

ETUDE COMPARATIVE DES TOILES DE LIN ET DE POLYESTER UTILISEES DANS LE DOUBLAGE DES TABLEAUX

Alain ROCHE

Introduction

Dans le domaine des techniques picturales, les toiles de fibres naturelles sont utilisées depuis longtemps. C'est à partir du XVI^e siècle que l'usage des toiles se généralise. Au côté du lin, nous trouvons des toiles de chanvre. Dès la fin du XVII^e siècle, on rencontre très fréquemment l'utilisation de la toile de lin dans la pratique du rentoilage. Ces toiles de rentoilage servent à consolider les supports de lin trop anciens pour jouer correctement leur rôle. Le contre-collage d'une toile de lin traitée (décatissage et encolage) vient soutenir cette toile d'origine, fragilisée par le temps. Cette technique de consolidation à la colle de pâte traditionnelle tend à être remplacée de nos jours par des méthodes moins contraignantes. L'objectif des techniques actuelles de consolidation est de renforcer l'œuvre ancienne en minimisant les contraintes qui apparaissent lors de l'exécution des travaux de consolidation et des écarts climatiques qui se manifestent dans tous les lieux de conservation. Pour atteindre ce but, les méthodes actuelles se différencient des méthodes traditionnelles :

- a) sur la conception même de la mise en œuvre,
- b) sur les matériaux utilisés.

Sans entrer dans le détail des nouveaux concepts de consolidation d'une œuvre peinte, le principe est de fractionner le travail en *différentes opérations indépendantes* telles que :

- consolidation des déchirures,
- élimination des déformations,
- refixage,
- doublage, etc.

En ce qui concerne les matériaux, l'utilisation de matières plus ou moins hydrophobes s'imposait. C'est ainsi qu'à partir d'études et de recherches spécifiques, l'emploi d'adhésifs vinyliques ou acryliques et des

toiles de fibres synthétiques fit son apparition. Toutefois, si les adhésifs de synthèse n'ont pas fait l'objet de contestations et ont été admis par une bonne majorité de restaurateurs du support et de conservateurs responsables des services de restauration, il n'en va pas de même pour les toiles de fibres synthétiques. Elles restent encore l'objet d'hésitations et de controverses, tantôt pour des raisons esthétiques, tantôt pour leurs propriétés mécaniques.

Le but de cette étude est de confronter les propriétés de ces deux types de toiles de manière à mettre en évidence les qualités et les inconvénients de chacune d'elles. Le choix s'est porté sur la comparaison des toiles de LIN et de POLYESTER.

Etude expérimentale

Les propriétés physiques qui intéressent l'utilisateur de toiles dans le domaine de la restauration des supports sont :

- la rigidité et l'élasticité,
- la résistance et la déformation à la rupture,
- la résistance au fluage,
- la recouvrance et la déformation résiduelle.

Ces quatre points sont importants dans les techniques de doublage car la toile de renfort joue un rôle bien précis. Celle-ci doit maintenir la toile originale sans en modifier le comportement. Ainsi sa rigidité à l'état tendu doit être légèrement supérieure aux peintures ayant une rigidité très faible, ou égale pour des peintures de rigidité plus élevée. Lors d'un coup, son élasticité doit lui permettre d'absorber les déformations et sa résistance à la rupture de repousser le seuil de rupture de la peinture. Sous l'effet de son propre poids et des tensions initiales, une peinture a tendance à fluer en donnant naissance à la formation de « poches ». Une bonne résistance au fluage de la toile de doublage minimise ce type de déformation irréversible. Le restaura-

teur doit aussi tenir compte de l'isotropie de la toile et de son affinité avec les adhésifs. Dans cette étude nous ne prendrons pas en compte l'influence de l'eau sur ces deux types de tissus. Nous considérerons que la reprise en eau du polyester est négligeable par rapport au lin et que ses variations dimensionnelles sont très faibles lors des écarts hygrométriques. De ce point de vue, les comportements de ces deux textiles sont totalement différents, et le comportement du polyester présente un certain intérêt.

Dans le cadre de cette étude comparative, des toiles ayant des structures très proches ont été sélectionnées. Deux couples de toiles, lin et polyester aux structures voisines, font l'objet d'une série d'essais. Les toiles de lin servant de référence sont utilisées couramment dans les méthodes de doublage. Les caractéristiques de ces toiles sont regroupées dans le tableau n° 1.

