

Comportamento meccanico dei dipinti su tela. Valutazione della stabilità meccanica alle varia- zioni di umidità e temperatura.

Alan Roche

Introduzione

L'incidenza delle variazioni di umidità e di temperatura sulla conservazione delle opere d'arte ed in modo particolare sui dipinti su tela, costituisce una problematica di grande importanza.

Spesso vediamo delle opere che presentano stati di alterazione molto vari: i dipinti sono infatti delle entità composite, complesse, in interazione con l'ambiente.

Se le condizioni di conservazione non sono buone o se la tecnica del pittore non è corretta, l'opera si degrada rapidamente. Cercheremo ora di capire le ragioni che inducono tali fenomeni.

I dipinti hanno costituzioni diverse e non hanno quindi la stessa sensibilità all'umidità e alla temperatura. Possiamo classificare i materiali costitutivi delle pitture in due categorie.

Da un lato i materiali idrofilii:

- ♦ Supporti: le tele di fibra naturale, le carte e le carte incollate su tela
- ♦ Incollature: le colle proteينية, amilacee, li derivi di cellulosa
- ♦ Leganti : la tempera (uovo), la *detrempe*
- ♦ Pigmenti: alcuni sono idrofilii

I materiali idrofobi

- ♦ Supporti: fibre di poliestere o di vetro
- ♦ Incollature: colle viniliche e acriliche
- ♦ Pigmenti: una gran parte di pigmenti è inerte di fronte all'acqua

La sensibilità all'umidità e alla temperatura dipende dalla struttura dei materiali e dal rapporto che esiste tra la quantità di materiali idrofilii e idrofobi. D'altra parte tale sensibilità evolve col tempo. I materiali costitutivi di un dipinto sono tutte sostanze polimeriche organiche naturali o sintetiche. Tali polimeri sono più o meno sensibili all'ossidazione, all'idrolisi e alla foto-ossidazione. Il risultato di questo degrado chimico introduce delle modifiche chimiche delle sostanze che provoca modifiche delle proprietà fisico-chimiche e meccaniche.

Stabilità meccanica

Quando parliamo di stabilità facciamo spesso riferimento alla stabilità chimica dei materiali, tuttavia non bisogna mai dimenticare che i fattori climatici-umidità e temperatura- agiscono sulle proprietà dei materiali.

Ovviamente nessuna sostanza è inerte, la materia è intimamente legata all'ambiente. Nei materiali idrofilii della pittura, l'acqua contenuta nell'atmosfera si assorbe in superficie e si diffonde all'interno provocando un aumento di volume detto gonfiamento. Viceversa, l'evaporazione dell'acqua provoca una ritrazione. Ogni materiale idrofilo comporta un coefficiente di gonfiamento (α).

$$\gamma = \frac{\Delta l}{l} \cdot \frac{1}{\Delta UR(\%)}$$

L'ampiezza del gonfiamento o della ritrazione dipende dalle affinità tra le molecole d'acqua e le macromolecole dei costituenti della pittura e dall'umidità relativa dell'am-

biente. Ogni costituente della pittura ha un comportamento diverso rispetto all'acqua. L'aumento della temperatura di un solido, di un liquido o di un gas provoca ugualmente un aumento di volume che viene chiamato *dilatazione*. Al contrario, una diminuzione della temperatura si manifesta con una *contrazione*. Tale fenomeno appare quando un apporto di energia esterna sollecita un aumento di volume libero tra ogni macromolecola nel caso di un polimero o movimento micro-browniano su scala molecolare.

$$\alpha_l = \frac{1}{l} \left(\frac{\Delta l}{\Delta T} \right)$$

Tutti i materiali sono dunque caratterizzati da un coefficiente di dilatazione termica (α) che permette di quantificare il fenomeno.

Queste variazioni di volume in seno alla materia sono alla base di sollecitazioni che si esprimono sottoforma di vincolo (di stress).

Le proprietà meccaniche dei materiali sono legate alla mobilità delle molecole nel solido. Malgrado che l'acqua e il calore agiscano in modo molto diverso, la loro azione è simile. L'acqua, introducendosi nel polimero facilita lo spostamento di macromolecole servendo da «lubrificante», mentre l'apporto di energia per mezzo del calore (riscaldamento del corpo) è responsabile di un'agitazione maggiore e di una più grande mobilità.

Nei due casi si osserva una variazione di volume (gonfiamento, dilatazione) ed una perdita di rigidità (aumento dell'elasticità). Per quanto riguarda i materiali della pittura, nella maggior parte dei casi gli effetti di dilatazione o di contrazione sono sempre meno importanti degli effetti provocati dal gonfiamento o dalla ritrazione. Le proprietà dei materiali, intimamente legate alla coesione delle molecole e all'adesione dei materiali tra loro, sono dunque fortemente condizionate dai fattori climatici: umidità e temperatura. A umidità e temperatura conosciute, tutti materiali solidi sono caratterizzati della loro elasticità.

Elasticità di un dipinto.

