

Françoise Ploye

conservation-restauration du patrimoine photographique

Connaître et conserver les impressions numériques dans les collections photographiques patrimoniales

Avec le soutien du Centre national des arts plastiques

Institutions partenaires :

Atelier de restauration et de conservation des photographies de la Ville de Paris (Arcp)

Fonds municipal d'art contemporain de la Ville de Paris (Fmac)

Institut national du patrimoine (Inp)

Paris, septembre 2011

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	p. 2
INTRODUCTION	p. 4
PARTENAIRES ET COLLABORATEURS DE CETTE ÉTUDE	p. 5
1. ANALYSE DE L'EXISTANT DANS LES COLLECTIONS	p. 6
2. LES IMPRESSIONS NUMÉRIQUES DE QUALITÉ PHOTOGRAPHIQUE	p. 11
2.1. Les impressions numériques : généralités	p. 11
2.2. Le tirage jet d'encre de qualité photographique	p. 12
3. RECHERCHE APPLIQUÉE : FRAGILITÉS ET RESTAURATION DE TIRAGES JET D'ENCRE PIGMENTAIRE SUR PAPIERS PUR COTON ET SUR PAPIERS BARYTÉS	p. 14
3.1. Tests d'humidification / mise à plat	p. 17
3.2. Tests de nettoyage à sec et de sensibilité à l'abrasion	p. 20
3.3. Tests de charnières pour le montage et la présentation	p. 23
3.4. Tests de sensibilité aux solvants	p. 38
Conclusion de la recherche appliquée	p. 50
4. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES POUR LA CONSERVATION PRÉVENTIVE DES TIRAGES JET D'ENCRE	p. 52
5. FICHES D'IDENTIFICATION ET DE CONSERVATION	p. 54
Fiche 1 : le jet d'encre Iris	p. 55
Fiche 2 : le jet d'encre pigmentaire de type Fine art sur papier pur coton	p. 58
Fiche 3 : le jet d'encre pigmentaire de type Fine art sur papier baryté	p. 62
Fiche 4 : le jet d'encre sur papier RC multicouches	p. 65
Fiche 5 : le jet d'encre à solvants	p. 69
6. TERMINOLOGIE POUR LA DESCRIPTION DES TECHNIQUES D'IMPRESSION NUMÉRIQUE	p. 72
7. QUESTIONNAIRE D'INFORMATION SUR LES TECHNIQUES PHOTOGRAPHIQUES CONTEMPORAINES (FRANÇAIS / ANGLAIS)	p. 73
CONCLUSION	p. 74
BIBLIOGRAPHIE	p. 75
Annexe n°1	
Schéma du flux de production des tirages numériques (VTP, 2008, p. 323)	
Annexe n°2	
Article : PLOYE et al. 2009a, <i>Séminaires sur l'identification et la conservation des impressions numériques à l'Institut national du patrimoine. Compte rendu des travaux effectués en 2007 et 2008.</i>	

REMERCIEMENTS

Ce travail prend sa source en 2004, lorsque les premières questions concernant la conservation des impressions numériques nous sont parvenues, alors que j'étais membre de l'équipe de Anne Cartier-Bresson à l'Atelier de restauration et de conservation des photographies la ville de Paris (ARCP). Les responsables de collections étaient confrontés à de tout nouveaux supports et souhaitaient être guidés, tant pour la conservation des photographies fraîchement acquises que pour les acquisitions futures, par crainte d'acquérir des œuvres réalisées sur des supports instables. Je remercie donc en premier lieu Anne Cartier-Bresson. Elle m'a permis, dans le cadre de mon travail à l'ARCP, de me consacrer à la découverte de ces nouvelles techniques qui entraient alors dans l'histoire de la photographie. La première étape fut d'étudier et d'assurer le suivi de conservation des œuvres de l'Atelier Adamson exposées à la Maison européenne de la photographie au printemps 2005.

A cette époque, les connaissances relatives à la conservation de ces nouvelles techniques de tirages étaient encore confuses. Il fallait en comprendre la production et les usages, différencier les techniques, créer des catégories. Je remercie toutes les personnes qui ont porté intérêt à mes questionnements, qui m'ont guidée, qui m'ont parlé de leur pratique. Je remercie Laurie Hurwitz, chargée des expositions à la MEP, qui m'a permis de rencontrer Franck Bordas à l'époque où il pratiquait encore la lithographie, parallèlement au tirage d'artiste avec des techniques jet d'encre de grande qualité. Ce fut la base d'une collaboration qui m'a permis de comprendre le potentiel créatif du tirage jet d'encre, ses origines, ses spécificités. Ayant moi-même, il y a longtemps, réalisé des tirages « sur mesure » en laboratoire professionnel, j'ai très vite été convaincue : ce qui se fabriquait là, en édition très limitée, n'était pas des *impressions* numériques, ni même des *impressions* jet d'encre pigmentaire mais bien des *tirages* jet d'encre pigmentaire. Mes remerciements vont donc à Franck Bordas ainsi qu'à Alice Tremblais pour ces journées de découverte, d'échanges, durant lesquelles nous avons, avec les étudiants restaurateurs de l'Institut national du patrimoine (Inp), réalisé des tirages qui ont servi à nos observations et à nos tests de restauration depuis 2007. Je remercie également Jean-Paul Gandolfo qui nous a également confié un grand nombre d'échantillons pour nos tests et qui, surtout, m'a apporté mon premier bagage de connaissances techniques transversales sur les impressions numériques.

Je remercie, outre-Atlantique, la Fondation Andrew W. Mellon, qui finance depuis de nombreuses années de multiples projets pédagogiques relatifs à la conservation des photographies et notamment, en 2006, le premier « Workshop » international consacré à l'identification et la conservation des photographies numériques et plus particulièrement des impressions numériques. Ce fut une source inestimable d'informations et d'échanges. J'en remercie tous les organisateurs et intervenants, et plus particulièrement Nora Kennedy et Franziska Frey ainsi que Martin Jürgens et Rita Hofmann qui ont bien voulu, par la suite, répondre à mes questions techniques. Pour leur conseil sur les coupes stratigraphiques, je remercie Jürgen Ketterer, Daniel Burge et Ryan Boatright.

Je remercie également Aurélie Perreux, Fabien Cannarella, Antonin Riou, Pauline Duyck et Dorothee Clermontel qui ont participé en tant qu'étudiants aux séminaires sur l'identification et la conservation des impressions numériques organisés à l'Inp.

Je remercie Bertrand Lavédrine, Christine Capderoux et Martine Gillet pour leur avis et pour l'accès au centre de ressources documentaires du CRCC.

Depuis 2009, parallèlement à mes activités de restauratrice indépendante, je poursuis ce travail grâce au soutien du Centre national des arts plastiques, avec trois objectifs principaux : continuer à intégrer les nouveautés dans ce domaine technologique particulièrement mouvant et innovant ; transmettre de la manière la plus claire et la plus pédagogique possible ces

connaissances afin qu'elles puissent être appliquées concrètement dans les collections ; réaliser des tests de sensibilité sur les techniques les plus courantes afin de délimiter le champ des possibles en termes de conservation et de restauration – point sur lequel les connaissances sont particulièrement lacunaires. Je remercie donc très sincèrement le Cnap, plus particulièrement les membres de la Commission de restauration, mais aussi les partenaires de cette recherche :

- A l'ARCP : Anne Cartier-Bresson, pour son soutien et sa confiance ; Maud Blanc, Aurélie Perreux et Clara Prieto pour nos échanges et pour les colorimétries ; Cécile Bosquier, pour son aide dans ma recherche documentaire ; Jean-Philippe Boiteux pour son avis éclairé de photographe et pour les échantillons de tirages qu'il a réalisé pour nos tests ; et toute l'équipe de l'ARCP pour son accueil.

- A l'Inp : Marie-Christine Papillon et son équipe du laboratoire, de m'avoir permis d'utiliser les appareils d'observation et de prise de vue microscopique sans lesquels un grand nombre d'illustrations de ce travail n'existeraient pas, pour les microanalyses élémentaires MEB/EDS, pour leurs explications toujours patientes.

- Au Fmac : Anne Sudre, pour son soutien ; Kristen Hely pour la qualité de notre collaboration lors de l'étude de conservation des œuvres photographiques du Fmac et jusqu'à aujourd'hui.

Enfin, je remercie très sincèrement mes interlocuteurs dans les collections pour leur accueil et pour l'intérêt qu'ils ont accordé à ce travail ; j'espère qu'il leur sera utile :

- Au Fnac : Aude Bodet, Pascal Bausse, Maryline Debord et Sylvie Puaud.

- Au Fmac : Kristen Hely et Christel Courtois.

- A la collection Neuflyze Vie : Aline Pujo et Claire-Odile Bodin.

- Au Mac Val : Diana Gay et Ingrid Jurzak.

INTRODUCTION

Les années 1990 ont vu émerger les technologies d'impression numérique dans le secteur du tirage photographique professionnel, puis amateur. Les impressions numériques côtoient aujourd'hui les tirages photographiques traditionnels dans les collections de photographies contemporaines. De nombreuses questions se posent néanmoins sur la stabilité des impressions numériques, le plus souvent lorsqu'on les compare avec les tirages couleurs argentiques traditionnels. Il est vrai que les premières impressions IRIS, qui ont su séduire le milieu de l'art dès le début des années 1990 sous l'appellation de « Fine Art Printing », étaient encore très instables. Une simple goutte d'eau faisait couler les colorants et ceux-ci résistaient mal à l'exposition à la lumière. Depuis, des budgets considérables ont été investis par les fabricants dans la recherche de systèmes d'impression associant qualités esthétiques, stabilité, simplicité et rapidité. Il en résulte un véritable progrès. Cependant, le renouvellement quasi annuel des systèmes d'impression, leur complexité, les différences flagrantes de qualité d'un produit à l'autre ainsi que les déclarations parfois équivoques de fabricants sur la stabilité de leurs tirages ne facilitent pas le travail des professionnels de la conservation.

Les impressions numériques ne sont pas soumises aux mêmes processus de dégradation que les photographies traditionnelles. Les solutions de conservation et de restauration élaborées pour ces dernières ne sont donc pas directement transposables aux impressions numériques. Cependant, dans de nombreux cas, par manque de connaissances, il est possible de les confondre. Il est par conséquent important d'apprendre à connaître ces nouvelles techniques afin de pouvoir les conserver.

Ce travail comporte en premier lieu une analyse de l'existant afin de déterminer la place réelle de ces nouvelles techniques dans les collections aujourd'hui. Nous nous concentrons par la suite sur les techniques les plus largement représentées, c'est à dire les tirages jet d'encre. L'objectif est d'une part d'apprendre à identifier ces nouvelles images et d'autre part d'en cerner les fragilités spécifiques, afin d'envisager des solutions de conservation et de restauration adaptées. L'identification nécessite dans un premier temps un effort de classification. Cette classification fondée sur la technique, ses matériaux constitutifs, son esthétique et son usage, doit permettre une approche typologique, de la même manière que pour la photographie traditionnelle¹. Une telle classification n'est cependant pas figée et doit évoluer pour intégrer les nouveaux produits et surtout rester à l'écoute d'une évolution rapide des usages.