Essais de traction

Les essais de traction ont été effectués sur un Instron 1122 interfacé avec un ordinateur

HP 85. Ils ont été conduits sur des éprouvettes de 50/250 mm avec une distance entre mors de 100 mm et une vitesse de traction de 100 mm/mn. Tous les essais ont été faits dans les deux sens, chaîne et trame, à une température de 20°C et une humidité de 65 %. Ces essais de traction permettent de mesurer l'amplitude de la force et de la déformation à la rupture et d'obtenir des courbes de traction de chacun des échantillons. Etant donné que toutes les toiles présentent des irrégularités de structure, les valeurs des mesures vont dépendre de l'emplacement où l'échantillon a été prélevé. Ainsi pour avoir une valeur significative, l'essai dans chaque cas a été répété six fois. La valeur moyenne de ces six tests (regroupés dans le tableau n° 2) nous donnera une valeur représentative de chaque essai.

Les différentes valeurs mesurées et regroupées dans le tableau ci-dessus permettent de constater que les deux toiles de polyester présentent dans les deux sens un comportement plus homogène que le lin.

Notons aussi que les valeurs de rupture des quatre toiles sont largement suffisantes

Tableau n°1 : caractéristiques des toiles
L1 et L2 = toiles de lin, P1 et P2 = toiles de polyester

	L ₁	P ₁	L ₂	P ₂
contexture :				
trame	20 fils/cm	20 fils/cm	14 fils/cm	12 fils/cm
chaîne	20 fils/cm	20 fils/cm	15 fils/cm	13 fils/cm
masse « surfacique »	228,49 g/m ²	219,08 g/m ²	308,13 g/m ²	256 g/m ²
embuvage :				
trame	1 %	5 %	2,5 %	2,5 %
chaîne	6,5 %	6,6 %	9,5 %	5 %

Tableau n°2
Essais de traction

		Force de rupture daN/cm	$\Delta F_{rupt.}$ daN/cm	Allongement à la rupture %	$\Delta \epsilon_{rupt.}$ %
L ₁	trame	30,80	10,81	4,4	10,56
	chaîne	19,99		14,96	
P ₁	trame	26,56	1,47	24,07	6,02
	chaîne	25,94		30,09	
L ₂	trame	31,25	5,1	9	14,77
	chaîne	26,15		23,77	
P ₂	trame	39,11	3,2	26,82	3,175
	chaîne	35,91		26,65	

Tableau n°3
Essais de fluage/recouvrance

		allong. inst.	recouvr. inst.	allong. dif.	recouvr. dif.	déform. résiduelle
chaîne	L ₁	13,6 %	1,2 %	1,29 %	1 %	12,5 %
chaîne	P ₁	17,87 %	6,8 %	3 %	1,28 %	12,5 %
trame	L ₂	3,8 %	1,27 %	0,45 %	0 %	2,98 %
trame	P ₂	8,58 %	3 %	1,72 %	1,72 %	5,58 %

pour résister aux tractions appliquées dans les différentes opérations de doublage.

L'analyse des courbes de traction de ces toiles est intéressante car elle met en évidence les comportements distincts de ces matériaux, ainsi que la superposition des phénomènes issus :

- du comportement de la structure de la toile, c'est-à-dire la géométrie de l'entrelacement des fils, le coefficient de frottement entre les points de friction, etc.
- des propriétés visco-élastiques des fibres naturelles ou des fibres de polyester.

Ces courbes comportent deux zones A et B communes aux quatre toiles et une zone C spécifique du polyester (fig.1, 2, 3 et 4).

- les zones A correspondant au désembuvage des toiles se distinguent par des amplitudes différentes ;
- les zones B représentent l'élasticité des toiles et se distinguent par une pente différente ;
- les zones C caractérisent le comportement plastique des polyesters.

Signalons à ce propos que les tensions appliquées aux tableaux lors du montage sur le châssis définitif ne dépassent guère 20 daN/m, soit 2 N/cm et n'entraînent pas de déformations élastiques pour le lin et de déformations plastiques pour le polyester.