Un solido si deforma sotto l'azione di uno sforzo; la sua elasticità corrisponde alla

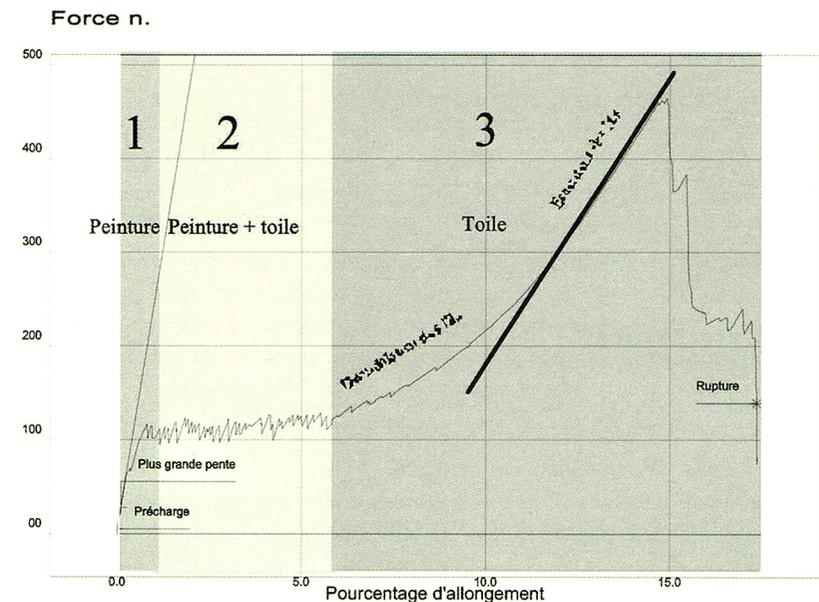


Figura 1

capacità di deformazione reversibile sotto l'effetto di una forza, di un carico o di un vincolo (stress). Il coefficiente E che unisce il vincolo e la deformazione in una relazione lineare, si chiama modulo di elasticità o di Young:

$$\sigma = E \epsilon \quad (1)$$

La prova di trazione di un dipinto composto da una tela, da una preparazione a base di colla e di bianco di Meudon ci dà un insieme di dati particolarmente interessante. La curva integrale presenta tre parti distinte (Fig. 1).

La *prima parte* rappresenta il comportamento meccanico della pellicola di pittura e della sua preparazione. Quando la macchina esercita una trazione, il strato di pittura più rigido della tela, viene sollecitato per primo e impone il suo comportamento. L'elasticità della pittura è quindi espressa da questa parte della curva.

Nella *seconda parte* della curva, la pittura sottomessa a una forza superiore alla propria resistenza si rompe e sopravviene una o alcuni crepe. La tela su cui si trova la pellicola è a sua volta sollecitata.

L'*ultima parte* della curva rappresenta il comportamento della tela. Il strato di pittura essendo fessurato, fratturato, crepato su tutta la superficie ed essendo la coesione quasi inesistente, la tela si trova quindi sollecitata a sua volta. La curva non è completamente lineare a causa della struttura della tela. In un primo tempo, la parte concava della curva corrisponde alla deondulazione dei fili, in seguito diventa lineare e rappresenta il comportamento elastico del filo teso caratterizzato dalla pendenza (pente) o il modulo di Young della tela stiracchiata.

La rottura della tela avviene per defibrillazione a circa 454, 44 N (187, 77 N/cm). Le parti 1 e 2 della curva permettono di caratterizzare il comportamento della pittura:

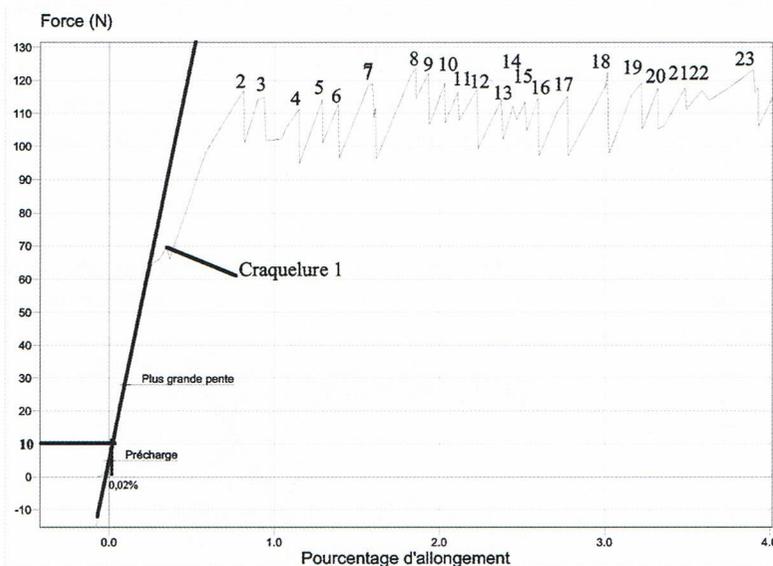


Figura 2

Come nella Figura 2, alle condizioni sperimentali, il modulo di elasticità della pittura è elevato - 1450 Mpa -. Fino a 70 N (28N/cm) il comportamento della pittura è elastico. In questa zona tutte le deformazioni sono reversibili; poi troviamo un leggero spallamento della curva che deve corrispondere a un inizio di deformazione plastica, e dopo ch  un inizio di fessurazione della pittura. Tra 70 e 100 N (28N/cm e 40 N/cm) la curva   lineare ma si flette verso 100 N per raggiungere un massimo a 118 N(47, 2 N/cm). Questo massimo corrisponde alla prima rottura della pellicola di pittura. La forza alla rottura della pittura   uguale alla media dei picchi e cio  120 N (48 N/cm) circa.

