

Alain Roche

Avec l'assistance de

Stéphanie Doucet

# Propriétés mécaniques des peintures à la cire et à l'encaustique

**Résumé.** L'état de surface d'un certain nombre de peinture à la cire a attiré notre attention sur les causes de leur dégradation. Nous avons cherché à mettre en relation l'influence de la technique sur le comportement mécanique de ces peintures. Cette étude comprend deux parties : une étude bibliographique qui nous a permis de sélectionner les techniques les plus significatives, puis une série d'essais sur ces techniques pour évaluer leurs caractéristiques mécaniques et en tirer des conclusions en termes de conservation.

**Mots-clés.** Peinture, cire, résines, huile, cautérisation, dégradation, vieillissement, traction, flexion, élastique, ductile, plastique, rupture, craquelures.

**Abstract.** The surface condition of a certain number of encaustic paintings called our attention to the causes of their deterioration. We sought to relate the influence of the technique to the mechanical behaviour of these paintings. This study comprised two sectors: bibliographical research allowed us to select the most significant techniques, then a series of tests on these techniques permitted the mechanical characteristics of these paints to be assessed and certain conclusions to be drawn.

**Keywords.** Paint, wax, resins, oil, cauterisation, deterioration, ageing, traction, flexion, plasticity, rupture, craquelure, cracks.

La genèse de cette étude est liée à l'observation des dégradations d'un *Portrait de Daguerre* peint à la cire sur toile par Paul Carpentier vers 1850 et appartenant à la Société française de photographie. Conjointement, nous avons pu noter des phénomènes de vieillissement probablement liés aux techniques à la cire utilisées par d'autres peintres comme Sonia Delaunay ou Brice Marden.

En partant de ces constats, l'étude s'est orientée vers l'évaluation des propriétés mécaniques des peintures à la cire en fonction de leur composition. En effet, ces techniques sont diverses et, dès l'Antiquité, Pline l'Ancien distinguait trois procédés dans son *Histoire naturelle* (livre XXI) : deux manières de peindre à l'aide de *cauterium*<sup>1</sup> sur des supports recouverts de cire et sur ivoire, et une manière de peindre à l'aide d'un pinceau après avoir fondu la cire au feu.

La bibliographie consultée pour cette étude se concentre toutefois sur les périodes moderne et contemporaine, pour lesquelles une trentaine de publi-

cations techniques, entre le XVIII<sup>e</sup> et le XX<sup>e</sup> siècle, ont été recensées et analysées.

## Définitions

On distingue la peinture à la cire et la peinture à l'encaustique en les définissant de la manière suivante :

– la peinture à la cire se présente sous la forme d'une pâte constituée d'un mélange de cire, de résine et d'essence, appelée « gluten »<sup>2</sup>, à laquelle sont incorporés les pigments ; elle s'applique à froid, à la brosse ou au couteau à peindre ;

– l'encaustique, à l'inverse, est une technique à chaud réalisée avec des bâtonnets de cire-résine pigmentés qui sont fondus à l'aide d'un cautère (spatule métallique chauffée), afin de lier les couleurs entre elles.

À ces deux procédés correspondent de nombreuses recettes de fabrication, parmi lesquelles on trouve l'adjonction d'une petite proportion d'huile dont la nature et la fonction sont d'ailleurs

rarement précisées. Notons que les notions d'huiles essentielles et d'huiles non volatiles sont parfois confuses au XVIII<sup>e</sup> siècle, époque à laquelle la chimie est encore balbutiante.

On retiendra toutefois que les principaux adjuvants sont les résines, les essences et, éventuellement, l'huile, auxquels sont mélangés les pigments. Les propriétés des peintures dépendent donc de la composition chimique des matériaux utilisés, de leurs propriétés physiques et de leur mise en œuvre.

## Les peintures à la cire et à l'encaustique

### Les constituants

#### Cire

La cire est évidemment le constituant principal. Bien que son origine soit rarement mentionnée dans les textes, nous considérerons qu'il s'agit de cire d'abeille. Cette dernière se présente sous deux formes : la cire naturelle, de cou-

leur jaune, et la cire blanchie<sup>3</sup>. Selon les publications, les termes de « naturelle », « vierge », « blanchie » sont employés indistinctement. Nous considérerons donc, par défaut, que la cire naturelle ou vierge est une cire jaune, dont la température de fusion est d'environ 65 °C.