Essais de fluage/recouvrance

Le dispositif de mise en œuvre est simple puisqu'il consiste à accrocher une charge au bout de l'éprouvette à tester et à observer l'allongement de celle-ci dans le temps (fig. 5). Des éprouvettes de 30/200 mm suspendues à un portique supportent une charge constante de 19,5 daN. Cette charge correspond à :

- 32,5 % de la charge de rupture de la toile de lin L₁

- 25,8 % de la charge de rupture de la toile de polyester P₁
- 16,6 % de la charge de rupture de la toile de lin L₂
- 20,8 % de la charge de rupture de la toile de polyester P₂.

La charge de 19,5 daN utilisée pour ces essais se situe dans les quatre cas dans la zone B. La déformation est suivie dans le temps à l'aide d'une visée et d'un repère millimétrique. Les essais de fluage sont conduits pendant quatorze jours ; ensuite les charges sont retirées pour observer pendant sept jours la recouvrance des déformations.

Les courbes de fluage/recouvrance obtenues ont l'allure de courbes visco-élastiques (fig.6). Elles comportent trois zones :

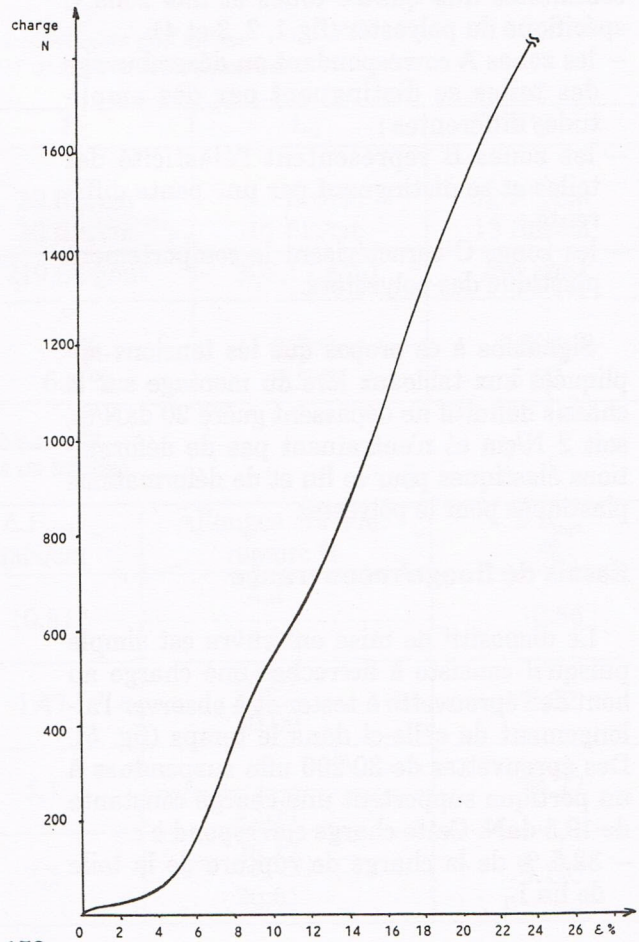
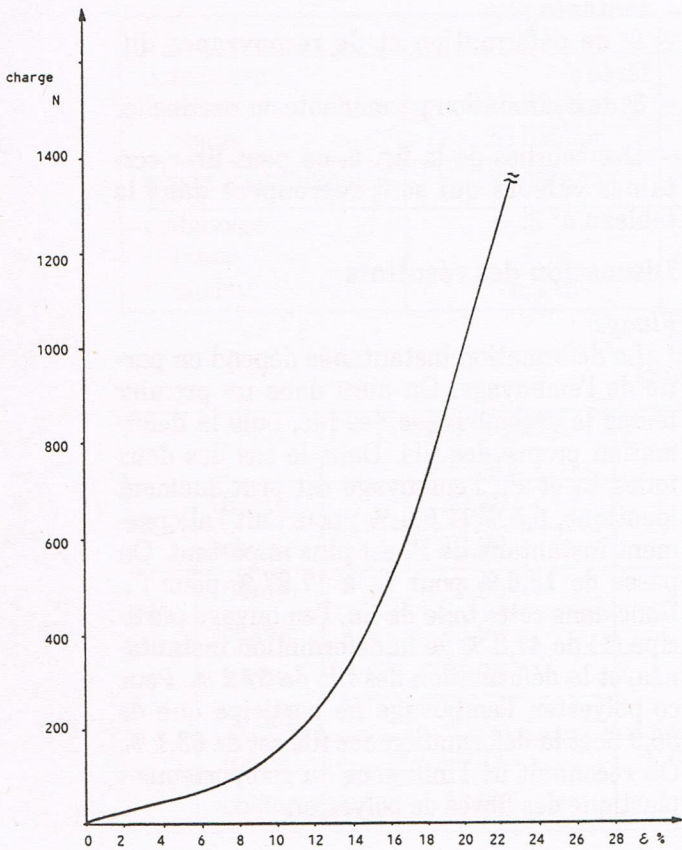
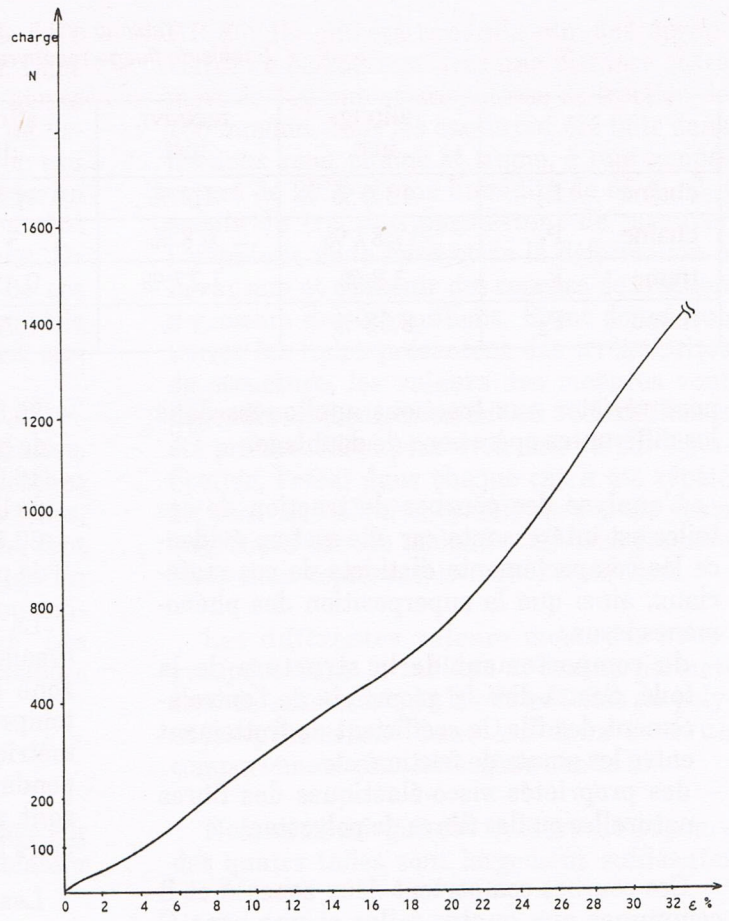
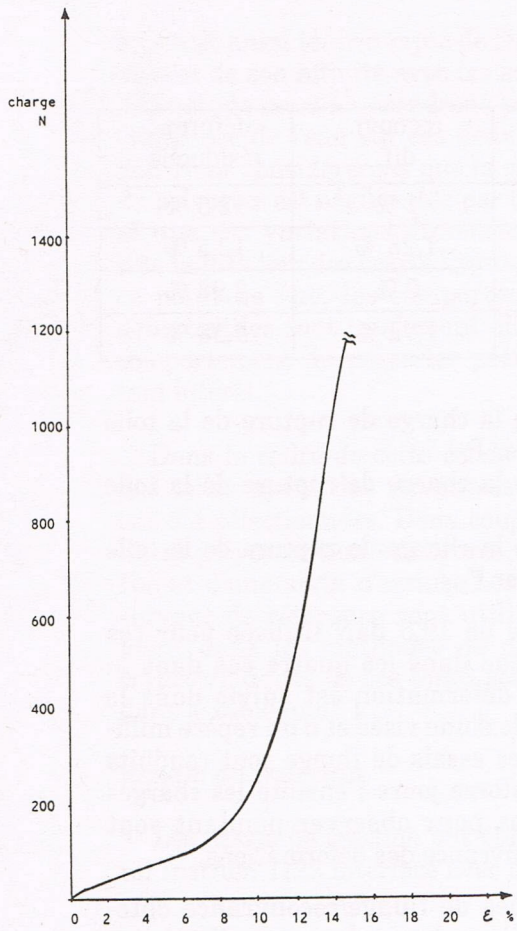
- 1^{re} de déformation et de recouvrance instantanée ;
- 2^e de déformation et de recouvrance différée ;
- 3^e de déformation permanente ou résiduelle.