L'étude bibliographique associée aux tests complémentaires réalisés dans le cadre de notre recherche appliquée décrivent la réaction des matériaux à certains facteurs de dégradation peu pris en compte par les tests de vieillissement artificiels courants, la sensibilité à l'abrasion et aux traces de doigts, par exemple. Ces informations sont importantes, notamment pour la conservation préventive des œuvres. Notre recherche appliquée propose par ailleurs une première évaluation des traitements de restauration envisageables sur ces techniques. Les échantillons soumis aux tests ont été réalisés auprès de laboratoires ou d'ateliers spécialisés dans la production d'impressions numériques et sont représentatifs des œuvres étudiées dans les collections ou caractéristiques d'une production courante.

La transmission des informations est assurée sous forme de fiches synthétiques regroupant les informations relatives à l'identification, la conservation préventive et la restauration. Enfin, pour répondre aux demandes récurrentes des responsables des collections, nous proposons un questionnaire technique simplifié destiné aux artistes au moment de l'acquisition des œuvres ainsi qu'une nomenclature pour la désignation des techniques d'impression numérique.

¹ Un premier travail important de classification des techniques d'impressions numériques a été réalisé par Martin Jürgens : se reporter à la bibliographie.

PARTENAIRES DE CETTE ÉTUDE

Arcp

L'Arcp, service chargé de la conservation et de la restauration des photographies de la Ville de Paris, est partenaire technique et scientifique, notamment pour l'accès aux ressources documentaires ainsi qu'aux appareils d'analyse des couleurs et de prise de vue (colorimètre, appareil photographique numérique haute définition). Interlocutrice : Anne Cartier-Bresson, conservatrice générale et directrice.

Fmac

La collection du Fonds municipal d'art contemporain de la Ville de Paris est représentative de la diversité des matériaux photographiques contemporains. Elle présente en outre l'avantage d'avoir déjà été identifiée techniquement, ce qui permet de construire cette recherche sur un acquis solide. Interlocutrice : Kristen Hély, chargée de la conservation des œuvres.

Inp :

L'Institut national du patrimoine est partenaire scientifique et pédagogique, notamment pour l'accès aux équipements de stéréomicroscopie et de microscopie photonique. Des analyses physico-chimiques d'identification visant à mieux caractériser les matériaux constitutifs des tirages pourront par ailleurs être effectués par le laboratoire. Interlocutrice : Marie-Christine Papillon, responsable du laboratoire scientifique.

LES AUTRES COLLABORATEURS

Section restauration des photographies de l'Inp : Anne Cartier-Bresson, responsable de section et les étudiants qui ont participé à mon séminaire de recherche : Aurélie Perreux, Antonin Riou, Fabien Cannarella, Dorothée Clermontel et Pauline Duyck.

Studio Bordas : Franck Bordas, directeur et Alice Tremblais, ingénieure image.

Jean-Paul Gandolfo : responsable du Laboratoire photographique de l'Ecole nationale supérieure Louis Lumière.

LES COLLECTIONS DE RÉFÉRENCE DE CETTE ÉTUDE

Fonds municipal d'art contemporain de la ville de Paris (Fmac) : interlocutrice, Kristen Hély, chargée de la conservation des œuvres.

Fonds national d'art contemporain (Fnac) : interlocutrice, Aude Bodet, inspecteur de la création artistique, chef du bureau des collections.

Musée d'art contemporain du Val de Marne (Mac Val) : interlocutrice, Diana Gay, attachée de conservation du patrimoine, chargée de l'étude et du développement de la collection.

Collection Neuflyze Vie : interlocutrice, Aline Pujo, conservatrice de la collection.

I. ANALYSE DE L'EXISTANT DANS LES COLLECTIONS

Il n'existe, à notre connaissance, aucune étude visant à évaluer la présence et la conservation des impressions numériques dans les collections. Evoquons néanmoins l'enquête effectuée par l'Image Permanence Institut (IPI)² en 2008 « Survey of Digital Print Experience » et dont l'objectif étaient d'évaluer le niveau de connaissance des institutions concernant l'identification et la conservation des *tirages numériques*³.

« Survey of Digital Print Experience » de l'Image Permanence Institut⁴

Les résultats de cette enquête réalisée auprès de musées, de bibliothèques et d'archives au niveau international montrent que la plupart des institutions patrimoniales conservent des tirages numériques dans leurs collections ou dans leurs archives mais que leurs équipes⁵ ne possèdent pas les informations et connaissances nécessaires pour les identifier et pour élaborer des politiques de conservation adaptées à ces nouveaux matériaux.

Confusion terminologique

Une grande confusion terminologique est mise à jour, en commençant par la définition de « digital print » (tirage numérique) qui ne désigne pas la même chose selon les interlocuteurs. Termes génériques, marques et jargon sont en outre confondus. De telle sorte qu'un « Giclée » se retrouve par exemple classé hors catégorie alors qu'il s'agit d'un tirage jet d'encre, pendant qu'un « Lambda » ou un « C-Print » ne sont pas toujours reconnus comme des tirages numériques photochimiques.

Notons cependant que l'intitulé de l'enquête entretient lui aussi une certaine ambiguïté dans la mesure où il inclut tous les tirages numériques, ce qui réclame une certaine vigilance de la part du lecteur : les résultats ne concernent pas les seules impressions numériques mais bien tous les tirages générés à partir d'un fichier numérique. Les papiers photosensibles sont par conséquent assimilés à la catégorie des « nouvelles techniques que nous ne connaissons pas et qu'il nous faut apprendre à identifier et à conserver » ; ce qui ne correspond pas tout à fait à la réalité. Nous connaissons en effet relativement bien les tirages numériques photochimiques et beaucoup moins bien les vraies nouvelles techniques que sont les tirages réalisés avec des imprimantes. L'important serait surtout de cesser de les confondre. L'ambiguïté du terme *tirage numérique*, entretenue par le marché de l'art, par certains fabricants et laboratoires de tirages pour rassurer l'usager méfiant à l'égard des impressions numériques, floute finalement toute la photographie contemporaine et dessert la production de qualité. C'est la raison pour laquelle il nous paraît fondamental d'assumer la création d'une catégorie « impression numérique » afin que les institutions puissent a minima distinguer un tirage numérique photochimique traditionnel (le tirage chromogène, par exemple, que les conservateurs-restaurateurs connaissent bien) d'un tirage numérique jet d'encre ou d'une électrophotographie et encourager ainsi l'amélioration des connaissances concernant ces derniers.

² L'IPI, situé à Rochester dans l'état de New York, est un centre spécialisé dans la recherche sur la conservation préventive des photographies. Les outils de conservation développés par cet institut font référence auprès des collections et des professionnels de la conservation-restauration. L'IPI mène actuellement le projet DP3, consacré à la recherche sur la stabilité des impressions numériques, et financé par la Andrew W. Mellon Foundation et l'Institut for Museum and Library Services : <http://www.dp3project.org/>

³ Nous verrons plus bas que la notion de tirage numérique est plus large que celle d'impression numérique.

⁴ Les résultats de cette enquête sont évoqués dans BURGE et al. 2009a et 2009b.

⁵ Ont été consultés : des conservateurs, des restaurateurs, des attachés de conservation, des régisseurs, des spécialistes de l'exposition.

Etat de conservation

Plus de 70% des institutions déclarent avoir relevé des dégradations sur les tirages numériques. Les dégradations évoquées sont les suivantes :

Dégradations mécaniques	rayures et abrasions de la surface de l'image	42%
	craquelures ou délamination de la couche image	12%
	tirages collés ensemble	21%
Dégradations chimiques	affaiblissement de l'image ou du texte	41%
	jaunissement du papier	30%
	diffusion ou transfert des encres	23%
Aucune dégradation constatée		29%

La lecture de ces chiffres réclame là encore vigilance et interprétation : si les cas de diffusion-transfert de l'encre sont des dégradations spécifiques aux impressions numériques, les autres altérations, et notamment les affaiblissement et jaunissement, peuvent toucher un tirage chromogène (tirage photochimique traditionnel).

Revenons maintenant à l'existant étudié dans le cadre de ce travail soutenu par le Cnap.

Les collections du Fmac, Fnac, Mac Val et Neuflyze Vie

Ces collections confirment la confusion terminologique évoquée par l'enquête de l'IPI et la nécessité de mettre en place un travail rigoureux d'identification technique des photographies contemporaines. Les expériences de ces quatre collections reflètent à ce titre les difficultés rencontrées par les institutions patrimoniales françaises dans leur ensemble, difficultés soulignées depuis quelques années par les professionnels de la photographie⁶, du marché de l'art contemporain et de la conservation⁷.

Précisons que le Fmac a maintenant remédié à ce problème en demandant aux restaurateurs de l'ARCP de procéder à l'expertise technique de toutes ses photographies ; ce travail incluant l'identification, l'évaluation des fragilités ainsi que des recommandations concrètes et ciblées pour la conservation⁸.

Fmac / Ville de Paris

Cette collection municipale d'art contemporain comporte à ce jour environ 210 photographies dont 9% sont des impressions numériques. Les principales techniques représentées par ordre d'importance quantitative sont les suivantes :

- tirage jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton
- tirage jet d'encre pigmentaire multicouches sur papier RC
- tirage jet d'encre à solvants
- électrophotographie (impression laser et photocopie)
- tirage jet d'encre à base de colorant plastifié ou pas

⁶ GANDOLFO, 2008 ; TREMBLAIS, 2007, p. 37 et 38.

⁷ BURGE et al. 2009a et 2009b ; CARTIER-BRESSON, 2008b ; PLOYE, 2008 ; ainsi que les divers témoignages et questions de responsables de collections – et de restaurateurs – qui nous ont été soumis depuis quelques années, notamment dans le cadre de cette recherche.

⁸ PLOYE et al. 2009b.

Les tirages jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton sont très largement majoritaires. Les plus anciennes impressions numériques de la collection datent de 1998 (jet d'encre à base de colorants plastifié, Xavier Veilhan, Les ingénieurs) et 2000 (tirage Iris – jet d'encre à base de colorant – sur papier pur coton, Bernard Crespín, Autoportrait I) ; la grande majorité des tirages jet d'encre date des années 2000.

La majorité des dégradations constatées sont de nature mécanique : abrasions, rayures, lacunes, décollement du support, ainsi que diverses salissures : encrassement, empreintes de doigts. Des problèmes de montage sont par ailleurs constatés sur quelques tirages, notamment lorsque les artistes privilégient un mode de présentation « brut », sans montage ni encadrement protecteurs.