#### Résines

Les textes montrent que les trois résines les plus employées dans la fabrication du gluten sont la dammar, le mastic et l'élémi. Les résines dammar et mastic ont des compositions chimiques proches, à base de triterpènes. Elles diffèrent par leur température de fusion, comprise entre 160 et 180 °C pour la dammar et d'environ 95 °C pour la résine mastic. L'élémi est une résine jaune, molle et péguieuse qui doit être purifiée avant utilisation ; elle joue un rôle d'adhésif et de plastifiant. Sa température de fusion est d'environ 74 °C.

Quelques traités mentionnent également le copal et la colophane.

#### Huiles

La nature de l'huile entrant dans la composition du gluten varie selon les textes, sans être toujours précisée. Il peut s'agir d'une huile siccative (huile de lin), semi-siccative (huile d'œillette) ou non siccative (huile d'olive). L'huile de lin n'est ajoutée qu'en très faible quantité. Mélangée à la cire-résine, elle est alors isolée de l'air, ce qui diminue fortement sa capacité de séchage. Par conséquent, elle reste à l'état liquide et joue un rôle de plastifiant. L'huile d'œillette a la même fonction ; elle est moins siccative que l'huile de lin mais plus claire et a moins tendance à jaunir. Quant à l'huile d'olive, son rôle de plastifiant est mieux affirmé : elle rend le mélange cire-résine plus ductile et plus maniable pour sa mise en œuvre. Du point de vue esthétique, certains auteurs prétendent que l'huile rend la peinture plus éclatante, alors que d'autres la trouvent plus terne.

#### Essences

Les essences servent à diluer le gluten afin de le rendre suffisamment maniable à froid avec un pinceau. Ce sont des liquides volatils qui s'évaporent au fur et à mesure du séchage. Les essences

d'aspic, de térébenthine, de lavande, de benjoin, de citron et de pétrole sont les plus souvent citées.

#### Les pigments

Le broyage des pigments dans la cire se fait soit par simple brassage dans la cire fondue, soit par un broyage préalable dans une huile ou une essence pour obtenir une pâte colorée qui est ajoutée au gluten.

#### Les supports

La peinture à la cire ou à l'encaustique s'adapte bien à tous les supports possédant une certaine porosité et même aux métaux. Les textes montrent que les principaux supports sont la toile et les supports rigides tels que le bois, le carton, l'ivoire ou le papier, sur lesquels la peinture est souvent appliquée directement.

Les toiles de lin et de coton d'épaisseur assez fines semblent privilégiées ; la plupart du temps, elles ne reçoivent pas d'encollage et sont donc directement imprégnées.

#### Les préparations

Les supports sont ou non préparés. Dans la plupart des traités, les toiles comme les supports rigides sont imprégnés d'un enduit à base de cire de composition variable : cire pure, cire chargée ou mélange pouvant être assimilé au gluten. La préparation a donc une composition très proche de celle de la peinture et sert d'assise aux couleurs qui vont lui être superposées. Chargée de carbonate de calcium ou de blanc de plomb, elle joue également un rôle optique, notamment sur des supports naturellement colorés tels que le lin, le bois ou le carton. Quelques auteurs contemporains proposent aussi des préparations à base d'acrylique et l'on trouve exceptionnellement mention de préparations à l'huile et céruse ou de badigeons à la détrempe.

#### La mise en œuvre

Avec la technique à la cire, qui représente environ 75 % des recettes étudiées, la peinture à la consistance d'une pâte qui s'étale à froid au pinceau ou à la brosse. Le séchage est suffisamment lent pour réaliser des effets picturaux.

Une fois sec, le film peut également être repris à chaud avec un cautère, ce qui permet de diversifier les effets esthétiques tout en rendant les couches de couleurs plus solidaires.

Avec le procédé à l'encaustique, la peinture est étalée à chaud sur le support à l'aide d'un pinceau, puis le modelé peut être repris à l'aide d'une spatule chauffante, selon des techniques semblables à celles de l'Antiquité.