I valori sono visibili in tabella 1 di pagina seguente.

Tabella 1

Velocità di spostamento della traversa	10.000 mm/ min.
Forza massima di rottura dello strato pittorico e della tela	464,44 N (187,77 N/ cm)
Vincolo alla forza massima	21.354 Mpa
% di allungamento alla forza massima	14.927%
Modulo di Young della tela	218,75 Mpa
Forza media di rottura della pellicola di pittura	120 N (48 N/cm)
Vincolo di rottura della pellicola di pittura	16 Mpa
Modulo di Young della pittura	1450 Mpa
% di allungamento alla rottura della pellicola di pittura	0,85 %

Queste proprietà non sono costanti poichè i materiali sono sensibili all'umidità e alla temperatura, e non possiamo giudicare gli effetti di questi fattori solo con l'aiuto di un approccio analitico.

Effetti dell'umidità relativa.

Gli effetti dell'umidità relativa intervengono solo sui materiali idrofili della pittura ed in modo più particolare nelle parti amorfe dei polimeri semi-cristallini.

Un cambiamento di umidità comporta delle variazioni dimensionali (gonfiamento o ritrazione) che possono esprimersi introducendo il coefficiente di gonfiamento γ e la variazione di umidità ΔUR per la relazione seguente:

$$\varepsilon(UR) = - \frac{\gamma \Delta UR}{1 + \gamma \Delta UR}$$

Una modifica delle proprietà meccaniche. Per certi materiali costitutivi delle pitture il modulo in funzione dell'umidità è proporzionale in certi limiti e se può esprimere con la relazione seguente:

$$E(UR) = mUR + n$$

Infine la relazione tra il vincolo, il modulo e la deformazione in funzione dell'umidità diventa:

$$\sigma(UR) = E(UR) \varepsilon(UR)$$

Effetti della temperatura

Fatte le debite proporzioni, gli effetti della temperatura sul comportamento meccanico dei materiali sono simili a quelli dell'umidità relativa. Possiamo applicare lo stesso ragionamento per avere le espressioni.

$$E(T) = -aT + b \quad T_0 < T < T_1$$

$$\varepsilon(T) = - \frac{\alpha \Delta T}{1 + \alpha \Delta T}$$

$$\sigma(T) = E(T) \cdot \alpha(T)$$

Di conseguenza l'ampiezza delle variazioni dimensionali di un polimero dipendono direttamente dai coefficienti di gonfiamento e di dilatazione. Se il solido è libero da ogni movimento, le variazioni dimensionali potranno esercitarsi liberamente. Se invece il solido è solidale con un sistema: tipo tensione di una pittura su telaio indeformabile o l'adesione di due strati di pittura, le variazioni dimensionali non possono più

esprimersi completamente. Esamineremo quindi il caso del comportamento delle pitture su tela su telaio fisso.

Comportamento dei dipinti su telaio fisso.

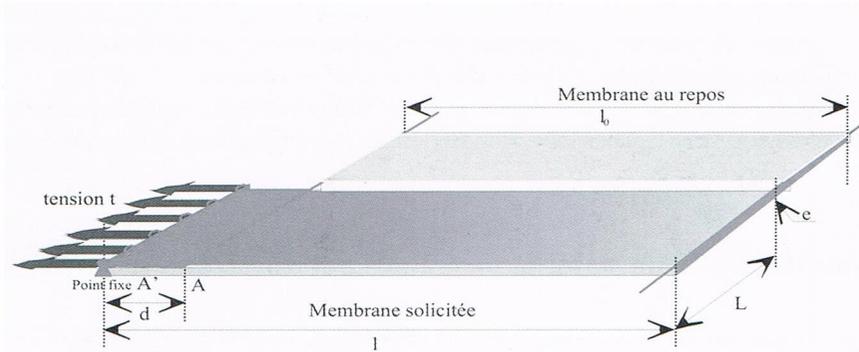


Figura 3

Si consideri la tensione di una membrana su un telaio fisso (Figura 3). Per una tensione (t) la membrana si allunga di un valore (d). A' è un punto fisso. La lunghezza (l_0) è la lunghezza iniziale, (l) è la lunghezza dopo tensione. Si può dunque scrivere:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100 \Rightarrow \text{constant}$$

Siccome (l) e (l_0) sono fissi allora la deformazione relativa è quindi una costante. Il vincolo (sforzo, stress) può scriversi:

$$\sigma(UR, T) = E(UR, T) \cdot \varepsilon^{elc}$$

E vediamo che è direttamente proporzionale a $E(UR, T)$.