Collection Neuflize Vie

Cette collection contemporaine d'entreprise comporte à ce jour environ 700 photographies parmi lesquelles environ 8% sont des tirages jet d'encre avec certitude. Les techniques représentées par ordre d'importance quantitative sont les suivantes :

- tirage jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton
- tirage jet d'encre à base de colorants
- jet d'encre à solvants sur toile/bâche brillante
- électrophotographie (photocopie)

Les tirages jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton sont très largement majoritaires. Les autres techniques listées ici sont des cas isolés. La grande majorité des tirages jet d'encre date des années 2000.

Les œuvres que nous avons étudiées sont globalement en très bon état, probablement car elles sont le plus souvent protégées sous cadre et verre, ou par un film en plastique qui réduit la fragilité mécanique inhérente aux tirages jet d'encre pigmentaire.

La collection Neuflize Vie témoigne en outre de deux cas notoires d'instabilité chimique de tirages ayant entraîné des retirages. Dans le premier cas, il s'agissait d'une série de tirages jet d'encre à base de colorants dont l'équilibre des couleurs avait gravement basculé, vraisemblablement sous l'action de la lumière et des polluants. Cette série prématurément dégradée a été remplacée, à la demande de l'artiste, par des tirages jet d'encre pigmentaire plus stables chimiquement. Le second cas de dégradation chimique prématurée concerne une technique de tirage photochimique argentique que l'artiste a remplacé par des tirages jet d'encre pigmentaires de sa propre production.

Fnac

Les photographies du Fnac étudiées dans le cadre de cette recherche correspondent aux acquisitions 2004-2008, ce qui représente 247 photographies numériques dans la base de données des collections⁹, dont 128 sont des impressions numériques.

Les principales techniques représentées par ordre d'importance quantitative sont les suivantes :

- tirage jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton
- tirage jet d'encre pigmentaire sur papier baryté
- tirage jet d'encre Iris à base de colorants
- tirage jet d'encre à solvants

⁹ Il s'agit uniquement des tirages dont la dénomination pouvait laisser supposer une technique d'impression numérique : c'est à dire le terme « numérique » (par exemple, tirage numérique couleur) ou bien plus clairement « jet d'encre », etc. Le nombre total des photographies acquises entre 2004 et 2008 par le Fnac est par conséquent supérieur à 247 photographies.

- tirages jet d'encre pigmentaire sur papier RC
- électrophotographie

Les tirages jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton sont très largement majoritaires. Les papiers barytés intègrent la collection depuis 2008 ; les tirages Iris sont bien représentés ainsi que les techniques plus industrielles comme le jet d'encre à solvants, sur différents supports.

La majorité des dégradations constatées sont de nature mécanique : abrasions, rayures, dégradations provoquées par un contrecollage en plein (matités, bulles, décollement du support), empoussièrement et empreintes de doigts.

Mac Val

Le Musée d'art contemporain du Val de Marne conserve environ 570 photographies dont 13 sont des impressions numériques. A noter que la collection a été constituée pour une large part avant les années 1990, décennie durant laquelle les techniques d'impression numérique commencent à entrer dans les collections ; ce qui explique la faible représentation de ces nouvelles techniques dans cette collection.

Les techniques représentées sont les suivantes :

- tirage jet d'encre pigmentaire sur papier RC
- tirage jet d'encre à base de colorants sur papier RC
- tirage jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton

Les quelques dégradations constatées sont de nature mécanique : abrasions (marques d'ongles), décollement du support, empoussièrement, empreintes de doigts. Un jaunissement de nature chimique en bordure d'image a été identifié sur un tirage jet d'encre à base de colorant sur papier RC datant de 2003.

Conclusions de l'analyse des collections

Les techniques présentes

Une grande diversité de techniques jet d'encre est constatée. Parmi ces techniques, les tirages jet d'encre pigmentaires sur différents types de papiers pur coton dominant largement. Les papiers barytés sont quant à eux bien représentés depuis 2008 mais restent minoritaires. Les autres techniques de jet d'encre sont représentées de manière plus anecdotique (tirage jet d'encre Iris à base de colorants, tirage jet d'encre pigmentaire sur papier RC, tirage jet d'encre à solvants, etc.).

Les autres techniques d'impression numérique sont très faiblement représentées : quelques électrophotographies, aucun tirage par sublimation thermique.

D'un point de vue esthétique, la présence majoritaire de tirages pigmentaires sur papiers de type aquarelle et de techniques jet d'encre industrielles sur différents supports montre que les artistes représentés dans ces collections en 2010 utilisent ces procédés pour leur potentiel créatif nouveau. En effet, s'il s'agissait de remplacer le support photochimique traditionnel, à moindre coût pour une esthétique identique, d'autres techniques existant sur le marché auraient été privilégiées (tirage jet d'encre sur papier RC et baryté, sublimation thermique, Pictrographie, dont le rendu est plus « photographique » dans l'ancien sens du terme).

Les problèmes rencontrés par les collections

- Les collections sont rarement identifiées techniquement ce qui ne permet pas de préciser les mesures de conservation spécifiques nécessaires aux différentes techniques photographiques contemporaines.
- Plus largement, et de manière récurrente, les responsables de collections regrettent leur manque de connaissances sur les matériaux photographiques contemporains.
- Pour l'instant, les dégradations les plus fréquentes sont inhérentes à la fragilité mécanique des tirages jet d'encre.

Les demandes des collections

- La demande la plus récurrente est une nomenclature pour la désignation des techniques d'impression numérique (et de manière générale de toutes les techniques photographiques contemporaines) afin d'introduire une terminologie cohérente dans les bases de gestion des collections et sur les cartels d'exposition.
- Quelques chargés de collections souhaitent par ailleurs savoir qu'elles sont les informations techniques indispensables qu'ils doivent demander aux artistes lors de l'acquisition des œuvres.
- Enfin, des conseils de conservation ciblés, pour des œuvres spécifiques posant problème, nous ont été demandés.

Cette analyse de l'existant nous a permis de centrer notre travail sur les besoins réels des collections, en nous attachant plus particulièrement à améliorer les connaissances en matière conservatoire pour les techniques les plus représentées et en essayant de transmettre ces connaissances de la manière la plus claire et efficace possible.

2. LES IMPRESSIONS NUMÉRIQUES DE QUALITÉ PHOTOGRAPHIQUE

2.1. Les impressions numériques : généralité

Les impressions numériques font leur entrée dans la production photographique avec l'introduction de la photographie numérique au cours des années 1990.

Un fichier image, qu'il soit issu d'un appareil photographique numérique (APN), d'une photographie analogique numérisée (scan) ou d'une création sur ordinateur, peut techniquement prendre forme matérielle au moyen de deux filières de tirage. Le schéma de l'annexe n°1, proposé en 2008 dans le *Vocabulaire technique de la photographie*, présente les diverses techniques de tirages propres à chaque filière numérique.

- La première est la filière de tirage sur des papiers photosensibles. Ces derniers font appel à des réactions photochimiques pour produire des photographies monochromes ou en couleurs. Toutes les techniques photographiques depuis l'invention de la photographie reposent sur ce principe, c'est pourquoi cette filière est aujourd'hui souvent qualifiée de « traditionnelle ». Aujourd'hui, le support photosensible est le plus souvent exposé à la lumière d'un rayon laser sur des imageurs numériques, puis traité chimiquement pour faire apparaître image et couleurs latentes.

- La seconde filière est celle de l'impression numérique. Son principe de base est de déposer de l'encre sur un support, généralement du papier, qui lui n'a plus besoin d'être photosensible.

Les techniques de jet d'encre offrent une large palette de qualité d'image, allant de l'imitation parfaite, ou presque, de la photographie traditionnelle à des esthétiques et créations plus innovantes, par exemple les tirages pigmentaires sur papier pur coton qui ont une esthétique spécifique. Le jet d'encre, sous ses différentes formes, est aujourd'hui la technologie la plus répandue dans tous les secteurs : amateur, artistique et industriel.

L'électrophotographie est également une technique d'impression numérique très prometteuse qui élargit le champ des possibles dans la création photographique et notamment dans la production de livres d'artistes. Cette famille englobe toutes les techniques faisant appel au principe d'un toner attiré sélectivement par des charges plus ou moins électrostatiques et déposé sur un papier : la photocopieuse, l'imprimante laser et la presse numérique sont des systèmes électrophotographiques.

Enfin, la sublimation thermique, le thermo-autochrome et plus récemment le l'impression directe thermique ZINK™, adopté notamment par Polaroid pour son nouvel appareil numérique instantané PoGo™, s'inscrivent plus dans une logique d'imitation de la photographie traditionnelle.

2.2. Le tirage jet d'encre de qualité photographique

Il existe aujourd'hui cinq grandes catégories de jet d'encre procurant des impressions dites de « qualité photo », c'est à dire procurant une définition et un rendu des couleurs suffisamment riches pour restituer la finesse et la richesse d'une image couleur en demi teintes. Leur qualité image est cependant variable en fonction de leur domaine d'application.

- **Le jet d'encre aqueuse** : cette technique est la plus représentée dans la création artistique (depuis les années 1990 et jusqu'à aujourd'hui) car elle permet d'obtenir une très bonne qualité image (grande finesse de la goutte d'encre et haute définition). Notre recherche se concentre essentiellement sur cette branche du jet d'encre.

Les encres sont composées de matière colorée organique dispersées dans un véhicule composé majoritairement d'eau. Les particules colorantes peuvent être des colorants ou des pigments. Les encres à base de colorants sont globalement moins résistantes aux agressions chimiques que les pigments. En effet, les colorants sont constitués de molécules plus petites que les pigments, et donc plus vulnérables. Les colorants peuvent également diffuser sous l'effet de l'eau (ou d'autres liquides) et parfois simplement sous l'effet d'une humidité élevée. En revanche, les pigments sont généralement plus fragiles à l'abrasion que les colorants, car ces derniers pénètrent mieux la couche réceptrice. D'un point de vue esthétique, les colorants permettent d'obtenir une gamme de couleurs (gamut) plus riche en CMJN que les pigments. Aujourd'hui, les systèmes de tirages de qualité professionnelle privilégient le plus souvent les encres pigmentaires du fait de leur stabilité. La gamme des couleurs est améliorée en multipliant les couleurs d'encre : certaines imprimantes sont aujourd'hui équipées de douze cartouches d'encre de couleur différente.