Des courbes de la fig. 6, on peut tirer certaines valeurs qui sont regroupées dans le tableau n° 3.

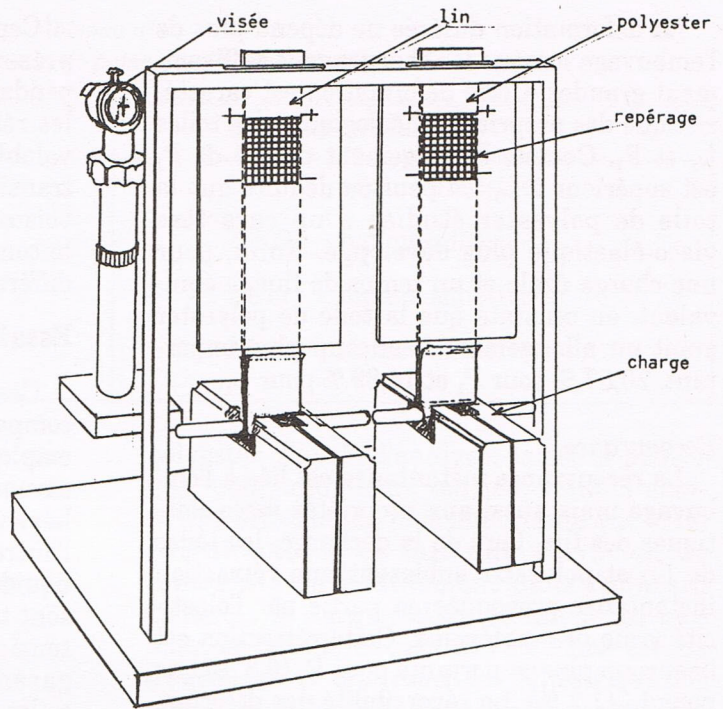
Discussion des résultats

Fluage

La déformation instantanée dépend en partie de l'embuvage. On aura dans un premier temps le désembuvage des fils, puis la déformation propre des fils. Dans le cas des deux toiles L₁ et P₁, l'embuvage est pratiquement identique, 6,5 % et 6,6 % ; pourtant l'allongement instantané de P₁ est plus important. On passe de 13,6 % pour L₁ à 17,87 % pour P₁. Donc dans cette toile de lin, l'embuvage participe (1) de 47,8 % de la déformation instantanée, et la déformation des fils de 52,2 %. Pour ce polyester, l'embuvage ne participe que de 36,9 % et la déformation des fils est de 63,1 %. On reconnaît ici l'influence du comportement plastique des fibres de polyester.

