCE DU TYPE DE CHASSIS SUR LE VIEILLISSEMENT MECANIQUE D'UNE PEINTURE SUR TOILE

A. Roche

Résumé—Cette étude a pour objectif d'examiner le rôle du châssis sur le vieillissement hygrométrique d'une oeuvre. Dans la première partie, l'analyse d'une série de macrophotos permet d'identifier, dans les conditions opératoires de l'étude, l'un des mécanismes de formation des craquelures. Dans la seconde partie, l'étude de la densité des craquelures apparues sur chaque éprouvette met en évidence l'efficacité des châssis à tension continue.

1 Introduction

Peu de peintures sur toile sont épargnées par la formation de craquelures de la matière picturale durant leur vieillissement. La formation de ces craquelures est le résultat de la superposition d'un ensemble de sollicitations de nature chimique, physico-chimique et mécanique. Ces sollicitations dépendent de l'interaction entre la peinture tendue sur son châssis et l'environnement. La prédominance de certaines sollicitations entraîne une configuration particulière des craquelures et du réseau de craquelures. L'aspect esthétique de l'oeuvre peut être dénaturé de telle sorte que la lisibilité de l'image est compromise (Figure 1).

Une peinture sur toile tendue sur un châssis constitue un ensemble qui se caractérise par un comportement mécanique différent du comportement d'une peinture sur toile libre. Les observations faites sur l'état de conservation de ces deux types de peinture soulignent le rôle du châssis sur le vieillissement mécanique de l'oeuvre [1]. Depuis l'apparition des châssis de nombreux modèles ont été créés et notamment les châssis à tension continue. Bien que ces modèles de châssis aient soulevé un certain intérêt dans le milieu de la conservation/restauration, aucune étude ne semble avoir été réalisée pour évaluer leur véritable efficacité.

Reçu le 9 décembre 1991

Nouveau manuscrit reçu le 8 juin 1992

Studies in Conservation 38 (1993) 17-24

L'objectif de ce travail est de montrer qu'un système interactif avec la peinture, tel que les châssis à tension continue, est plus apte à contenir le vieillissement mécanique d'une peinture sur toile que les châssis traditionnels en bois.

Les modalités de l'étude ont été définies en se basant sur les conditions de conservation des oeuvres, ce qui nous a amené à choisir un vieillissement hygrométrique. Les éprouvettes ont été conçues en s'appuyant sur les techniques picturales traditionnelles.

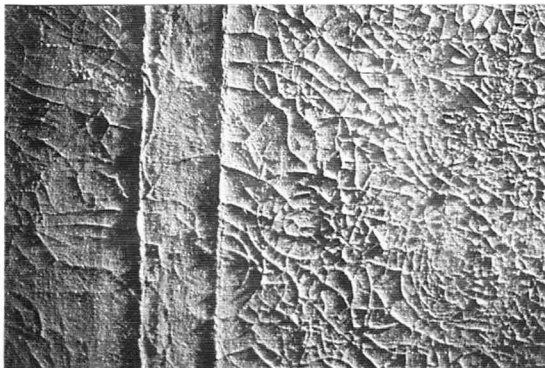


Figure 1 Réseau de craquelures d'âge.

2 Expérimental

2.1 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes doivent simuler le craquèlement d'une couche picturale soumise à des écarts hygrométriques. Pour augmenter la probabilité de rupture de la couche picturale durant le vieillissement, nous avons appliqué une préparation épaisse et exercé—lors du montage sur les châssis définitifs—une tension légèrement supérieure à la moyenne. Ainsi, dans les conditions de vieillissement prévues, la probabilité de craquèlement de la couche picturale est plus importante.

2.1.1 La procédure de fabrication des peintures sur toile

Les quatre peintures sur toile ont été fabriquées individuellement en respectant rigoureusement la même procédure.