Le jet d'encre aqueuse existe sous différentes formes que l'on peut schématiser de la manière suivante (en vert souligné : les techniques concernées par la recherche appliquée présentée en troisième partie de ce travail) :

- Le jet d'encre continu IRIS
 - matière colorée : colorants
 - supports : papiers pur coton pour le « fine art », papier couché pour l'épreuve, autres supports souples possible.
- Le jet d'encre goutte à la demande
 - matière colorée
 - colorants
 - pigments
 - tête d'impression
 - piézoélectrique
 - thermique
 - support
 - papiers pur coton pour tirage « fine art »
 - couche d'enduction réceptrice de l'encre
 - papiers barytés pour tirages « fine art » depuis 2007
 - couche réceptrice microporeuse (mieux adaptée aux encres pigmentaires)
 - papiers couchés simples (pour la bureautique)
 - papiers multicouches sur support papier ou plastique (pour le marché amateur, semi-professionnel et professionnel)

- couche réceptrice microporeuse (mieux adaptée aux encres pigmentaires)
- couche réceptrice à base de polymère (mieux adaptée aux encres à base de colorants)
- Toiles synthétiques ou naturelles
 - avec ou sans couche réceptrice
- Papiers en fibres synthétiques
 - avec ou sans couche réceptrice

- **Le jet d'encre à solvants** : cette technique est destinée à la production industrielle d'impressions grand format, par exemple pour des bâches extérieures. L'usage artistique des techniques d'encre à solvants se développe¹⁰ pour des œuvres monumentales et/ou lorsque les artistes recherchent une esthétique plus industrielle, plus brute, moins « fine art ».

La qualité image des techniques de jet d'encre à solvant est inférieure à celle du jet d'encre aqueuse : la goutte d'encre est plus grossière, la définition plus basse dans la mesure où l'image est destinée à être vue à distance. L'avantage de ces encres est d'être plus résistantes à l'abrasion et à l'humidité : elles sont insolubles dans l'eau et pénètrent le support lors de l'impression. Elles sont donc bien fixées à leur support. Développées prioritairement pour l'accrochage événementiel, leur tenue aux UV dépend de la nature de la matière colorante (pigments ou colorants). De manière générale, plus les solvants utilisés sont « lourds » et toxiques, mieux ils pénètrent le support et meilleure est leur résistance. Les imprimantes faisant appel à des écosolvants développés ces dernières années sont quant à elles composées de solvants moins toxiques. Ces encres résistent cependant moins bien à l'abrasion que les encres composées de solvants « lourds », leur tenue aux UV reste variable.

Quoi qu'il en soit, les techniques de jet d'encre à solvants « lourds » ou « légers » sont appelées à être remplacées par des technologies moins polluantes, comme par exemple les encres dites « latex ».

- **Le jet d'encre aqueux pigmentaire latex** : cette nouvelle technologie d'impression lancée par la société HP en 2008 connaît aujourd'hui un développement considérable dans le secteur de l'impression grand format, notamment celui occupé par les techniques à solvants et écosolvants (segment commercial et industriel). Selon les annonceurs, les performances de ces nouvelles encres seraient comparables à celles des encres à solvants, tout en étant parfaitement écologiques, car sur base aqueuse. L'image finale est constituée de pigments encapsulés dans du latex fixé sur le support.

- **Le jet d'encre pigmentaire à polymérisation UV** : il s'agit d'une technologie d'impression directe à plat également destinée essentiellement aux tirages grands formats. Elle a la particularité de déposer directement les encres pigmentaires sur tous types de supports, rigides ou souples. Le séchage/fixage des encres sur le support est assuré par polymérisation sous rayonnement ultra-violet. Cette technique semble être également appelée à se développer dans le champ artistique¹¹.

- **Le jet d'encre solide** : cette technique proposée par la marque Xerox est réservée au secteur bureautique. Si l'aspect très particulier (matière colorée à base de cire) de cette technique est propre à intéresser certains artistes, nous n'avons cependant recensé à ce jour aucune œuvre réalisée en jet d'encre solide dans les collections.

¹⁰ JÜRGENS, 2009.

¹¹ *Ibid.*

3. RECHERCHE APPLIQUÉE : FRAGILITES ET RESTAURATION DE TIRAGES JET D'ENCRE PIGMENTAIRE SUR PAPIERS PUR COTON ET SUR PAPIERS BARYTES

Objectif

L'objectif de cette recherche appliquée est d'évaluer les fragilités des tirages « fine art » sur papiers pur coton et sur papiers barytés et de délimiter les possibilités de traitements de conservation-restauration.

Remarque : ces tests viennent compléter ceux effectués dans le cadre des séminaires proposés aux étudiants restaurateurs de l'Inp. Ces travaux et leurs résultats sont présentés dans : Françoise Ploye, Aurélie Perreux, Fabien Cannarella et Antonin Riou, *Séminaires sur l'identification et la conservation des impressions numériques à l'Institut national du patrimoine. Compte rendu des travaux effectués en 2007 et 2008*, Paris, <http://francoise.ploye.free.fr/publications.html>, 2009. Ce compte rendu est consultable en annexe n°2.

Echantillons

Les échantillons testés ont été réalisés avec des imprimantes et des papiers utilisés sur le marché professionnel¹² ce qui les rend représentatifs des techniques présentes dans les collections et/ou actuellement utilisées par les artistes.

Les échantillons soumis aux tests sont les suivants :

- Cinq tirages réalisés sur des papiers pur coton. Tous comportent une couche d'enduction minérale dont le rôle est de fixer l'encre en surface pour empêcher sa diffusion dans les fibres du papier. La composition précise des couches réceptrices n'est généralement pas indiquée par le fabricant. Elle peut être composée de carbonate de calcium ou de dioxyde de titane dans un polymère synthétique (poly-vinylalcool) ou naturel (amidon) ou encore composée (plus récemment ?) de silice ou d'alumine¹³. Les couches d'enduction de deux des cinq échantillons (échantillons C et D), analysés par le laboratoire de l'Inp, sont quant à eux constitués de silice¹⁴ (illustrations 1 et 2).

Les surfaces choisies sont représentatives de ce que le marché proposait au début de cette recherche (2008-2009) : surface très lisse (ultra smooth) ne présentant aucun grain, surface à grain fin et enfin surface à grain important, texturé (pour un rendu « art graphique »).

¹² Les tirages testés ont été réalisés par le Studio Franck Bordas ; Jean-Paul Gandolfo, responsable du Laboratoire photographique de l'Ecole nationale supérieure Louis Lumière ; Jean-Philippe Boiteux, responsable de la section reproduction à l'Atelier de restauration et de conservation des photographies de la Ville de Paris.

¹³ JÜRGENS, 2009, p. 91-92.

¹⁴ Microanalyses élémentaires MEB/EDS.

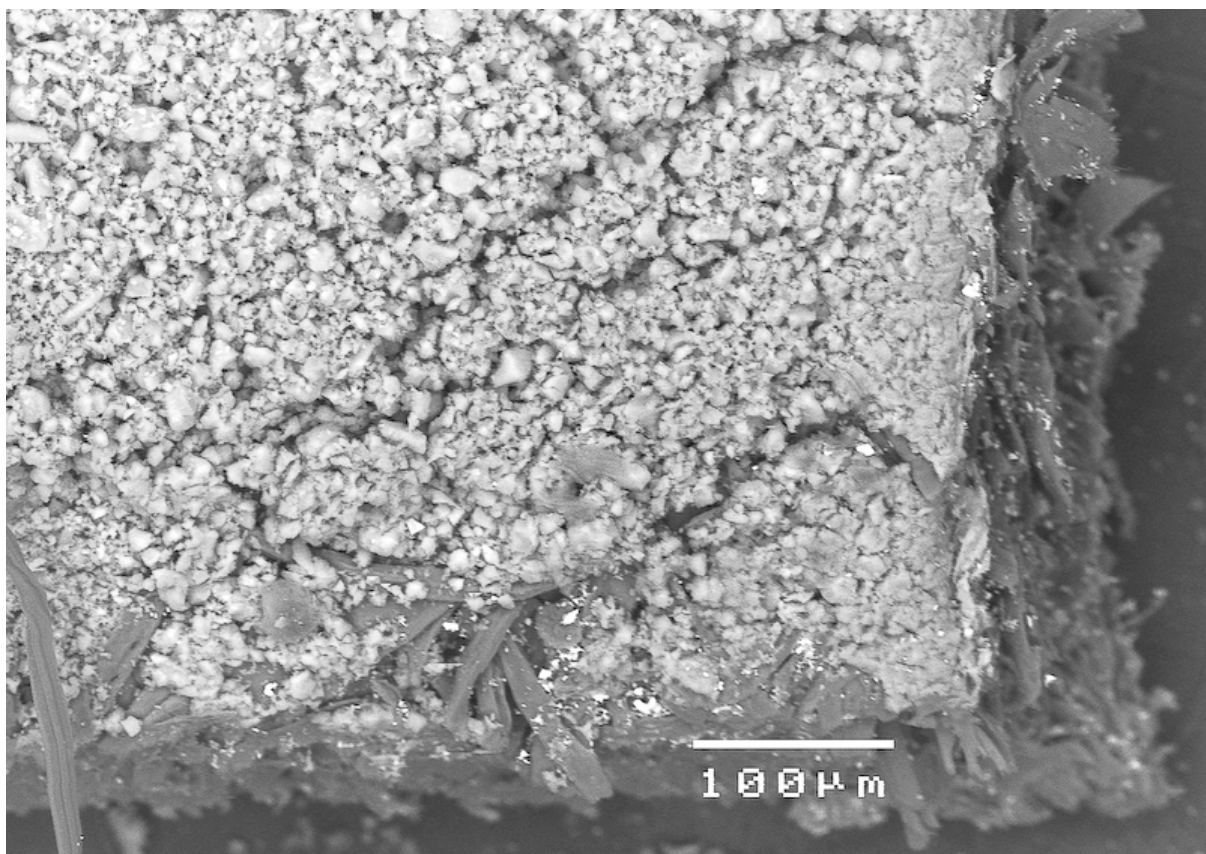


Illustration 1 : la couche réceptrice de l'échantillon D, un papier pur coton mat : particules de silice sur lesquelles l'encre se dépose vues au MEB. (photo et analyse : laboratoire de l'Inp)