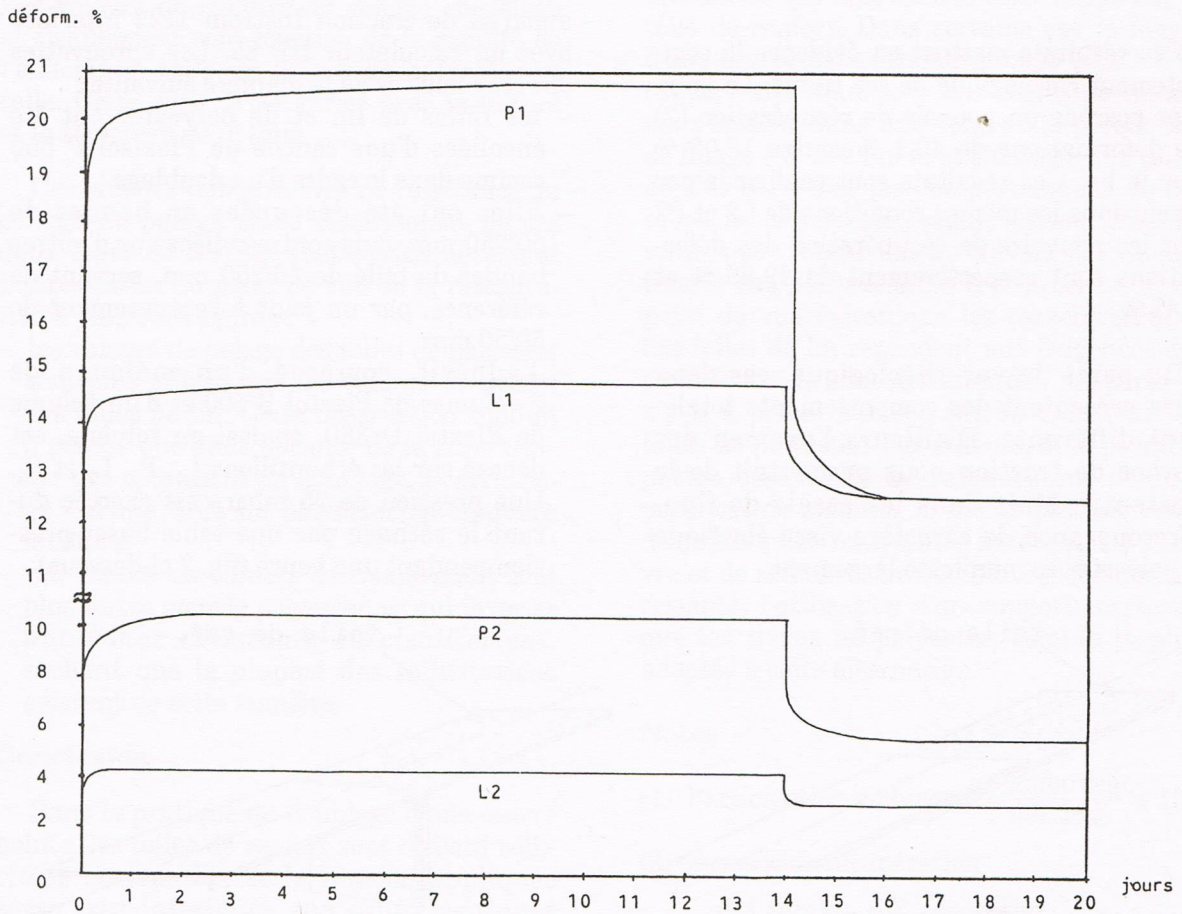


- Ci-contre à gauche :
- en haut à gauche, figure 1, courbe de traction Lin L₁, chaîne
 - en haut à droite, figure 2, courbe de traction polyester P₁, chaîne
 - en bas à gauche, figure 3, courbe de traction Lin L₂, chaîne
 - en bas à droite, figure 4, courbe de traction polyester P₂, chaîne.



Ci-contre à droite, figure 5 : dispositif de fluage/recouvrance

Ci-dessous, figure 6 : courbes de fluage et de recouvrance de L₁, P₁, L₂ et P₂.



La déformation différée ne dépend plus de l'embuvage lorsque les charges sont suffisamment grandes. Cette déformation est caractéristique des propriétés rhéologiques des toiles L_1 et P_1 . Comme l'allongement différé de P_1 est supérieur à L_1 , on peut en déduire que la toile de polyester étudiée a un caractère visco-élastique plus développé. Enfin, pour une charge égale et un temps de fluage équivalent, on constate que la toile de polyester subit un allongement beaucoup plus important, 20,87 % pour P_1 et 14,89 % pour L_1 .

Recouvrance

La recouvrance instantanée est liée à l'embuvage mais aussi aux propriétés visco-élastiques des fils. Lors de la décharge, les toiles de lin et polyester subissent une rétraction instantanée provoquée en partie par l'élasticité vraie des matériaux. Cette rétraction est beaucoup plus importante pour P_1 (6,8 %) que pour L_1 (1,2 %). La réversibilité des déformations du polyester est meilleure (fig. 6). Si à cette recouvrance instantanée on ajoute la recouvrance différée, on constate que les déformations résiduelles de L_1 et de P_1 sont identiques et d'environ de 12,5 %.