Une toile de lin a été tendue sur un chassis en bois ordinaire sans clef. Une couche d'encollage à base de colle de peau de lapin a été appliquée à la brosse. Après le séchage de celle-ci un dépôt de cinq couches de préparation blanche composée de colle de peau et de carbonate de calcium a été déposé. Enfin la préparation a été recouverte de trois couches de peinture à l'huile qualité beaux-arts en respectant la règle gras sur maigre.

2.1.2 Caractéristiques des peintures sur toile

- Toile de lin: marque déposée Libeco. Contexture: trame 15 fils par cm, chaîne 14 fils par cm. Embuvage: trame 2,5%, chaîne 9,5%. Masse surfacique: $308,13\text{gm}^{-2}$.
- Encollage: colle de lapin en plaque. Concentration de la colle 9,1% dans l'eau. Nombre de couches appliquées à la brosse: une.
- Préparation: colle de peau de lapin à 9,1% et carbonate de calcium (blanc de Meudon). Extrait sec 78,5%. Nombre de couches appliquées à la brosse: cinq.
- Films de peinture: trois couches de peinture à l'huile qualité beaux-arts.

2.1.3 La procédure de la tension des peintures sur toile sur les chassis définitifs

Après un séchage de six mois, les quatre peintures sur toile sont démontées de leur chassis provisoire pour être tendues dans des conditions précises de température, d'humidité et de tension, sur leur chassis définitif. L'ensemble forme les quatre éprouvettes qui serviront à la partie expérimentale. Pour chaque éprouvette les sens trame et chaîne de la toile sont positionnés respectivement dans la longueur et largeur de l'éprouvette.

Pour évaluer l'influence du chassis sur le comportement de la peinture, elles ont été tendues sur des chassis de conception différente, c'est à dire:

- des chassis en bois traditionnel à clefs, fixes et indéformables;
- des chassis métalliques déformables

Staromatic que l'on appelle aussi des chassis à tension continue.

2.1.4 Caractéristiques des chassis

(a) Chassis à clefs en bois (Marin). Dimensions: $116 \times 89\text{cm}$. Section des montants: $27 \times 70\text{cm}$. Section des traverses: $24 \times 70\text{cm}$.

Les chassis sont dégraissés. Les clefs ont été remplacées par des ridoires aviation de diamètre 6mm. Les tenons mortaises sont parafinés. Les chassis ont été recouverts d'une couche de peinture glycérophtalique blanche pour les protéger de l'humidité.

Les chassis traditionnels à clefs sont indéformables dans le plan de la peinture quelle que soit la tension imposée par celle-ci. On considère que les variations dimensionnelles du chassis, provoquées par le gonflement et le retrait du bois, sont négligeables.

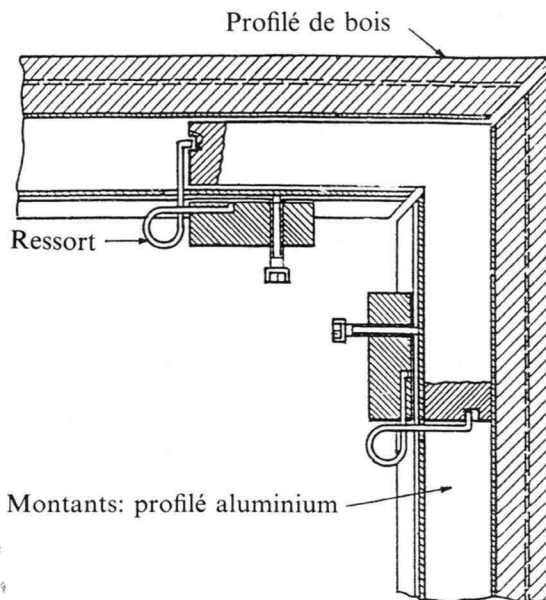


Figure 2 Système automatique de compensation des déformations du chassis à tension continue [2].

(b) Chassis à tension continue (Staromatic) (Figure 2). Dimensions: $116 \times 89\text{cm}$.