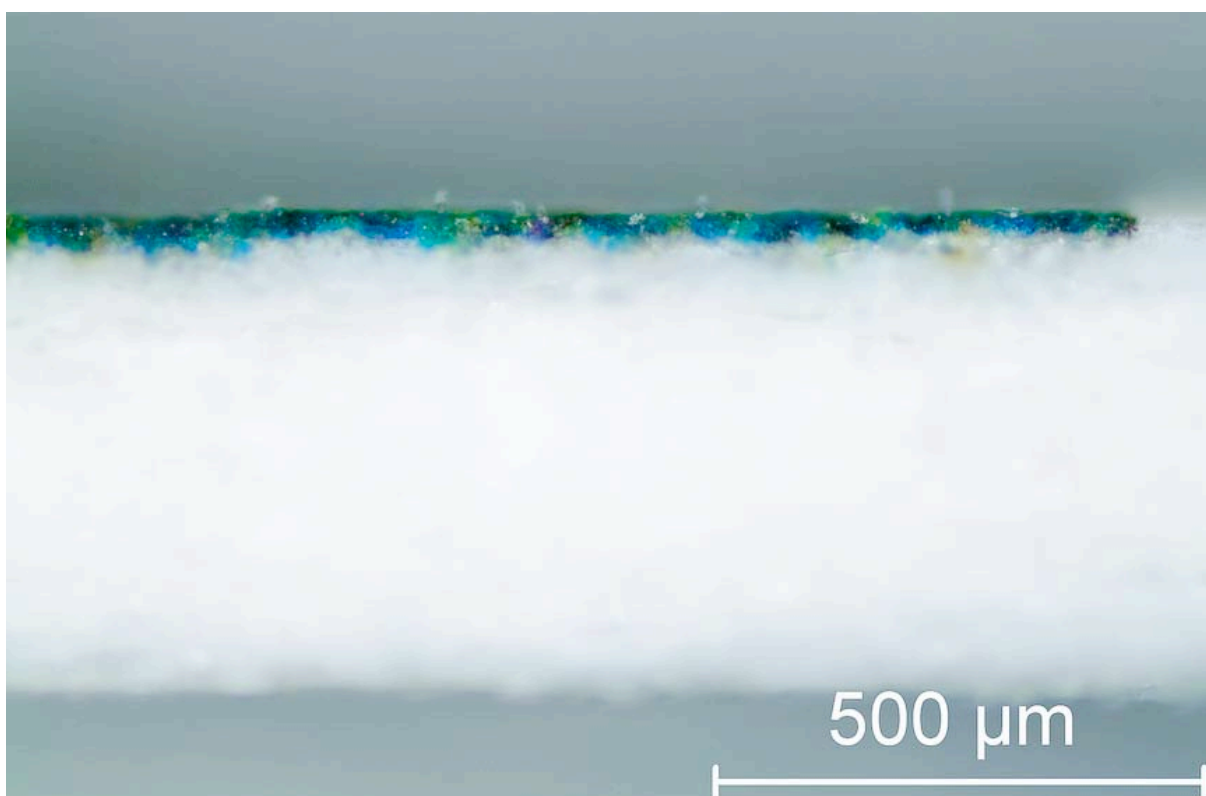


Illustration 2 : stratigraphie (coupe) du même échantillon, on voit l'encre déposée en surface sur la couche réceptrice. (photo : F. Ploye)

- Six tirages sur papiers barytés, dont cinq sont brillants et un ultra mat. Ces papiers sont composés de trois couches : le support en papier pur coton, une couche intermédiaire blanche composée de sulfate de baryum ou d'un pigment blanc dans un liant et enfin la couche réceptrice minérale microporeuse destinée à recevoir des encres pigmentaires.
- Les papiers sont de marque Hahnemühle, Harman, Fuji et Epson. - Les imprimantes utilisées pour réaliser ces tirages fonctionnent avec des têtes d'impression piézoélectrique (Epson) ou thermique (Canon). Les encres sont pigmentaires.
- Les échantillons ont été réalisés avec des paramètres d'impression et de séchage constants correspondant a minima aux recommandations des fabricants.
- Les images imprimées sont figuratives (il ne s'agit pas de patch de couleurs homogènes) et comportent des charges plus ou moins importantes de pigments correspondant aux motifs de l'image.

Le tableau ci-dessous présente les onze variétés de tirages testés et leurs principales caractéristiques¹⁵ :

Echantillons	Type de jet d'encre	Type de papier	Surface image	Azurants optiques
A	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	baryté	brillante	non
B	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	baryté	brillante	oui
C	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	pur coton	mate, très lisse	un peu
D	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	pur coton	mate, texturée	un peu
E	jet d'encre pigmentaire thermique	baryté	brillante	non
F	jet d'encre pigmentaire thermique	baryté	brillante	oui
G	jet d'encre pigmentaire thermique	pur coton	mate, très lisse	oui
H	jet d'encre pigmentaire thermique	pur coton	mate, texturée	oui
I	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	baryté	brillante	oui
J	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	baryté	mate	?
K	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	pur coton	mate, légèrement texturée	un peu

¹⁵ Il s'agit ici bien entendu non pas du nombre d'échantillons mais bien des onze variétés de tirages testées. Pour chaque variété, plusieurs échantillons identiques ont été réalisés pour nos différents tests.

Protocole de tests

Les onze variétés de tirages ont été soumises à quatre catégories de tests : humidification / mise à plat ; nettoyage à sec et sensibilité à l'abrasion ; pose de charnières pour le montage ; sensibilité aux solvants.

Les protocoles choisis ont pour objectif de se rapprocher au mieux de situations réelles de conservation (stockage, manipulation, etc.) et de restauration (traitements potentiels), avec les variables qu'elles peuvent comporter.

3.1. Tests d'humidification / mise à plat

Finalité : les photographies, qu'il s'agisse de tirages photochimiques ou d'impressions numériques, présentent souvent des déformations et de gondolements qui peuvent nécessiter une mise à plat, afin d'en permettre notamment le montage. Cette mise à plat nécessite d'une part une humidification assez conséquente qui permet la relaxation du tirage et d'autre part sa mise à plat sous poids pendant plusieurs semaines. Humidification et mise sous poids sont des traitements qu'il convient de tester afin de s'assurer de leur innocuité vis à vis des œuvres. Les tests précédemment effectués ont montré que ce type de tirage pourrait résister par une humidification simple, sans frottement¹⁶. En revanche, l'association humidification + mise sous poids pourrait s'avérer néfaste, car elle implique un apport d'eau de longue durée associé à une contrainte mécanique non négligeable. L'humidification prolongée peut provoquer une solubilisation des matériaux constitutifs (liant, encre, azurant optique, etc.). La mise à plat peut quant à elle modifier la structure de surface (écrasement du grain, etc.).

Mise en œuvre :

- humidification pendant 90 minutes sous membrane Sympatex® et intissés de polyester (Bondina® épais au recto et Cokon® au verso).
- mise à plat : les intissés humidifiés avec les échantillons ont été conservés, le tout a été séché entre quatre buvards neufs (deux buvards au recto et deux buvards au verso) et 22 kg de poids. Les buvards ont été retournés à J+1 et J+2.

Evaluation des effets :

- évaluation visuelle à l'œil nu et à la loupe binoculaire afin de repérer d'éventuelles dégradations sur les tirages suite au traitement de mise à plat : arrachages / lacunes de la couche image / modifications de l'état de surface / modifications de la forme des gouttes. L'évaluation visuelle est effectuée en comparant l'échantillon qui a subi le traitement avec son équivalent témoin.
- mesures colorimétriques avant et après traitement afin de repérer d'éventuels décalages de couleurs. Mesures dans l'espace colorimétrique CIE Lab (illustrations 3 et 4).

¹⁶ Cf. PLOYE et al. 2009a.



Illustrations 3 et 4 : colorimétries réalisées à l'Arcep sur les échantillons avant et après traitement d'humidification / mise à plat. (photo : F. Ploye)

Résultats et interprétation :

- La comparaison visuelle des échantillons avec leur témoin respectif permet de déceler de légères modifications dans l'apparence de l'image de quelques tirages (I et plus subtilement B et F). Les changements semblent plus marqués sur les papiers barytés : perte de l'impression de blancheur du papier, aspect global plus jaune ou plus gris qui peut donner une impression de perte de contraste. Notons que les modifications constatées seraient plus difficilement détectables, voire indétectables, par notre mémoire visuelle en situation réelle de traitement ; situation dans laquelle la seule référence est l'œuvre originale, sans comparaison possible avec un témoin de référence. Les changements d'aspect de l'image constatés ici ne sont par conséquent pas sensibles au point de considérer l'image comme « détruite » et ne peuvent probablement pas être mis en évidence par une documentation photographique courante « avant / après traitement »¹⁷.
- Aucune modification flagrante de la balance des couleurs (sauf éventuellement l'échantillon I qui semble avoir jauni) ou de la densité n'a été constatée.
- L'état de surface reste inchangé, sauf pour un type de papier baryté brillant qui présente un réseau de craquelures sur deux variétés de tirages (A et B) (illustration 5).

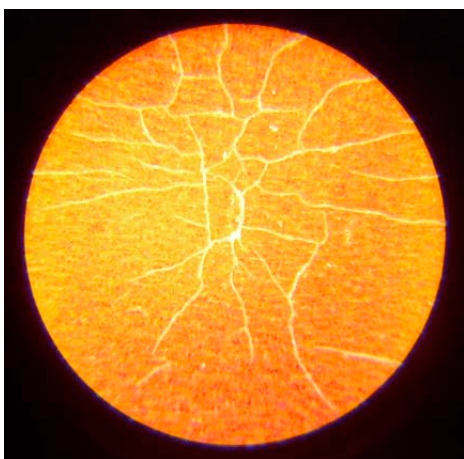
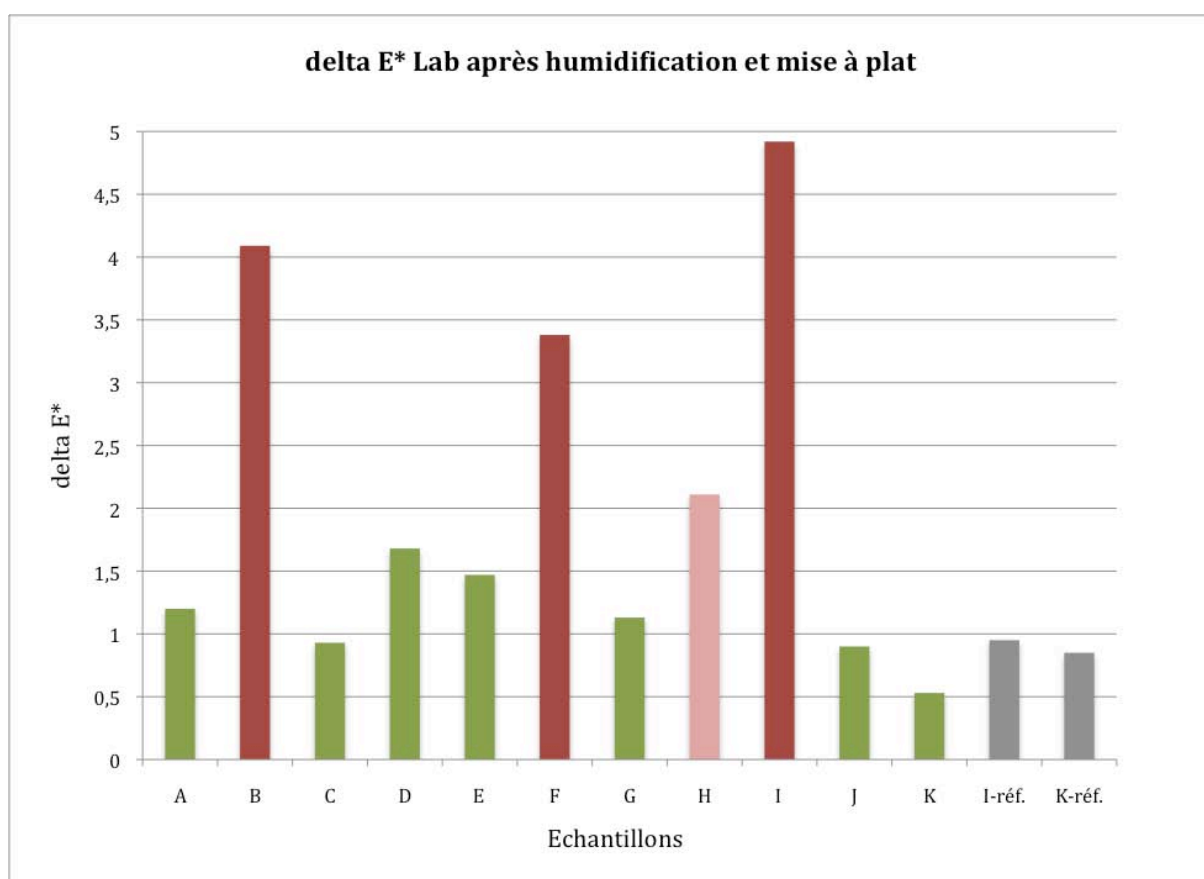


Illustration 5 : le réseau de craquelures constaté sur deux tirages, réalisés sur un même papier baryté brillant, suite au traitement d'humidification / mise à plat. Grossissement 30x. (photo : F. Ploye)

¹⁷ Exception faite, peut-être, des deux cas les plus flagrants dont le ΔE^* est supérieur à 4 : cf. résultats de mesures colorimétriques ci-dessous.