Ces résultats mettent en évidence le comportement rhéologique de ces tissus. Le polyester possède un pouvoir de récupération (2) des déformations de 40,1 % contre 16,05 % pour le lin. Ces résultats sont confirmés par l'étude dans les mêmes conditions de L_2 et P_2 dont les pouvoirs de récupération des déformations sont respectivement de 29,88 % et 44,42 %.

Du point de vue rhéologique, ces deux toiles présentent des comportements totalement différents. D'ailleurs l'examen des courbes de traction nous permettait de le pressentir. Mais dans les essais de fluage/recouvrance, le caractère visco-élastique du polyester se manifeste largement.

Cependant, les matériaux visco-élastiques présentent des propriétés rhéologiques dépendantes de la température. Par conséquent les résultats concernant le polyester ne sont valables qu'au-dessous de sa température de transition vitreuse qui est d'environ 73°C. Au voisinage et au-dessus de cette température le comportement du polyester est totalement différent.

Essais de collage

Ces essais vont permettre de vérifier la compatibilité des polyesters avec les adhésifs employés en restauration des supports. Nous savons que dans un collage une partie de l'adhérence est liée à la porosité du substrat, l'autre dépend de la mouillabilité de l'adhésif liquide sur le matériau. Les adhésifs utilisés sont très souvent des émulsions aqueuses. La tension superficielle élevée de ces adhésifs garantit une bonne pénétration dans les toiles si toutefois la porosité et la mouillabilité sont suffisantes.

Une série de tests en cisaillement et en pelage ont été conduits sur les mêmes toiles L_1 , P_1 , L_2 , P_2 . Ces essais ont été exécutés sur un appareil de traction Instron 1122 interfacé avec un ordinateur HP 85. Les éprouvettes ont été réalisées de la manière suivante :

- les toiles de lin et de polyester ont été encollées d'une couche de Plexisol P 550 comme dans le cadre d'un doublage ;
- elles ont été découpées en bandes de 50/250 mm, puis contre-collées sur d'autres bandes de toile de 50/250 mm, servant de référence, par un joint à recouvrement de 50/50 mm.
- l'adhésif, composé d'un mélange de 2 volumes de Plextol B 500 et d'un volume de Plextol D 360, épaissi au toluène, est déposé sur les échantillons L_1 , P_1 , L_2 et P_2 . Une pression de 25 mbars est exercée durant le séchage par une table basse-pression pendant une heure (fig. 7 ci-dessous).

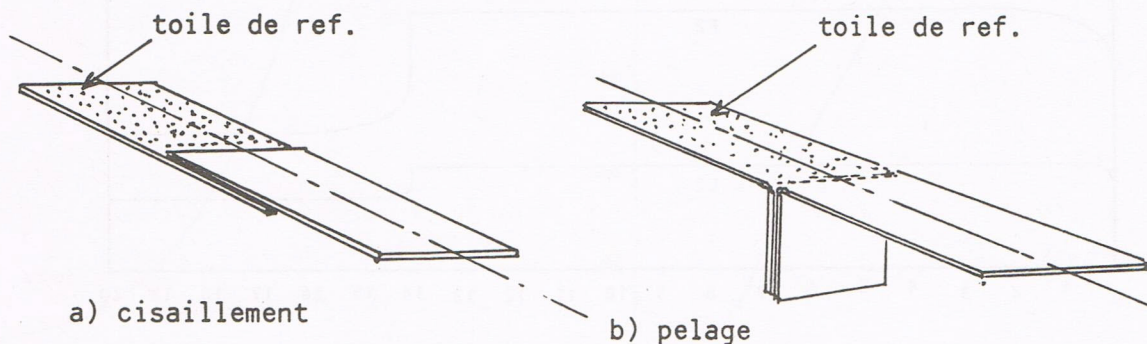


Tableau n°4
Résultats des tests de pelage et de cisaillement

	Pelage daN/cm	Cisaillement daN/cm ²
L ₁	0,452 rupture adhésive	2,02 rupture adhésive
P ₁	0,254 rupture adhésive	2,309 rupture adhésive
L ₂	0,473 rupture adhésive	2,517 rupture adhésive
P ₂	0,360 rupture adhésive	2,76 rupture adhésive

Les conditions expérimentales sont les suivantes :

- HR = 65 %
- T = 20°C
- séchage et stabilisation aux conditions climatiques cinq jours
- vitesse de traction 100 mm/mn
- 3 essais par échantillon.