Adesso stabiliremo una relazione tra la tensione e il modulo di elasticità. Partendo dalle relazioni,

$$F = tL \quad \sigma = \frac{F}{S} \quad \sigma = \frac{tL}{eL}$$

F : forza N
t : tensione N/cm
L : lunghezza cm
S : superficie della sezione della membrana cm
E : spessore della membrana cm
σ : stress. Mpa

si ottiene la seguente espressione della tensione

$$t(UR, T) = E(UR, T) \cdot e(UR, T) \cdot \varepsilon^{elc}$$

In questa relazione abbiamo introdotto lo spessore della pellicola della pittura che è una funzione dell'umidità e della temperatura. Questa variazione di spessore è caratterizzata dai coefficienti di gonfiamento o di dilatazione e di conseguenza si dovrebbe poter utilizzare una relazione simile a $e(UR)$:

$$e(UR, T) = - \frac{(\gamma \cdot \alpha) \Delta(UR, T)}{1 + (\gamma \cdot \alpha) \Delta(UR, T)}$$

Per valutare l'impatto di questa variazione sulla tensione, abbiamo calcolato il cambiamento di spessore per una pittura che ha :

$$\text{un } \gamma = 0,000025$$

$$\text{uno spessore } e = 0,8 \text{ mm}$$

soggetti ai condizionamenti seguenti: ΔUR di 30%

I calcoli dimostrano che i cambiamenti di spessore in funzione dell'umidità sono molto deboli, la variazione di spessore è di $0,000750 \text{ mm}$ e $0,8 \text{ mm} \pm 0,000375$

o $0,799625 < \varepsilon < 0,800375$ mm. In una prima approssimazione si può considerare che la variazione dello spessore è trascurabile il che significherebbe $(\varepsilon \cdot \varepsilon)$ costante. L'espressione della tensione in funzione di UR diventa

$$t(UR, T) = E(UR, T) \cdot Cte$$

Le variazioni di tensione di un dipinto sottoposto ad una variazione di umidità o di temperatura non dipendono a priori che dal modulo di elasticità.

Di conseguenza ogni tipo di dipinti avrà un comportamento specifico vis-à-vis dell'umidità o della temperatura. Uno dei mezzi per differenziarli è la valutazione della stabilità meccanica.

Valutazione della stabilità meccanica alle variazioni di umidità

Questa nozione di stabilità meccanica alle variazioni di umidità merita di essere sviluppata perché permette di comprendere meglio certe proprietà dei dipinti. La valutazione della stabilità meccanica alle variazioni igrometriche si basa soprattutto su un approccio sperimentale. La procedura consiste nel misurare la risposta a una variazione di umidità della pittura considerata come una membrana tesa. Dal punto di vista sperimentale, è possibile osservare l'evoluzione delle tensioni di una pittura sottoposta ad una variazione progressiva di umidità grazie a una macchina di trazione o su telaio estensimetrico.

Tale procedura sperimentale permette di ottenere una curva di riferimento, $t(UR)$ specifica ai materiali studiati. Da questa curva possiamo estrarre un certo numero di informazioni sulla sensibilità all'umidità dei dipinti.

La curva sperimentale $t(UR)$, esito dello studio di un dipinto a colla su carta.

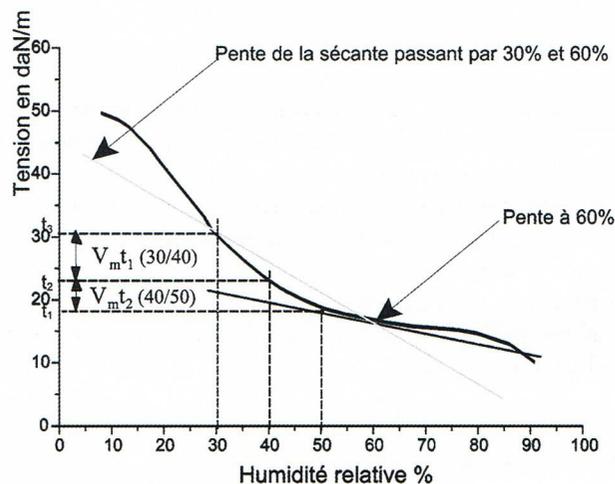


Figura 4

Permette di valutare la *Variazione media di tensione* ($V_{m,t}$) per uno scarto di umidità; essa corrisponde alla differenza delle tensioni generate dalla pittura.

$$V_{m,t} = t_2(UR_2) - t_1(UR_1)$$

Su questa curva, per uno scarto di 10% di UR situato tra 40% e 50%, abbiamo un primo valore della $V_{m,t}$, lo stesso scarto situato tra il 30% e il 40% di UR, dà una *Variazione media di tensione* più elevata. Questo vuol dire che uno stesso materiale ha una sensibilità all'umidità che dipende dal grado di umidità. Se si associa una pendenza ad ogni punto della curva, vediamo che la pendenza varia. La pendenza rappresenta la sensibilità del materiale in un punto, mentre la *Variazione media di tensione*

(V_{mf}) caratterizza la sensibilità del materiale per una variazione di umidità. In altre parole, più la pendenza della tangente è pronunciata o l'ampiezza della *Variazione media di tensione* (V_{mf}) elevata, e più la sensibilità del materiale è importante (Fig. 5).