- Les mesures colorimétriques donnent les résultats suivants :



Graphique 1 : les écarts les plus notables sont constatés sur les papiers barytés comportant des azurants optiques et une couche intermédiaire constituée non pas de vraie « baryte » (sulfate de baryum) mais d'un pigment blanc.

Remarque : la marge d'erreur du protocole de mesure peut atteindre $\Delta E^* = 1$ (cf. le ΔE^* des échantillons de référence n'ayant pas été soumis au traitement de mise à plat – en gris sur le graphique). Nous considérons par conséquent que l'échantillon a subi avec certitude des modifications lorsque $\Delta E^* > 2^{18}$; ceci afin que la modification, bien qu'encore indétectable à l'œil, ne fasse aucun doute.

- Les modifications les plus notables sont constatées sur les tirages B, F, et I. Ces échantillons sont tous des papiers barytés brillants très blancs (effet papier photographique marqué) qui comporteraient a priori une dose importante d'azurant optique et dont la couche intermédiaire dite « barytée » n'est pas constituée de sulfate de baryum. Les écarts sont très marqués dans les blancs (dans les zones non encrées).

Hypothèse I : l'humidification a dégradé l'azurant optique, provoquant ainsi une modification de la perception de l'image qui paraît plus « jaune ».

Hypothèse II : l'humidification a dégradé la couche intermédiaire et son pigment blanc, provoquant le même effet que dans la première hypothèse.

Hypothèse III : effets conjoints des hypothèses I et II.

¹⁸ La marge d'erreur maximale du protocole de mesure utilisé est de $\Delta E^* = 1$ dans les zones d'image hétérogènes et de $\Delta E^* = 0,5$ dans les zones homogènes. Une possibilité de réduction de cette marge d'erreur serait de préparer des échantillons comportant des plages de couleurs homogènes.

- Les modifications notables concernent les deux types d'encre : le système d'encre pigmentaire piézoélectrique Epson et le système pigmentaire thermique Canon.
- La présence d'azurant optique sur les papiers pur coton ne semble pas favoriser les écarts de couleurs avant et après traitement d'humidification / mise à plat.

Conclusion des effets du traitement d'humidification / mise à plat

- Dans le cadre de notre protocole de tests, et sur les échantillons testés, un traitement d'humidification / mise à plat semble envisageable sur les papiers pur coton et plus risqué sur certains papiers barytés. En effet, les écarts les plus notables sont constatés sur les papiers barytés comportant des azurants optiques et une couche intermédiaire constituée non pas de vraie « baryte » (sulfate de baryum) mais d'un pigment blanc. Aucune modification notable n'a été constatée sur les autres papiers barytés.
- Un type de papier baryté présente quelques craquelures dans la couche réceptrice.
- Les faibles modifications de couleur ne semblent pas perceptibles à l'œil. Sur nos échantillons, nous percevons un écart avant/après traitement de manière certaine à partir d'un $\Delta E^* = 4-5$.

3.2. Tests de nettoyage à sec et de sensibilité à l'abrasion

Finalité

Les précédents tests¹⁹ ont montré la grande fragilité des tirages jet d'encre à l'abrasion. Une fragilité qui exclut d'emblée un grand nombre de traitements de restauration, notamment des nettoyages qui peuvent provoquer des abrasions sur les surfaces fragiles. Il s'agit par conséquent d'évaluer dans quelle mesure les tirages jet d'encre peuvent « résister » à des traitements de nettoyage à sec impliquant les contraintes mécaniques très légères et des risques d'abrasion faibles.

La surface des tirages jet d'encre « marque » beaucoup à l'ongle. L'encre est brunie, ou étouffée, sous l'action de l'ongle ou de tout autre objet dur et lisse. Il en résulte des traces brillantes ou mates à la surface des images. Nous avons poursuivi le test de « sensibilité à l'ongle » afin de constater les progrès éventuels des fabricants pour remédier à ce problème récurrent.

Mise en œuvre

La mise en œuvre de ces tests est la suivante :

- Très léger dépoussiérage avec un pinceau japonais très doux en poils de brebis (Baké Nakasato, fournisseur Stouls).
- Léger dépoussiérage avec un tissu microfibres synthétiques Kinetronics très doux (fournisseur Stouls).
- Léger dépoussiérage avec une balle de coton (petits mouvements circulaires).
- Léger gommage avec de la gomme finement râpée Staedtler Mars Plastic® (petits mouvements circulaires avec une balle de coton).
- Abrasion à l'ongle : frottement rapide et sec d'un ongle contre la surface.

¹⁹ Cf. PLOYE et al. 2009a.

Evaluation des effets

Les résultats ont été appréciés visuellement²⁰ et qualitativement : changement d'aspect de surface (matité, brillance, rayures, abrasions), perte de matière colorée et enfin éventuel transfert d'encre sur les matériaux mis en contact.

Sont considérés comme satisfaisants les résultats ne présentant aucune modification visible à l'œil nu et à la loupe binoculaire.

La sensibilité est évaluée suivant l'échelle suivante :

0. nulle
1. faible
2. moyenne
3. importante
4. extrême

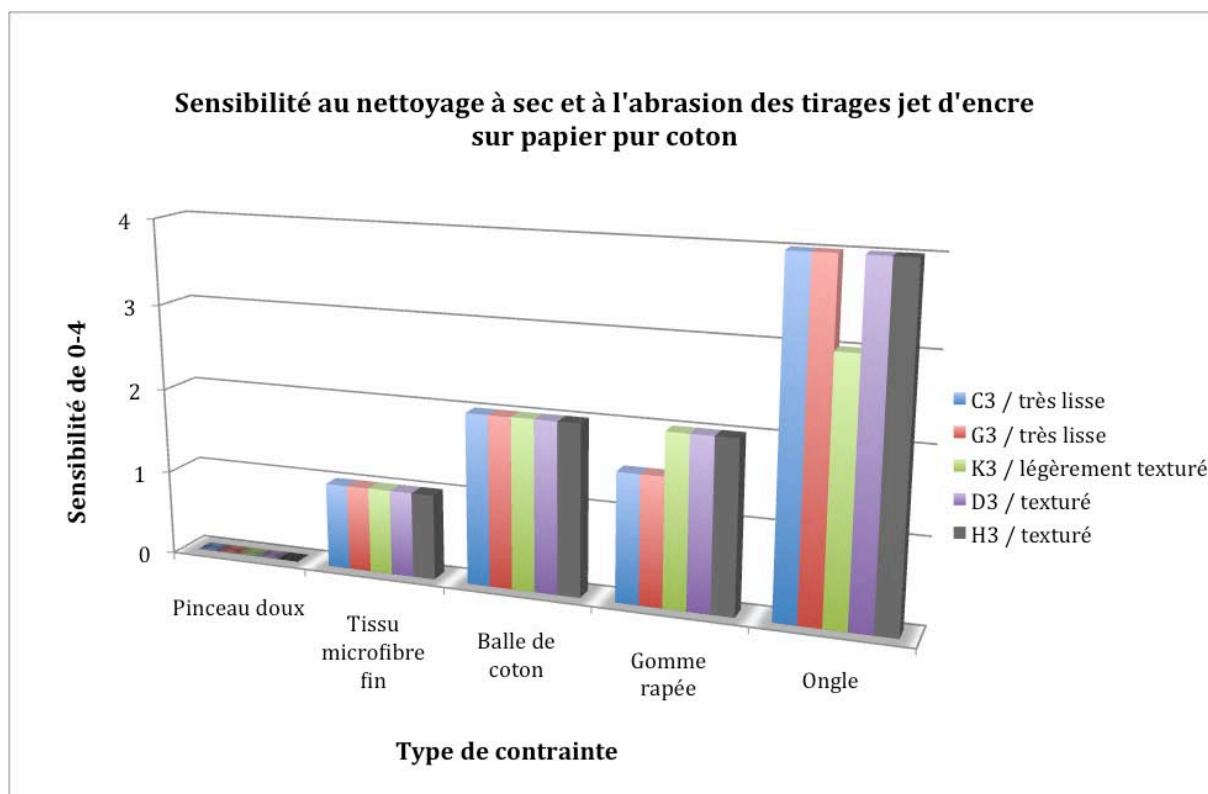
Résultats et interprétation :

Ces tests confirment la sensibilité à l'abrasion des tirages jet d'encre. Ils montrent néanmoins qu'un traitement de nettoyage impliquant un très léger frottement peut être envisagé dans certains cas :