Les montants en profilé aluminium Extruda 050 (AlMgSiO) sont protégés contre la corrosion par une couche d'alumine obtenue par

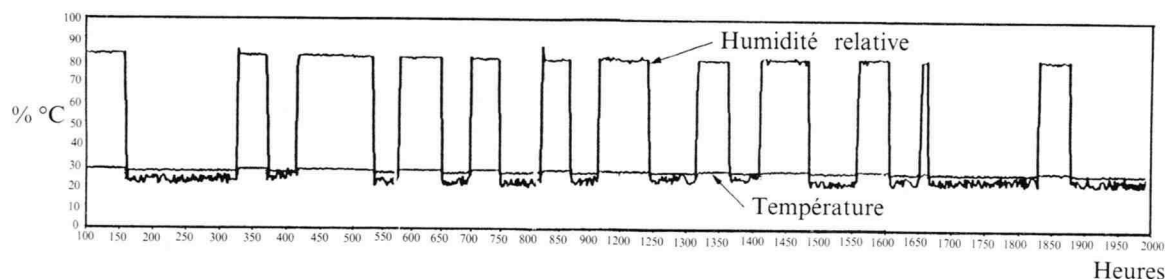


Figure 3 Variations de l'humidité relative pendant les 2000 premières heures du vieillissement hygrométrique.

électrolyse (aluminium anodisé). Le profilé en bois Western hemlock (*Tsuga mertensiana*, variété d'épicéa américain) est imprégné d'un produit hydrofuge et antixylophage. Le ressort est fabriqué en acier nickel-chrome.

Ces châssis à tension continue sont déformables dans le plan de la peinture sous l'effet d'une tension plus ou moins importante.

2.2 Vieillessement hygrométrique

Pendant les six mois de séchage dans des conditions normales d'atelier ($21 \pm 2^\circ\text{C}$ et $60 \pm 4\%$ HR) la peinture acquiert ses propriétés optimales.

Afin d'obtenir sur ces éprouvettes des réseaux de craquelures suffisamment étendus pour en étudier le développement, on leur a imposé à la suite de ce séchage un vieillissement hygrométrique de 167 jours.

Ce vieillissement est créé par l'alternance à une température constante de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, des paliers de climat sec 23% HR et de climat humide 82% HR, durant toute la période expérimentale. D'une manière globale, les durées du climat sec et humide sont respectivement de 88 et 79 jours. Le graphe de la Figure 3 représente le profil des variations enregistrées pendant les 2000 premières heures.

Bien que ce vieillissement hygrométrique ne prenne pas en compte tous les paramètres inhérents au vieillissement naturel, il simule d'une manière satisfaisante le vieillissement mécanique dû aux sollicitations hygrométriques. Il a été exécuté dans l'une des enceintes climatiques du Service de Restauration de la Direction des Musées de France.

2.3 Prise d'images

Le but de cette campagne de photos est de suivre la progression des craquelures de la matière picturale pendant le vieillissement. L'évolution des craquelures est suivie par un ensemble de photos et de macrophotos (rapport 1:1) en lumière directe et rasante. Les prises de vue ont lieu une fois par semaine; chaque photo est localisée et datée. Les films (160 ASA Ektachrome) sont utilisés sous un éclairage au tungstène.

3 Mécanisme de formation des craquelures

L'examen des macrophotos prises à intervalles réguliers pendant les 167 jours de vieillissement hygrométrique a permis de suivre l'évolution de la formation et du développement des craquelures. Les craquelures se développent dans le cas des éprouvettes telles qu'elles ont été conçues pour cette étude en deux étapes.

3.1 Première étape

Après un vieillissement hygrométrique d'environ 50 jours, on observe sur les éprouvettes l'apparition de petites dénivellations à la surface du film de peinture préfigurant un réseau de craquelures sous-jacent. Ces dénivellations sont dues à la naissance d'un réseau de craquelures au niveau de la préparation.