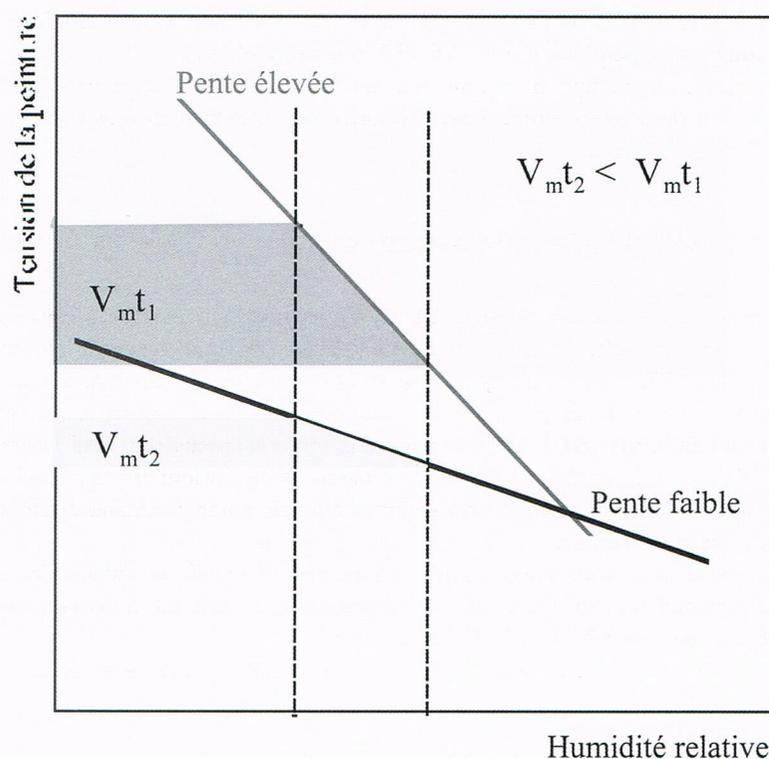


Figura 5

La forma delle curve di sensibilità all'umidità ottenute sperimentalmente, dipende dai materiali che compongono la pittura. Ogni punto di inflessione corrisponde ad un cambiamento di comportamento meccanico generato da uno dei costituenti inclusi nella tecnica. Per dei modelli semplici a due componenti è facile attribuire la partecipazione di ogni elemento a vari gradi di umidità, mentre per assemblaggi più complessi l'interpretazione non è sempre facile.

Al di fuori della loro natura, la struttura dei materiali ha un ruolo importante che può essere illustrato dal comportamento delle carte e delle tele e dalla presenza di pigmenti o carichi nei leganti e nelle colle.

Dispositivo sperimentale

Il dispositivo sperimentale che ha permesso di ottenere queste curve è composto da due elementi. Un telaio estensimetrico fabbricato specialmente per studiare il comportamento meccanico biassiale dei dipinti in varie condizioni sperimentali.

Vediamo il telaio di alluminio attrezzato di 8 sensori di forze agli angoli, con un dipinto teso sopra; il telaio è introdotto nella camera climatica per essere condizionato da 10 a 95% UR

Adesso esaminiamo un certo numero di curve prodotte da pitture con tecniche diverse.

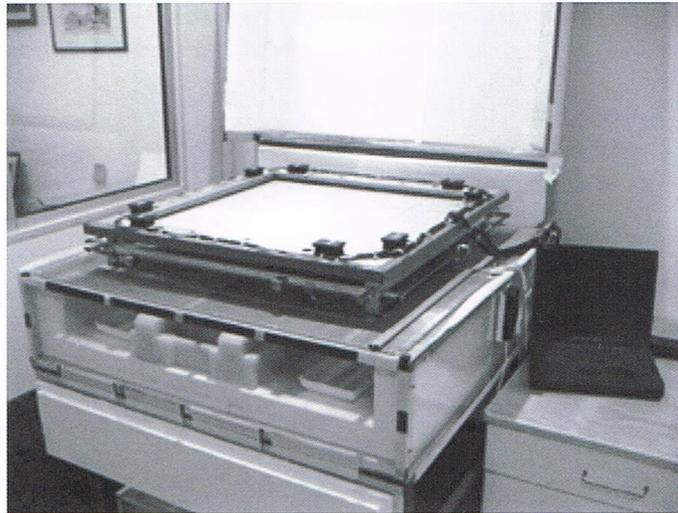


Figura 6

Comportamento di vaie tecniche pittoriche su telaio fisso.

Le otto tecniche pittoriche del nostro studio si limitano alle pitture a olio, alla colla su tela e carta. Sono tecniche tradizionali che raggruppano una buona parte dei materiali classici. Lo studio è stato condotto su una serie di provini concepite a questo scopo. Prima di tutto abbiamo stabilito il comportamento della tela e della carta che sono serviti da supporto.