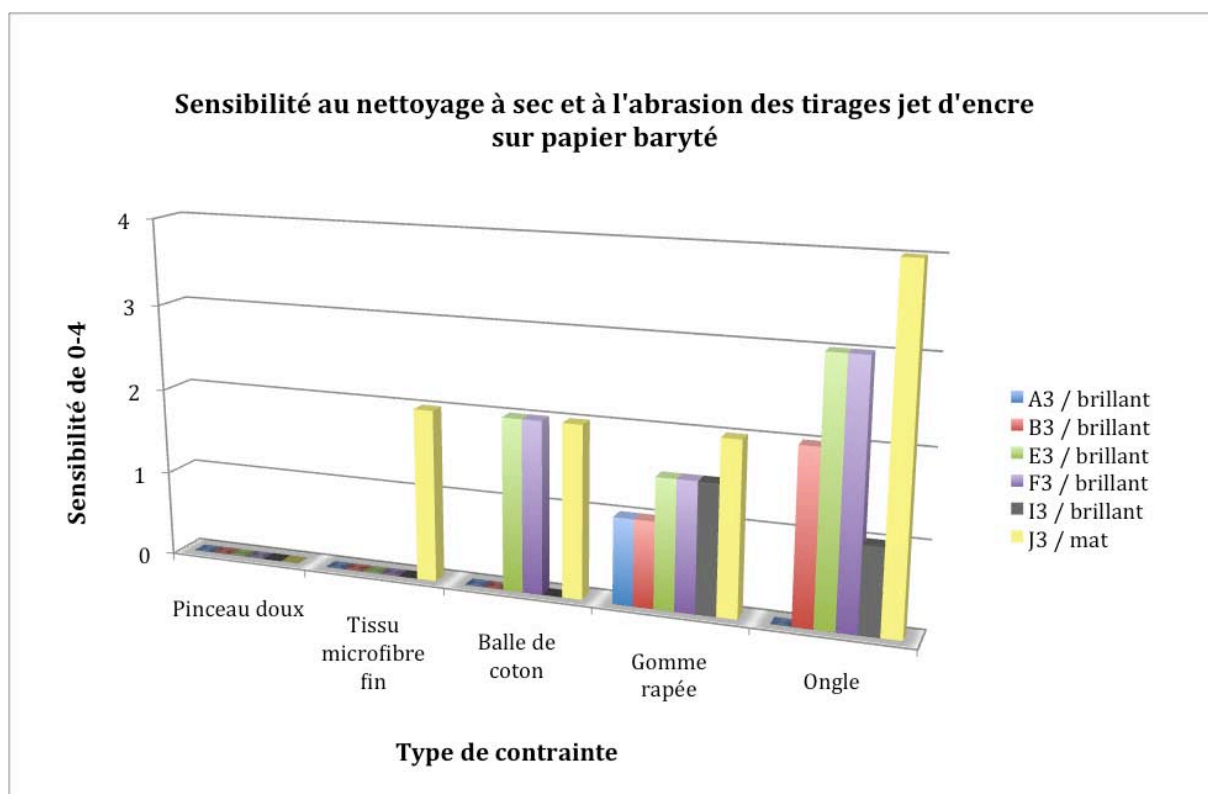
- Un dépoussiérage léger au pinceau doux s'est avéré possible et efficace pour tous les échantillons.
- De manière générale, les tirages sur papiers barytés brillants sont moins fragiles mécaniquement et pourraient être nettoyés avec un tissu microfibres fin très doux.
- Un nettoyage plus poussé avec une balle de coton serait envisageable sur les papiers barytés à condition que l'encre ait bien pénétré dans la couche réceptrice. On peut vérifier ce point en lumière rasante : lorsque l'encre ne pénètre pas intégralement le support, on remarque un effet de matité dans les noirs ou dans d'autres couleurs, appelé également « bronzing », provoqué par l'excès de pigments en surface.
- La gomme en poudre est nettement moins abrasive que la gomme en bloc mais provoque des modifications de la surface (brillance accrue ou réduite, étouffement des couleurs, etc.). Les modifications les plus faibles sont constatées sur les papiers barytés dont l'encre a bien pénétré la couche réceptrice et sur les papiers pur coton dont la surface est très lisse : ces modifications sont à peine visibles à l'œil nu.
- Enfin, tous les tirages testés, sauf les tirages A et I, marquent beaucoup à l'ongle. Ces tirages qui ne marquent pas, ou peu, à l'ongle ont été réalisés sur des papiers différents, avec des encres pigmentaires identiques (piézoélectriques), qui ont bien pénétré le papier.

Les graphiques 2 et 3 présentent respectivement les résultats des tests de nettoyage à sec sur les tirages jet d'encre sur papier pur coton et sur papier baryté.

²⁰ A l'œil nu, en lumière réfléchi et rasante et en observation sous loupe binoculaire.



Graphique 2 : seul le nettoyage au pinceau doux n'affecte en rien l'aspect de l'image des tirages jet d'encre sur papier pur coton.



Graphique 3 : les papiers barytés brillants ne sont pas affectés par un nettoyage au pinceau doux ou au microfibre fin et doux.

Conclusion des tests de nettoyage à sec et de sensibilité à l'abrasion

Dans le cadre de notre protocole de tests, et sur les échantillons testés, les tirages jet d'encre sur papier pur coton et sur papiers barytés restent très fragiles à l'abrasion et notamment à l'ongle. Seul un nettoyage au pinceau doux s'avère possible sur les papiers pur coton ; un nettoyage un peu plus poussé avec une tissu microfibres très fin et doux semble n'avoir aucun impact sur les papiers barytés brillants. Le nettoyage avec une balle de coton, plus abrasif, semble réservé au papiers barytés brillants dont l'encre pigmentaire a intégralement pénétré dans la couche réceptrice microporeuse.

La sensibilité à l'ongle des tirages est variable et pourrait aussi dépendre, en partie, du degré de pénétration de l'encre.

3.3. Tests de charnières pour le montage et la présentation

Finalité

Les œuvres graphiques sur papier sont traditionnellement montées sur charnières pour permettre leur conservation ou leur présentation, notamment dans des passe-partout.

Bien que certains tirages jet d'encre sur papier soient laminés en plein sur des panneaux rigides, ce mode de montage, plus adapté aux tirages sur support en plastique (de type RC), présente l'inconvénient d'être irréversible et surtout d'exercer une contrainte importante sur le tirage. Une fois monté en plein, ce dernier, « bloqué » sur son support rigide, ne peut plus accompagner les variations hygrométriques (dilatation / rétractation), ce qui provoque des dégradations mécaniques plus ou moins marquées selon les supports et les conditions climatiques. De plus, le laminage procure une esthétique très « lissée » qui ne correspond pas toujours à la matière papier.

Le montage sur charnières évite cet écueil en accordant une grande liberté de mouvement au tirage. Il faut néanmoins que les charnières ne dégradent en rien le tirage et ne soient pas perceptibles côté image. Pour ce faire, il faut choisir les produits d'encollage et la mise en œuvre de montage qui auront le moins d'impact sur le tirage. Ils devront notamment éviter l'effet de « bombage » parfois constaté côté image le long des charnières. Cette déformation inesthétique est provoquée par la contrainte de la charnière et de la colle sur les différentes couches constituant le tirage²¹.

Le choix des techniques de montage testées a été motivé par les critères suivants :

- *Simplicité* : plus la technique est simple, moins elle implique de manipulations, plus les risques de dégradation sont faibles. Nous avons donc opté pour une charnière simple, collée au verso en partie supérieure de chaque échantillon sur environ 1 cm de largeur.
- *Solidité* : la charnière doit pouvoir maintenir le tirage en situation d'exposition verticale pendant longtemps. Il faut par conséquent que la charnière et la colle soient suffisamment résistantes.
- *Souplesse* : la charnière ne doit pas contraindre le tirage mais au contraire le laisser « tomber » et « bouger » librement. Le tirage peut ainsi se placer correctement, sans contrainte et sans provoquer de déformation. Il faut par conséquent éviter les tensions liées au montage (colle trop puissante provoquant des tensions, dilatation trop importante de la charnière à l'encollage, etc.).

²¹ Je tiens à remercier ici mes collègues pour nos échanges d'expérience sur la question complexe du montage des photographies : Marsha Sirven, David Martineau, Gaël Quintric, Bruno Le Namouric et Bertrand Sainte-Marthe.

- *Innocuité* : la technique de montage ne doit pas provoquer de dégradation chimique ou mécanique de l'image.
- *Invisibilité* : la charnière ne doit pas être perceptible au recto. Elle ne doit pas modifier l'esthétique du tirage, ni le déformer.
- *Réversibilité* : les charnières doivent pouvoir être retirées sans dégrader l'image ou le verso (papier). Rappelons cependant que le montage en plein non réversible d'œuvres photographiques est d'usage courant dans les ateliers de montage²², pour ne pas dire presque généralisé.

Première série de tests de charnières

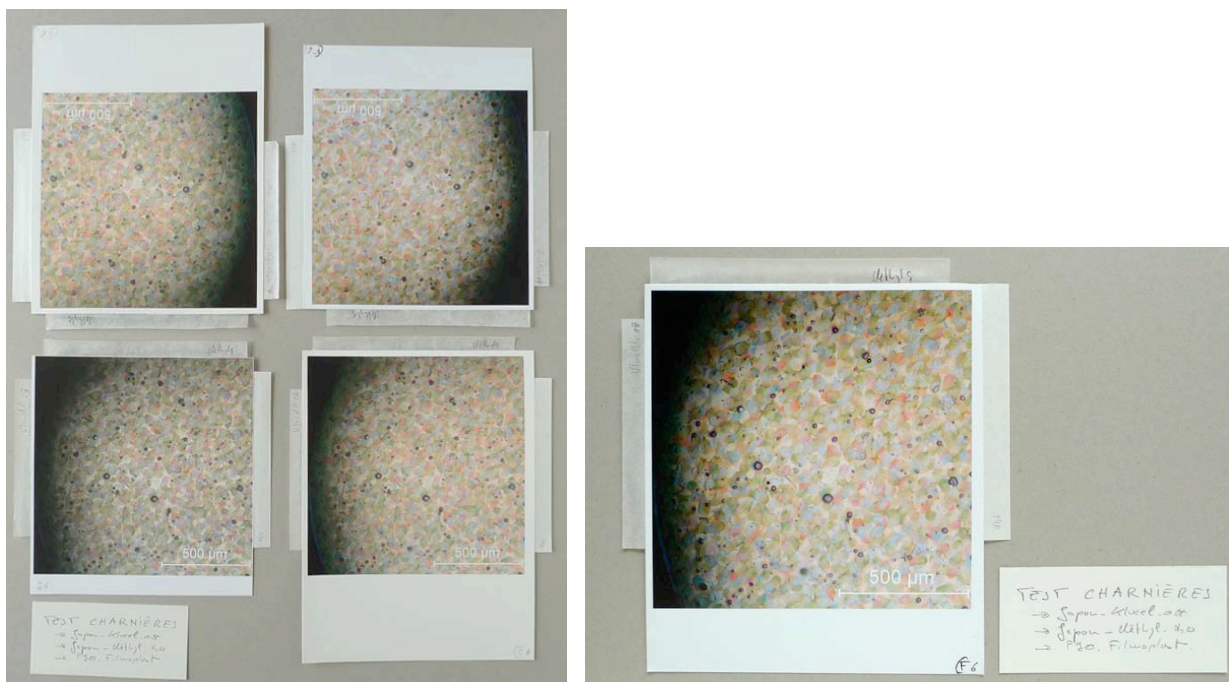
Mise en œuvre

Trois types de charnières ont été testés dans le cadre de cette première série de tests :

- Charnière autocollante à sec : Neschen Filmoplast P90® (adhésif acrylique sans acide ni SOV + papier blanc comportant une réserve alcaline) parfois utilisé en conservation de documents graphiques et photographiques pour le montage. L'usage de cet adhésif n'est cependant pas recommandé pour être collé sur des photographies argentiques car sa composition chimique n'est pas adaptée à la conservation à long terme des photographies. Dans le cas de tirages jet d'encre, cet adhésif peut cependant convenir d'un point de vue chimique. Il faut néanmoins s'assurer de sa réversibilité avec un solvant ne dégradant pas ces mêmes tirages. Le Filmoplast P90® est en effet réversible à sec pendant les minutes qui suivent son application. Par la suite, sa réversibilité devient beaucoup plus aléatoire.
- Charnière en papier japonais Tosa Washi de 28g/m² en fibres kozo et soie²³ encollée avec une colle d'hydroxypropyl cellulose diluée dans l'éthanol (Klucel G®). Technique : bandelettes préencollées avec de la Klucel G® diluée à 8%, deux passages. Réactivation à l'éthanol.
- Charnière en papier japonais Tosa Washi de 28g/m² encollée avec une colle de méthylcellulose diluée à 10% dans l'eau. Technique : bandelettes préencollées, un passage. Réactivation à l'eau. L'avantage des bandelettes préencollées réactivables à l'aide d'un solvant est notamment d'éviter les excès de colle débordant de la charnière et de réduire la quantité de solvant apportée sur l'œuvre.