## Partie expérimentale

### Fabrication des éprouvettes

La diversité des procédés rend impossible une étude exhaustive. Aussi les tests ont été effectués en sélectionnant une cire pure et cinq techniques représentatives. Ce choix permet de travailler sur une série homogène, afin de préciser le rôle de chacun des constituants.

Les techniques choisies sont les suivantes :

- cire (d'abeille blanchie) 100 %
- cire 75 % + pigments verts (oxyde de chrome) 25 %
- cire 70 % + huile d'olive 30 %
- cire 52,5 % + huile d'olive 22,5 % + pigments verts 25 %
- cire 83,3 % + élémi 16,7 %.
- cire 62,5 % + élémi 12,5 + pigments verts 25 %

Les éprouvettes ont été obtenues par un coulage à chaud dans un moule en élastomère de forme répondant aux normes (NF T 51-034 et NF B 51-124).

### Expérimentation

(figures 1 et 2)

Les essais de traction et de flexion qui ont été retenus permettent de préciser le rôle de chaque composant dans les propriétés mécaniques des peintures et de prévoir les problèmes de conservation que posent les peintures à la cire et à l'encaustique.

L'essai de traction consiste à appliquer à un échantillon de forme et de dimensions standardisées un effort de traction  $F$  et à mesurer l'allongement correspondant  $\Delta l$ . En portant ces deux valeurs sur un diagramme, on obtient une courbe expérimentale de traction du matériau.

Figure 1. Essai de traction.

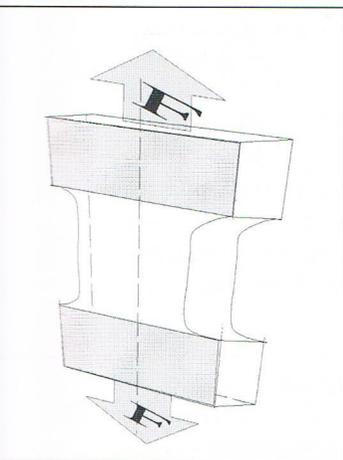
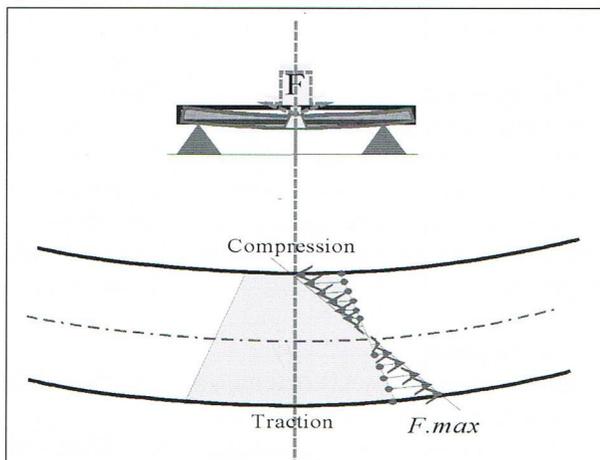


Figure 2. Essai de flexion.



L'essai de flexion consiste à fléchir en son milieu une lame disposée sur deux points d'appui. Il nous fournit une courbe de flexion qui correspond à l'évolution de la déflexion de la lame en fonction de la force appliquée. Les deux essais permettent de définir les caractéristiques mécaniques des matériaux étudiés à température et humidité relative constantes (20 °C et 55 %), le choix de ces paramètres correspondant à des conditions de conservation « standard ».

Les essais de traction et de flexion sont exécutés sur une machine d'essais<sup>4</sup> pilotée par ordinateur. Chaque recette est représentée par un lot de cinq éprouvettes en traction et de trois éprouvettes en flexion. Une fois l'éprouvette en place et précisément mesurée, l'appareil est paramétré et l'essai est lancé.

**Analyse des courbes de traction**  
(figure 3)

La cire pure et la cire pigmentée ont des modules élevés. La rupture des

éprouvettes se réalise juste après la force maximale. La zone de plasticité est très limitée.