La tela non decatizzata

- Tela non decatizzata

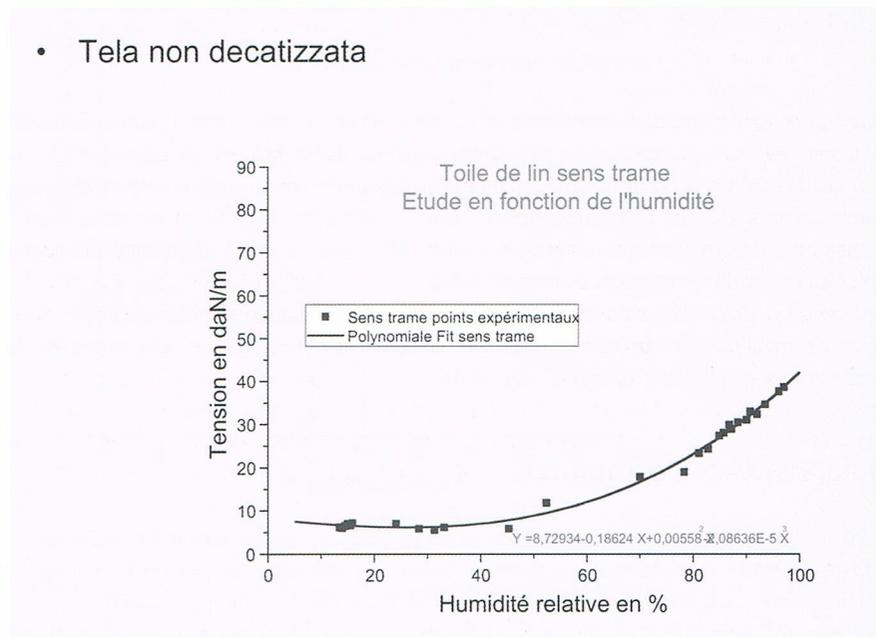


Figura 7

Il nostro interesse ha privilegiato una tela di lino non decatizzata. Tesa su un telaio fisso la tensione aumenta quando l'umidità relativa cresce. Questo fenomeno attualmente ben noto è dovuto alla combinazione del gonfiamento dei fili e alla struttura della tela. La reattività della tela dipende dalle sue caratteristiche. Questa tela è reattiva a partire da 45% UR.

Tela incollata

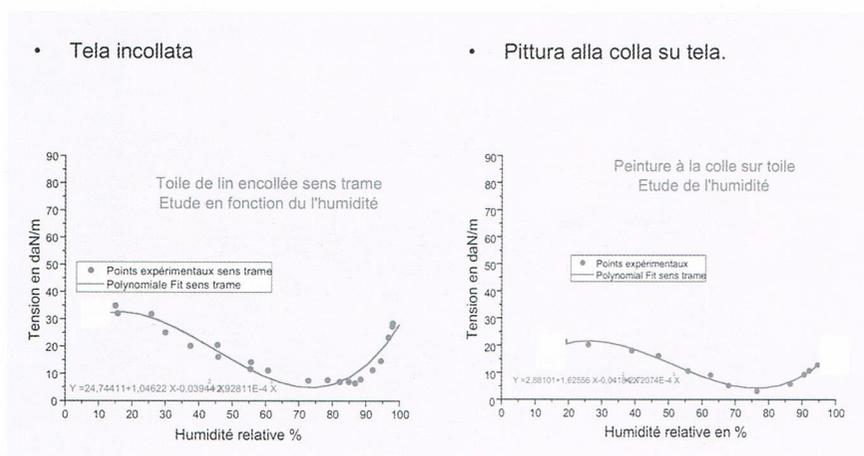


Figura 8

Il comportamento della tela cambia quando è incollata. Da 10 a 20% di UR la tensione si mantiene a circa 30 daN/m. E solo a partire dal 25% che la tensione comincia una diminuzione regolare (quasi lineare) fino a 55% UR. In seguito la tensione raggiunge un minimo verso 70%. A questa umidità la colla si trova in uno stato di rilassamento quasi totale. Al di là del 70% la tela tende a tendersi imponendo il suo comportamento alla colla. La sovrapposizione dei due comportamenti è chiara e si manifesta attraverso cambiamenti di la pendenza della curva e la presenza di un punto di inflessione. La reattività di questa tela presenta due zone situate tra 30 e 60% e 85 e 90%.

Pittura alla colla su tela (Fig. 8)

Per la pittura a colla su tela, il profilo della curva è mantenuto. Tuttavia le inflessioni della curva, meno accentuate, si spiegano con la presenza di pigmenti poco sensibili all'acqua, responsabili della diminuzione degli effetti dell'umidità. La reattività di questa pittura si situa tra il 40 e il 60% e 80 e 90%.

In questi due esempi di comportamento abbiamo le influenze rispettive della colla a bassa umidità e della tela ad alta umidità. D'altro canto le parti lineari comprese tra 30 e 60% UR rispondono all'equazione $E(UR) = -mUR + n$.

L'applicazione di un foglio di pittura a olio va a modificare il comportamento della tela incollata. Questa modifica dipende dallo spessore dello strato e dalla sua vetustà. L'influenza del comportamento della tela può continuare ad esercitarsi. Nel caso della curva qui visibile abbiamo una pittura che ha più di dieci anni di invecchiamento naturale e uno spessore di 0,8 mm. L'influenza del comportamento della tela è scomparso. A 20% la tensione è di circa 40 daN/m e diminuisce molto poco fino a 35%. Da 50% a 90% circa la tensione diminuisce più velocemente e questa parte della curva è quasi lineare. La reattività più elevata di questa pittura è situata tra 50% e 80%.

Pittura a olio su tela con crepe

La screpolatura della materia pittorica ha indotto una modificazione del comportamento della pittura verso l'umidità. Ogni crepa corrisponde ad una perdita di coesione della pellicola e globalmente il modulo di elasticità della pittura è meno importante; ci sarà quindi a bassa umidità una tensione meno elevata.

Rispetto alla pittura non screpolata, il cambiamento di pendenza è più debole ed un punto di inflessione si situa verso 50%. Questa pittura resta più reattiva tra 50% e 90%. La reattività delle pitture screpolate dipende dalla densità delle crepe.