La préparation à base de colle de peau et de carbonate de calcium est sensible aux variations hygrométriques. L'alternance des cycles d'humidité et de sécheresse provoque une fatigue mécanique de la préparation entraînant une perte de cohésion de celle-ci. Par ailleurs à faible humidité son module d'élasticité devient très élevé. Cette augmentation des

valeurs du module se traduit par une élévation des contraintes internes au sein de la préparation. Si ces contraintes deviennent supérieures aux contraintes de rupture de la préparation, elles sont à l'origine de la formation des craquelures. Ce phénomène se forme généralement au niveau des défauts de cohésion de la couche de préparation.

Suite à cette rupture la préparation s'incurve en cuvette. Cette déformation est liée au déplacement du lieu géométrique des efforts [2]. Simultanément, si la peinture est suffisamment récente, le film de peinture subit une déformation plastique qui se manifeste par une striction de celui-ci. Il en résulte la formation du sillon médian de la craquelure fermée (Figures 4 et 5).

Ces altérations de la couche picturale sont fréquentes dans les oeuvres contemporaines

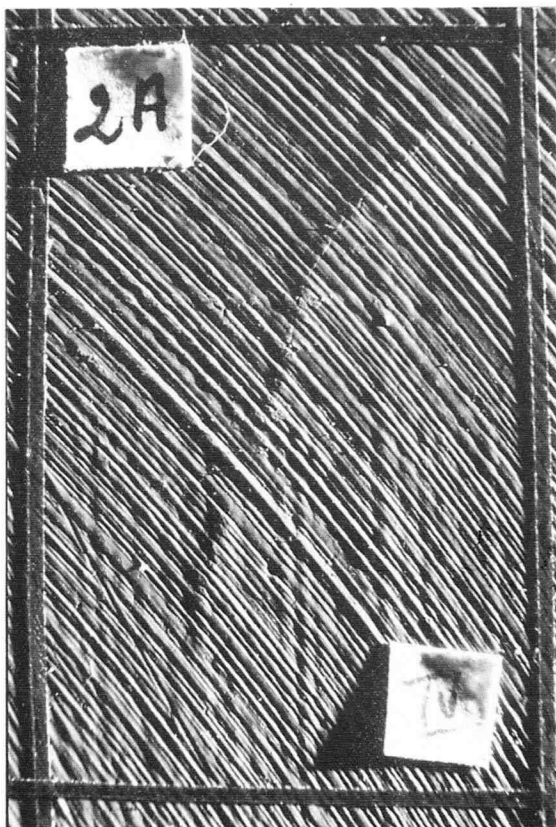


Figure 4 Craquelure fermée obtenue après 40 jours de vieillissement hygrométrique.

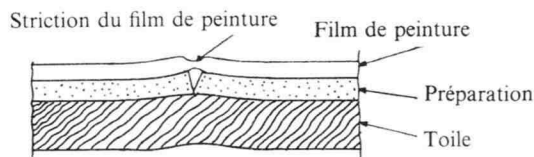
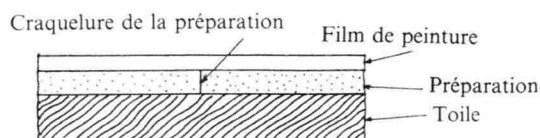


Figure 5 Formation du sillon médian.

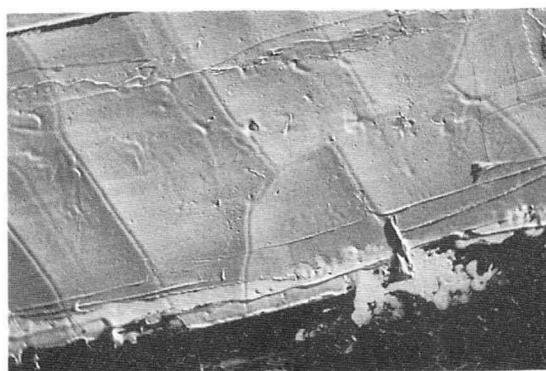


Figure 6 Réseau de craquelures sous-jacent visible sur une peinture moderne.

ayant une préparation 'cassante' sur laquelle est déposé un film de peinture épais et plastique (Figure 6).