Les mélanges cire-élémi et cire-élémi-pigments ont des modules d'élasticité plus faibles. Ils sont plus élastiques et, après avoir atteint une force maximale, les éprouvettes continuent de s'allonger sous l'effet d'une force décroissante, jusqu'à la rupture. Leur comportement plastique s'est développé grâce à la présence d'élémi. La peinture à la cire et à l'huile a une certaine élasticité, mais sa résistance à la rupture est beaucoup trop faible.

L'addition des pigments à la cire et à ses mélanges accroît le module d'élasticité (tableau 1).

**Analyse des courbes de flexion**  
(figure 4)

Seules les peintures à base de cire et d'élémi ont un comportement plastique. L'addition de pigments abaisse les modules de flexion, sauf dans le cas de la cire, et provoque une élévation

des seuils d'élasticité. Les peintures se déforiment davantage mais elles perdent une partie de leur résistance à la rupture (tableau 2).

**Interprétation des résultats**

Les résultats obtenus nous amènent à réfléchir sur les différents comportements en traction et en flexion des trois recettes étudiées : peinture à la cire pure, peinture à la cire + élémi, peinture à la cire + huile. Cette interprétation est réalisée en prenant en compte les relations qui existent entre les propriétés mécaniques et les mécanismes d'altération des peintures.

**Formation de craquelures : résistance à la rupture**

En traction, la cire pure offre la meilleure résistance à la rupture, mais elle se rompt brutalement avec une fracture nette. La peinture à la cire + élémi perd en résistance à la rupture, mais elle gagne en déformabilité grâce à sa ductilité. La résistance à la rupture de la peinture à la cire est d'environ 350 N alors qu'elle n'est que de 230 N pour la peinture cire + élémi. Une tension élevée affectera donc en premier lieu la peinture à la cire + élémi.

Quant à la peinture à la cire + huile, elle est particulièrement friable. Elle est très peu résistante en traction et peu déformable, et toutes les variations de tension sont susceptibles d'entraîner la formation de craquelures.

En flexion, la peinture à la cire a une résistance à la rupture bien plus importante. La peinture à la cire + huile est

Tableau 1

	Force maximale (N)	Allongement rupture (mm)	Module d'élasticité (MPa)	Contrainte (MPa)	Rupture	Matière
Cire	334,5	2,78	224,82	2,68	nette	cassante
Cire + pigments	363,75	2,13	257,64	2,98	nette	cassante
Cire + élémi	208,65	12,19	196,45	1,80	sans	ductile
Cire + élémi + pigments	216,61	13,19	209,95	1,85	sans	ductile
Cire + huile	-	-	-	-	-	trop friable
Cire + huile + pigments	118,93	0,73	179,27	1,00	nette	friable

Peintures

Figure 3. Essais de traction.

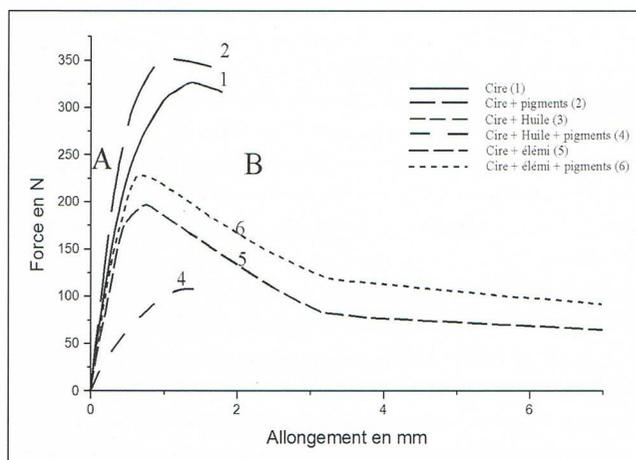
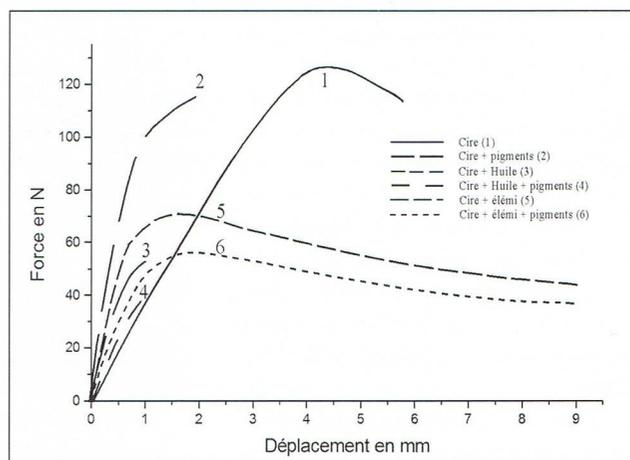


Figure 4. Essais de flexion.



visiblement très fragile et peut se craqueler très facilement, même sous une faible flexion.