Discussion des résultats

La rupture adhésive observée dans les deux cas – pelage et cisaillement – se fait au niveau de l'adhésif et de la toile de référence. Les valeurs de rupture du collage en pelage et cisaillement sont fonction de la rigidité de l'ensemble, toile de lin ou de polyester et colle. Cette rigidité va varier avec la nature et la structure de la toile.

Ces valeurs comparatives de résistance du collage au pelage et au cisaillement de ces deux types de textiles sont particulièrement intéressantes du point de vue de la restauration à plusieurs égards :

- les valeurs de pelage des toiles de polyester sont plus faibles que les valeurs de pelage des toiles de lin. Cette observation conduit à penser que dans le cadre de la *réversibilité* des opérations de doublage, l'« arrachage » d'une toile de polyester se trouvera facilité ;
- par contre les valeurs de cisaillement sont plus fortes pour le polyester, ce qui favorise une *bonne résistance en cisaillement*, sachant que la plupart des sollicitations agissent de cette manière.

Conclusion

Dans la pratique du doublage d'une œuvre peinte, les toiles de renfort sont d'abord sollicitées en traction et la tension appliquée reste très inférieure aux seuils critiques observés. Cependant le comportement du

polyester d'après l'analyse, laisse à penser que, pour une même tension, celui-ci subira une déformation plus importante que le lin entraînant de ce fait une élévation de contrainte de cisaillement dans l'adhésif. Toutefois le contre-collage se fait toiles tendues, et la toile de renfort reçoit une couche d'encollage et une couche d'adhésif qui ont pour effet de bloquer en partie les contraintes accumulées. N'oublions pas qu'en définitive le tout est tendu sur un châssis à dimensions constantes. A cette déformation initiale appliquée durant le doublage va s'ajouter le poids de l'œuvre qui agit comme une charge sur la toile de renfort. Dans certains cas la masse d'une œuvre peut atteindre 0,005 N/cm². Par rapport aux conditions des essais de fluage, nous restons dans une zone où la probabilité de fluage est très faible et similaire aux toiles de lin. Bien que les comportements de ces toiles, lin et polyester, soient totalement différents, nous retrouvons au travers des valeurs finales des performances très proches. Si du point de vue mécanique les caractéristiques des toiles de lin répondent aux exigences des techniques de consolidation des supports, il n'y a à priori aucune raison d'écarter les toiles de polyester. Par ailleurs, si la préoccupation essentielle du restaurateur de supports est de modifier le moins possible l'état d'équilibre des contraintes inhérentes à l'œuvre et de retrouver une stabilité globale satisfaisante, l'utilisation d'un support inerte tel que les tissus de polyester, semble la plus adaptée à cette alternative.

Notes

- (1) Participation embuvage = $\frac{\text{embuvage}}{\text{déf. inst.}} \times 100$
- (2) Pouvoir de récupération
= $\frac{\text{déf. totale} - \text{déf. résiduelle}}{\text{déf. totale}} \times 100$

Remerciements

Je remercie l'ITF et M. HAGEGE de leur contribution.

Bibliographie

Mustapha EL OKEILLY, *Etude du fluage*, thèse de doctorat es-science.

O. PAJGRT, B. REICHSTADTER, *Processing of polyester fibers*.

Biographie

Alain ROCHE : né à Paris en 1948. Diplômé des Beaux-Arts de Paris, licencié en Arts plastiques à Paris VIII, diplômé de l'IFROA, pensionnaire de l'Académie de France à Rome de 1982 à 1984.

Travaille actuellement comme restaurateur auprès des Musées Classés et Contrôlés.



LE SPÉCIALISTE DE LA TOILE A PEINDRE
ET DE LA TOILE DE RENTOILAGE

LINS — POLYESTERS — TERGAL

Toutes largeurs — tous grammages
Calandrées — tondues — décaties

VENTE DIRECTE — PRIX DE FABRIQUE

42, rue des Couteliers
31000 TOULOUSE
tél. : 61 25 04 64

10, rue Gassendi
75014 PARIS
tél. : 43 20 06 05