3.2 Deuxième étape

Au bout de trois mois environ, le cycle de vieillissement hygrométrique commence à provoquer une modification des propriétés des matériaux picturaux. La déformation en cuvette s'accroît, le module du film de peinture s'élève, le film perd sa plasticité. Les effets conjugués de ces différents phénomènes sont à l'origine de la rupture du film de peinture donnant ainsi naissance à la formation des craquelures ouvertes (Figures 7 et 8). La rupture du film de peinture se fait dans la zone de striction la plus mince et le sillon

médian disparaît donnant ainsi à la craquelure ouverte la morphologie classique d'une craquelure d'âge.

- le type de craquelures
- la configuration du réseau de craquelures
- la densité du réseau de craquelures.

Après avoir identifié le type de craquelure à l'aide de l'analyse des macrophotos, nous allons étudier la densité du réseau de craquelures de chaque éprouvette.

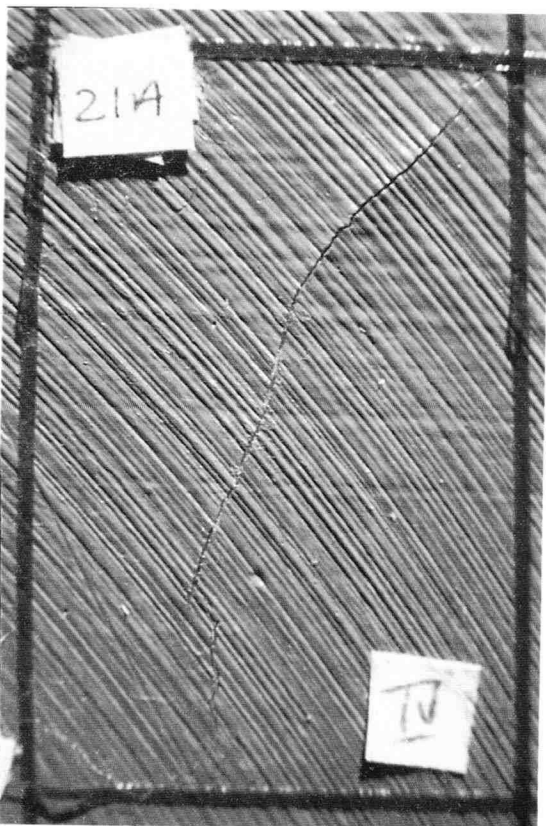


Figure 7 Craquelure ouverte obtenue après 167 jours de vieillissement hygrométrique.

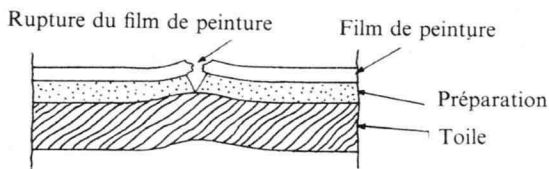


Figure 8 Formation d'une craquelure ouverte.

4 Evaluation de la densité du réseau de craquelures

Les réseaux de craquelures se distinguent entre eux par certaines spécificités telles que:

4.1 Méthode (relevé topographique)

Cette méthode empirique permet d'évaluer en pourcentage la densité de craquelures qui s'est développée sur la surface picturale de chaque éprouvette à la fin des 167 jours de vieillissement hygrométrique. Elle découle des méthodes classiques de relevés topographiques. Elle consiste à superposer sur la surface de l'éprouvette une fine trame transparente d'un quadrillage composé de carreaux de 3mm de coté. L'épaisseur des traits sont de 0,2mm. Le relevé des craquelures sur la grille permet de déterminer la surface approchée qu'occupe chaque craquelure du réseau. En faisant le rapport entre la surface totale des craquelures déduite du relevé et la surface totale de référence, on obtient une valeur de la densité des craquelures du réseau en pourcentage par rapport à la surface de référence.