**Déformations irréversibles, plis, enfoncements : déformabilité avant rupture**

En traction, la peinture à la cire + élémi présente les meilleurs critères de déformabilité. Du fait de sa ductilité, cette peinture peut mieux s'adapter aux déformations, sans se craqueler. Par exemple, pour une déformation de 2,5 mm, elle supporte une force de 100 N sans se fracturer, alors la peinture à la cire pure s'est déjà rompue à 2 mm.

En flexion, c'est également la peinture à la cire + élémi qui résiste le mieux aux déformations avant de se rompre. Cette propriété est liée à sa ductilité. À l'inverse, la peinture cire + huile est très sensible aux déformations puisque son seuil d'élasticité (0,008 %) est très proche de sa déformation à la rupture (0,011 %). Elle résiste donc très mal aux enfoncements ou aux accidents de ce type.

**Résistance aux chocs, aux enfoncements, au roulage : élasticité et flexibilité**

En traction, la cire pure donne le film de peinture la plus rigide. Cette rigidité, associée à un relativement faible allongement à la rupture, rend le film de peinture cassant et sensible aux chocs. La peinture à la cire + élémi, plus élastique et déformable, sera capable d'absorber les déformations sans se rompre.

La peinture à la cire + huile est la plus élastique mais, d'après ses deux autres propriétés, elle reste de loin la plus fragile.

En flexion, c'est la peinture à la cire + élémi qui est de loin la plus flexible et qui résiste le mieux au pliage ou au roulage. Notons que l'addition de pigments dans les recettes cire-élémi et huile entraîne une chute des modules de flexion. Dans ce cas, les pigments, au lieu d'augmenter les forces de frottement, les diminuent, en jouant un rôle de plastifiant.

**Réversibilité des déformations en flexion**

La peinture à la cire-huile est en mesure de mieux résorber les petites déformations, à condition de ne pas dépasser son seuil d'élasticité. De ce point de vue, la peinture à la cire pure possède également un bon comportement.

**Conclusions**

L'étude a permis de dégager les principales caractéristiques mécaniques des peintures à la cire à température et humidité constantes. Les peintures constituées uniquement de cire et de pigments présentent la meilleure résistance en traction. Elles offrent par conséquent les meilleures chances de résister à un craquellement prématuré dans de mauvaises conditions de conservation. En revanche, les peintures à base de cire-élémi ont acquis une plus grande élasticité et plasticité en perdant une partie de leur ténacité en traction. Ces

Tableau 2

	Force maximale (N)	Contrainte (MPa)	Module de flexion (MPa)	Seuil d'élasticité (%)	Déformation à F maximale (%)
Cire	115,41	4,35	331,40	0,005	0,027
Cire + pigments	101,79	4,74	642,55	0,007	0,030
Cire + élémi	61,70	2,97	436,06	0,003	0,028
Cire + élémi + pigments	51,41	2,47	377,68	0,005	0,036
Cire + huile	51,08	2,27	421,75	0,004	0,015
Cire + huile + pigments	38,69	1,85	369,00	0,008	0,011

peintures réagiront donc mieux à certaines contraintes comme les roulages sur cylindre et les manipulations inhérentes à la vie matérielle des œuvres.

Enfin, l'addition d'huile est préjudiciable à la tenue des peintures, qui deviennent beaucoup trop friables.

La connaissance de ces propriétés mécaniques et du rôle que joue chaque constituant de la peinture apporte donc des informations indispensables pour l'évaluation de sa fragilité et pour prendre les mesures de conservation nécessaires.

24

L'influence des conditions climatiques n'a pas été évoquée dans cet article. Aussi l'étude comportera une seconde partie qui traitera du comportement mécanique en fonction de l'humidité et de la température.