In questi due casi di pittura a olio vediamo che la colla ed il foglio di pittura impongono il loro comportamento. Notiamo ugualmente che tra 50% 80% UR la curva diventa lineare e il modulo $E(UR)$ è proporzionale al % UR.

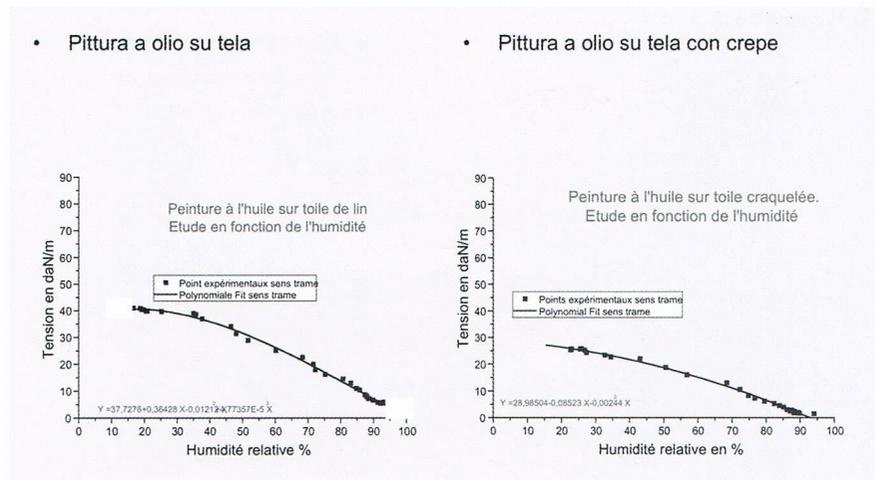


Figura 9

La carta

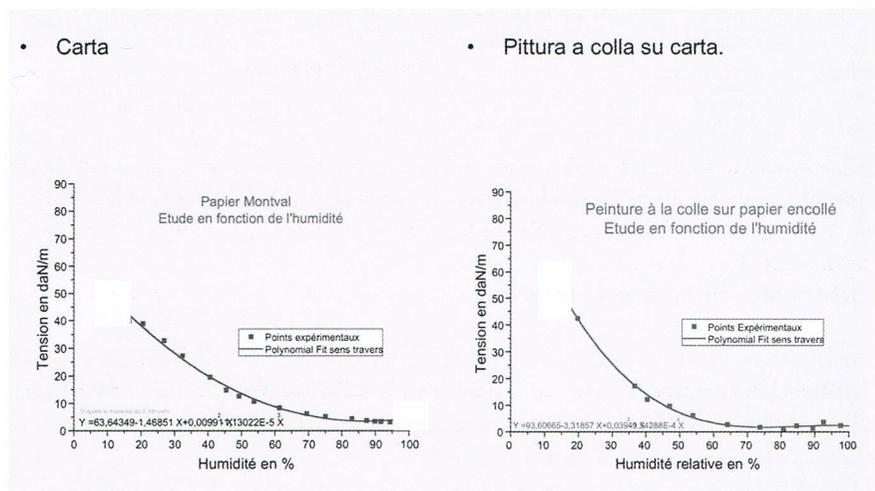


Figura 10

Le tecniche pittoriche su carta sono ugualmente rappresentative, si trovano a tutti i livelli della creazione. La carta può essere utilizzata da sola o rinforzata. Vediamo ora solo il primo caso.

Al contrario della tela, la tensione della carta diminuisce quando l'umidità aumenta. La tensione è di circa 40 daN/m a 10% UR e cade relativamente presto fino a 60%. A partire da questa umidità la tensione tende a stabilizzarsi per raggiungere un minimo nelle umidità più elevate. Questo fenomeno si spiega attraverso la natura idrofila della cellulosa. Il tenore in acqua della cellulosa aumenta con l'umidità relativa. L'acqua assorbita inserendosi nelle fibre funziona da lubrificante. Il modulo di elasticità diminuisce e comporta nello stesso tempo la diminuzione della tensione.

Pittura a colla su carta (Fig. 10)

L'applicazione di un foglio di pittura a colla proteinica su carta è responsabile di una serie di modificazioni del comportamento. La presenza di colla si manifesta a bassa umidità generando una sovratensione rispetto alla carta sola; tra 20 e 45% la pendenza è molto accentuata e la sensibilità della pittura alle variazioni igrometriche è importante. Le tensioni a forte umidità sono deboli; il rilassamento degli sforzi comincia verso il 65% UR. La reattività più forte di questa pittura si situa tra 20 e 35% UR.

Pittura a olio su carta

- Pittura a olio su carta.

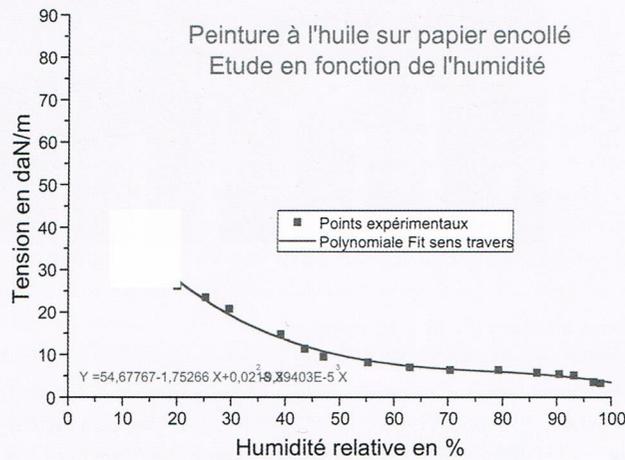


Figura 11

L'applicazione di un foglio di pittura a olio su una carta incollata modifica ancora una volta il comportamento della pittura che attenua la sensibilità all'umidità. Le tensioni a bassa umidità sono più deboli e la reattività della pittura anche se meno importante si situa tra 20 e 40%.