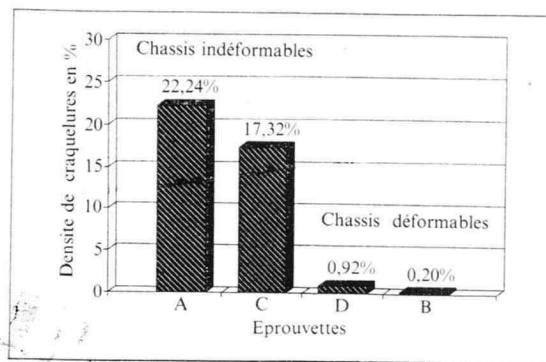


Figure 9 Densité de craquelures des éprouvettes A, B, C, D.

4.2 Résultats

Les valeurs sont regroupées dans l'histogramme de la Figure 9. Les valeurs les plus élevées sont représentatives d'un réseau de craquelures très développé (Figures 10 et 11) alors que les valeurs les plus faibles carac-



Figure 10 Photo en lumière rasante de l'éprouvette A. La densité de craquelures $D_{craq} = 22,24\%$ après 167 jours de vieillissement hygrométrique.



Figure 11 Photo en lumière rasante de l'éprouvette C. La densité de craquelures $D_{craq} = 17,32\%$ après 167 jours de vieillissement hygrométrique.

térisent un réseau de craquelures réduit (Figures 12 et 13).

Les valeurs de densité de craquelures obtenues pour les éprouvettes A et C sont proches de 20% alors que les valeurs de D et B sont inférieures à 1%. L'écart des valeurs de la densité de craquelures des peintures tendues sur ces deux types de chassis—indéformables et déformables—est significatif. Ainsi les peintures tendues sur les chassis à tension continue, en présentant au bout de 167 jours de vieillissement hygrométrique une zone craquelée infiniment moins importante que les deux autres peintures, prouvent l'efficacité des chassis déformables de type Staromatic malgré les variations de la tension initiale des éprouvettes.

4.3 Interprétation des résultats

Lorsque l'on tend une peinture sur toile sur un chassis ordinaire indéformable où les

dimensions sont fixes, l'amplitude de la déformation subie par la peinture durant les variations de la tension est constante quelle que soit l'humidité ambiante. Quand une baisse importante d'humidité apparaît, le module d'élasticité de la peinture s'élève brutalement en entraînant une violente augmentation des contraintes internes [3]. Si ces contraintes dépassent le seuil de la contrainte de rupture de la peinture, il y a formation de craquelures selon le processus que nous avons observé précédemment.

Lorsque la peinture se trouve tendue sur un chassis déformable, si le module de la peinture s'élève à la suite d'une chute importante d'humidité, l'augmentation des contraintes est réduite sous l'effet de la diminution des dimensions du chassis. Dans ce cas les valeurs des contraintes internes restent presque toujours inférieures au seuil critique de rupture de la peinture, limitant ainsi le développement du réseau de craquelures.



Figure 12 Photo en lumière rasante de l'éprouvette D. La densité de craquelures $D_{craq} = 0,92\%$ après 167 jours de vieillissement hygrométrique.



Figure 13 Photo en lumière rasante de l'éprouvette B. La densité de craquelures $D_{craq} = 0,20\%$ après 167 jours de vieillissement hygrométrique.

Tableau 1 Caractéristiques des éprouvettes

Masse surfacique des éléments constitutifs des peintures (gm^{-2})	Eprouvettes			
	A	B	C	D
Préparation	146,70	129,30	149,20	136,90
Peinture	117,53	136,72	138,75	119,08
Prép. + peint.	264,23	266,02	287,95	255,98
Toile + prép. + peint.	572,36	574,15	594,08	564,11

Conditions de tension des peintures: 22°C et 60% HR

Type de chassis	1	2	1	2
tension initiale (daN)	15	15	20	30
dimensions (cm)	116 × 89	116 × 89	116 × 89	116 × 89

1 = bois à clefs, 2 = tension continue.