**Remerciements.** Cette recherche a pu être réalisée grâce à une double allocation de recherche du Centre national des arts plastiques.

### Annexes

#### Norme : procédure de traction à la rupture (40/0640)

La force maximale, l'allongement à la rupture, la contrainte maximale, le module de Young sont calculés à partir des caractéristiques des éprouvettes. Les éprouvettes sont moulées. La cire est fondue au bain-marie dans un récipient et coulée dans un moule en silicone. Après le refroidissement, l'éprouvette est sortie du moule, elle est ébavurée et polie.

#### Norme : procédure de flexion en 3 points (40/0679)

La force maximale, la contrainte maximale, le module de flexion, le seuil d'élasticité et le pourcentage de déformation à la force maximale sont calculés en fonction des caractéristiques des éprouvettes.

Les éprouvettes sont moulées. La cire est fondue au bain-marie dans un récipient et coulée dans un moule en silicone. Après le refroidissement, l'éprouvette est sortie du moule, elle est ébavurée et polie.

### Notes

1. Le *cauterium* ou cautère est une spatule de fer que l'on chauffe pour faire fondre la cire puis la manier. Il prolonge l'action du pinceau. Selon la forme du cautère, il peut être appelé *cestrum* ou *vericulum*.

2. Gluten : substance protidique visqueuse contenue dans les farines (*Encyclopaedia Universalis*, vers. 9). Cette définition est très différente du gluten qu'utilisent les peintres du XIX<sup>e</sup> siècle.

3. Procédé de blanchiment de la cire décrit par Dioscoride (*De materia medica*) et par Pliny l'Ancien : « Faire bouillir un mélange de cire jaune et d'eau de mer et de nitre. Après le refroidissement, recueillir la fleur de cire qui se trouve en surface. On répète cette opération plusieurs fois jusqu'à l'obtention d'une cire blanche. C'est ce que l'on appelle la cire punique. » Il s'agit donc là d'une cire partiellement saponifiée, à la différence des peintures modernes.

4. LRX 250 de Lloyd Instrument

### Bibliographie

- Carpentier Paul, *Notes sur la peinture à la cire cautérisée ou procédé encaustique d'après les laborieuses recherches de Paillot de Montabert*, H. Loones, Paris, 1875.  
 Caylus Majault, *Mémoire sur la peinture à l'encaustique et sur la peinture à la cire*, Minkoff Reprint, Genève, 1772.  
 Colinart S., Grappin-wsevojkysky S., Matray C., « La cire punique : étude

critique des recettes antiques et de leur interprétation. Application aux portraits du Fayoum », ICOM-CC 12th Triennial Meeting, Lyon 29 août-3 septembre 1999, James and James, London, 1999.

Cowan T.W., *La cire, son histoire, sa production, ses falsifications et sa valeur commerciale*, Burkhudt, Genève, 1911.

Fratrel Joseph, *La cire alliée avec l'huile ou la peinture à l'huile-cire : trouvée à Manheim par M. Charles Baron de Taubenheim, décrite et dédiée à l'Électeur, De l'imprimerie de l'Académie électorale*, Manheim, 1770.

Henry Charles, Cros Henry, *L'Encaustique et les autres procédés de peinture chez les anciens, histoire et technique*, J. Rouam, Paris, 1889.

Mérimée J.F.L., *De la peinture à l'huile*, Paris, 1830.

Lemoine Raoul, du Manoir Charles, *Manuel pratique de la fabrication des couleurs. Matières premières employées dans la préparation des couleurs, essences et vernis*, Librairie centrale des arts et manufactures, Paris, 1900.

Roche Alain « Comportement mécanique des peintures à la colle et à l'huile sur papier *Technè* n° 13-14, 2001.

Roche Alain, *Comportement mécanique des peintures sur toile ; dégradation et prévention*, 2003, CNRS Éditions.

Rudel J., *Technique de la peinture*, PUF, Que sais-je ?, 1974, p. 46-48.

Rudhardt Charles, *L'Art de la peinture, science de la couleur : ses lois, sa perspective s'appliquant à tous les genres. Le métier, la pratique, la peinture à l'huile, la peinture à la cire*, Ch. Rudhardt, Paris, 1891..