Nei tre casi di pitture su carta vediamo che è la carta ad imporre il suo proprio comportamento.

Classificazione delle pitture in funzione della loro sensibilità all'umidità.

Lo studio di queste curve ci permette di costituire una classificazione che prende in conto le varie condizioni di conservazione:

- ♦ Bassa umidità 30 a 40% UR
- ♦ Umidità media o nominale: 50 a 60% UR
- ♦ Forte umidità 70 a 80% UR

Le *Variazione media di tensione* (V_{mt}) ottenute a partire dalle curve sperimentali sono raggruppate nella tabella seguente:

	Vmt (30/40) daN/m	Vmt(50/60) daN/m	Vmt(70/80) daN/m
Tela di lino	0,75	3,11	6,18
Tela di lino incollata	6,34	6,25	0,72
Pittura a colla su tela	3,04	4,77	0,59
Pittura a olio su tela	2,99	5,56	6,50
Pittura a olio su tela con crepe	2,51	3,63	4,38
Pittura a cera su tela	0,53	0,45	0,93
Carta Canson	8,18	4,81	1,69
Pittura a colla su carta	11,26	3,96	0,05
Pittura a olio su carta incollata	5,82	2,18	0,54

Sensibilità dei dipinti all'umidità

Sensibilité des peintures à l'humidité.

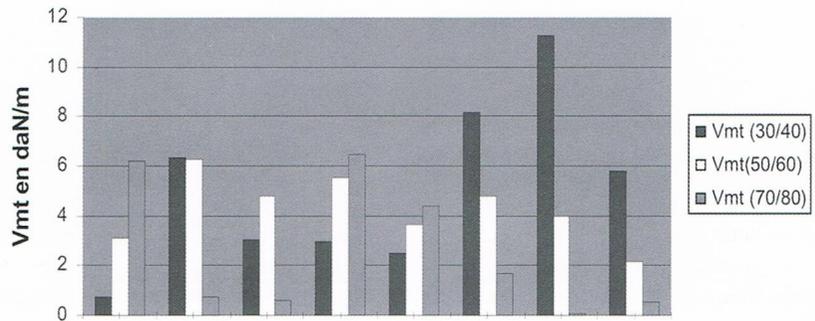


Figura 12

A bassa umidità (30/40 UR) (nero)

La pittura a colla su carta è di lunga la più sensibile a bassa umidità. La sua *Variazione media di tensione* (V_{mt}) è di 11, 26 daN/m per uno scarto di 10%, cioè un po' più di 0, 12N/cm per % di umidità relativa. La sensibilità all'acqua della carta da sola è leggermente inferiore a 0, 08N/cm per% di umidità. La tela di lino incollata e la pittura a olio su carta incollata vengono in seguito con valori dell'ordine di 0, 06N/cm per % di umidità.

A umidità media (50/60UR) (bianco)

La tela incollata resta sempre molto reattiva, (0, 06N/cm per % UR). La pittura a olio su tela, che era poco sensibile alle basse umidità, diventa più reattiva in queste condizioni. (0, 056N/cm per% UR). La sensibilità della pittura diminuisce quando la materia pittorica si fessura. La carta da sola come la pittura a colla su tela sono relativamente reattive, paragonate ad altre pitture. La reattività della tela sola comincia a manifestarsi. Si osserva un cambiamento radicale di comportamento nella pittura a colla su carta che passa da 0, 12 N/cm a 0, 04 N/cm per % di UR. Le pitture più reattive si trovano dipinte su tela.

A forte umidità (70/80 UR) (grigio)

La pittura a olio su tela e la tela sola sono di lunga le più reattive con una sensibilità di più di 0, 06N/cm per % UR. La pittura a olio su tela con crepe è sempre un po' meno reattiva che quella senza ; quasi sempre la sensibilità diminuisce in tali condizioni di umidità. La pittura a colla su carta presenta una sensibilità molto debole.

Questi risultati fanno emergere una nuova caratteristica delle pitture; la loro reattività al grado di umidità. Possiamo distinguere :

- ◆ Le pitture reattive alle basse umidità: *pitture a colla e a olio su carta incollata.*
- ◆ Le pitture reattive alle umidità medie: *pitture a olio su tela.*
- ◆ Le pitture reattive alle forti umidità: *pitture a olio su tela.*

Per concludere possiamo dire che:

Alla luce di tale classificazione ci rendiamo conto che la scelta di una zona di umidità per condizionare la sala di un museo o di una galleria non è così semplice se si espongono opere di tecniche diverse. Se si deve presentare una pittura a olio su tela e una pittura a colla su carta, le condizioni nominali di umidità non possono soddisfare la conservazione delle due pitture.