5 Conclusion

Cette étude nous permet, dans les conditions expérimentales définies, d'observer l'un des

mécanismes de formation des craquelures et d'appréhender l'influence de deux types de chassis sur la propagation d'un réseau de craquelures. Ces réseaux de craquelures sont

les témoins des différents mécanismes qui s'exercent au sein de la matière picturale. La stabilisation de ces mécanismes n'est jamais acquise.

Les résultats de l'évaluation de la densité du réseau de craquelures des différentes éprouvettes soulignent l'efficacité des systèmes interactifs avec la peinture.

En ce qui concerne la régulation des contraintes climatiques, les moyens d'action que nous connaissons sont peu nombreux et se limitent le plus souvent à une meilleure maîtrise de l'hygrométrie. Bien que des installations importantes de climatisation se mettent en place dans les lieux de conservation des oeuvres d'art, des incidents sont toujours possibles et les variations climatiques subies par les oeuvres durant les transports et les stockages ne sont pas écartées.

L'association d'un contrôle climatique rigoureux et d'un montage des peintures sur des châssis à tension continue doit permettre d'obtenir des conditions de conservation des oeuvres peintes sur toile plus satisfaisantes.

Remerciements

Cette étude a pu être réalisée dans le cadre du Service de Restauration de la Direction des Musées de France, grâce à des crédits de recherche du Ministère de la Culture et à la bienveillance de France Dijoud, chef du Service de Restauration de la Direction des Musées de France.

Fournitures et équipements

Toile: Libeco, Tielstraat 98, 8860 Meulebeke, Belgique.

Chassis à tension continue Staromatic: Lascaux Restauro, Alois K. Diethelm AG, 8306 Brüttsellen, Suisse.

Chassis à clefs: Marin, 70 avenue Gabriel Péri, 94115 Arcueil, France.

Références

- 1 RUSSELL, W. H., and BERGER, G. A., 'The behavior of canvas as a structural support for painting: preliminary report' in *Science and Technology in the Service of Conservation*, IIC, London (1982) 139-145.
- 2 European Patent Application No. 0 102 922: 'Frame to give the correct adjustable tension, with automatic compensation of deformations to painting canvases', Office Européen des Brevets (1984).
- 3 MECKLENBURG, M.F., 'Some aspects of the mechanical behavior of fabric-supported paintings', report to the Smithsonian Institution, Washington DC (1982).

ALAIN ROCHE est né à Paris le 17 octobre 1948. Diplômé de l'Institut Français de Restauration des Oeuvres d'Art et du Conservatoire des Arts et Métiers, ancien pensionnaire de la Villa Medici à Rome, il travaille actuellement comme restaurateur auprès du Service de Restauration de la Direction des Musées de France. Adresse: Service de Restauration de la Direction des Musées de France, 2 avenue Rockefeller, 78000 Versailles, France.

Abstract—The purpose of this study was to examine the role of the stretcher in the hygrometric aging of a painting. In the first part, analysis of a series of macrophotographs permits the identification of one of the crack formation mechanisms, within the operating conditions of the study. In the second part, a study of the density of the cracks developing on each test piece reveals the efficacy of the continuous tension stretcher.

Zusammenfassung—Der Beitrag hat zum Ziel, die Rolle des Keilrahmens bei feuchteabhängigen Alterungsprozessen an Gemälden zu erhellen. Im ersten Teil gestattet die Untersuchung einer Reihe von Makrophotographien die Erkennung eines der Mechanismen, die unter den gewählten Bedingungen zu einer Craquelébildung führt. Anhand der Dichte dieses Craquelénetzes kann im zweiten Teil des Beitrages an Testobjekten die Effizienz eines (selbstspannenden) Keilrahmens belegt werden, der die Spannung der Leinwand konstant hält.