²² Le montage en plein non réversible sur panneau rigide est pratiqué par les ateliers de montage et non pas par les ateliers de restauration. Ces derniers préfèrent généralement proposer des montages réversibles.

²³ Fournisseur Stouls, Tosa Washi : 10% Kozo de Thaïlande, 20% soie et 70% pâtes chimiques blanchies.



Illustrations 6 et 7 : sélection d'échantillons de la première série de tests de charnières. (photos F. Ploye)

Evaluation des effets

- Observation visuelle en lumière réfléchiée normale et rasante : recherche de modifications de l'état de surface et de courbures résultant de tensions exercées par les charnières.
- Traction verticale exercée sur la charnière (simule la traction exercée lors de l'accrochage).
- Traction latérale visant à décoller la charnière (simule une erreur de manipulation ou toute traction plus contraignante que la simple traction verticale).

Les modifications de nature esthétique (point a.) sont évaluées selon l'échelle suivante :

0. nulle
1. faible
2. moyenne
3. importante
4. extrême

Nous considérons que les deux premiers niveaux sont satisfaisants.

La résistance à la traction (points b. et c.) est évaluée selon l'échelle suivante :

5. très élevée
4. élevée
3. moyenne
2. faible
1. très faible

Nous considérons que les deux premiers niveaux sont satisfaisants pour l'accrochage vertical. Les trois premiers niveaux peuvent convenir pour l'archivage.

Résultats

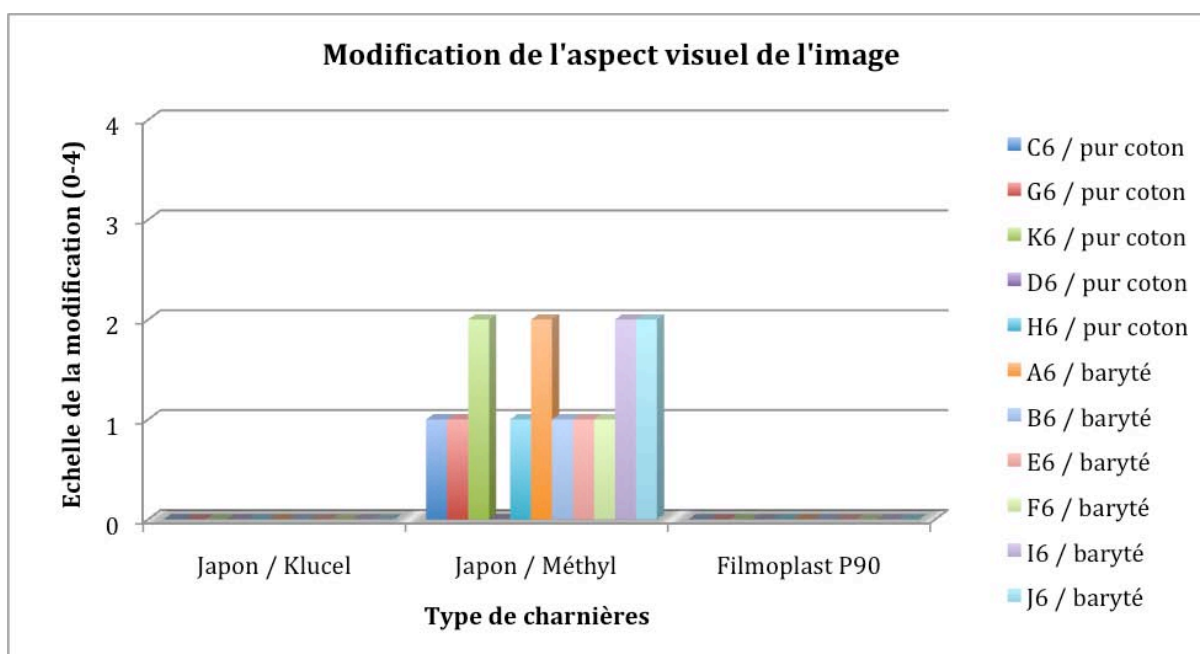
Lecture des résultats quatre semaines après la pose des charnières.

- La charnière Neschen Filmoplast P90® procure les meilleurs résultats sur tous les échantillons testés en terme de pouvoir adhérent et d'innocuité vis à vis de l'esthétique des tirages.

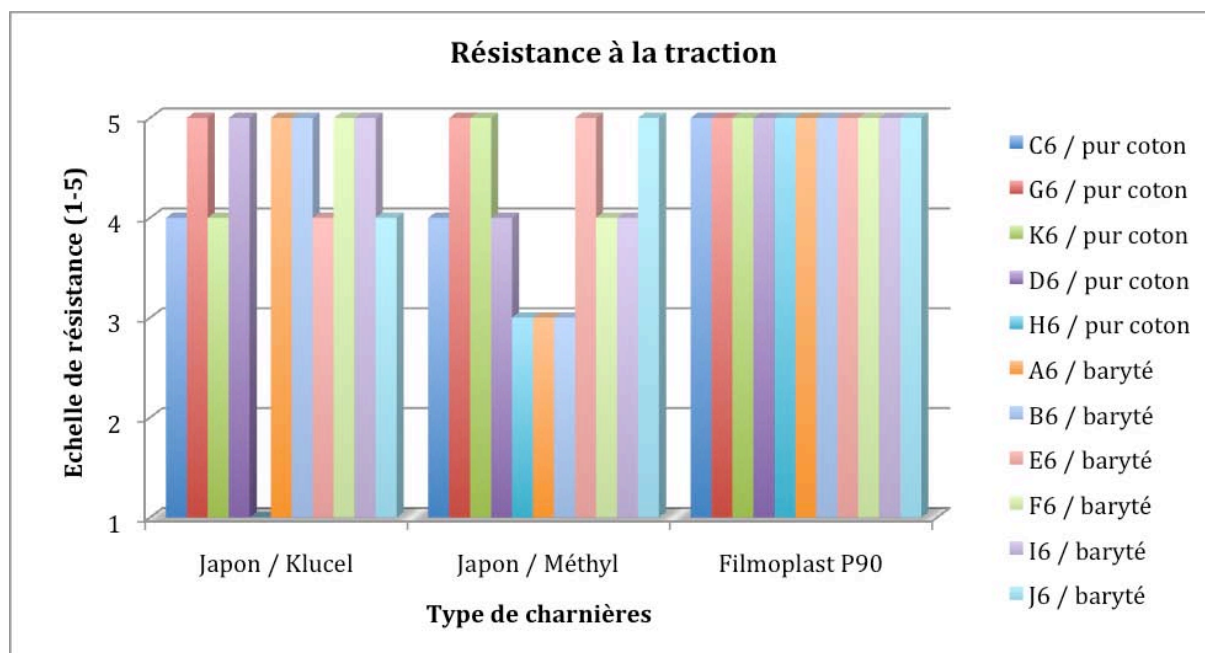
- La charnière en papier japonais et colle Klucel G® activée à l'éthanol procure également des résultats très satisfaisants. Elle ne modifie en rien l'aspect de surface du tirage (absence totale de tensions, pas de courbure) et son pouvoir adhérent est satisfaisant, bien que plus aléatoire en cas de mise en œuvre ratée que le Filmoplast P90®. Il convient notamment de vérifier l'adhérence en début de bandelette et de limiter l'usage de cette colle pour le montage de tirages de petits formats.

- La charnière en papier japonais et colle de méthylcellulose activée à l'eau procure des résultats variables mais globalement peu satisfaisants : formation de tensions plus ou moins importantes et courbures nettement visibles au niveau de la charnière. De plus, le pouvoir adhérent est aléatoire, parfois très satisfaisant, parfois insatisfaisant. Le mode opératoire choisi (colle réactivée à l'eau) est probablement responsable de ces défauts d'adhérence. Il serait intéressant de tester d'autres modes opératoires pour la pose de charnière en papier japonais avec cette colle aqueuse fréquemment employée pour le montage d'œuvre photographiques et graphiques ; l'objectif étant d'améliorer l'adhérence et de réduire les tensions.

Le graphique 4 présente l'impact des collages testés sur l'aspect visuel de l'image. Le graphique 5 présente la résistance à la traction, c'est à dire la résistance des différentes charnières testées.



Graphique 4 : seules les charnières fixées avec la colle aqueuse de méthylcellulose ont un impact sur l'aspect visuel de l'image. On distingue un « bombage » ou courbure des bords visible côté image.



Graphique 5 : les charnières en Filmoplast P90 procurent une adhérence fiable et régulière. Les charnières encollées avec la colle Klucel G réactivée à l'éthanol peuvent convenir mais la mise en œuvre est plus complexe pour obtenir un bon encollage.

Réversibilité des charnières de la première série

La réversibilité de cette première série a été testée deux ans après la pose des charnières.

Mise en œuvre

- Quatre échantillons ont été choisis parmi les onze échantillons de base. Sont représentés :
 - ⇒ les deux types d'encres pigmentaires piézoélectrique et thermique
 - ⇒ deux papiers pur coton et deux papiers barytés
 - ⇒ surface de l'image matte et brillante
 - ⇒ quatre types de surface / texture du verso (support sur lequel adhère la charnière) : du plus lisse au plus texturé / grainé.

Référence de l'échantillon	Type d'encre	Type de papier	Type de surface du papier au verso
C6	pigmentaire piézoélectrique	pur coton + azurants optiques	légèrement texturé et fibreux, grain moyen
F6	pigmentaire thermique	baryté brillant	lisse, calandré et encollé, blanc (azurants optiques ?)
H6	Pigmentaire thermique	pur coton	très structuré et fibreux, gros grain, se défibre facilement
J6	pigmentaire piézoélectrique	baryté mat	lisse, calandré et encollé, blanc crème

Evaluation des effets

- La réversibilité a été évaluée en retirant les charnières selon des méthodes couramment employées en restauration d'œuvres graphiques et photographiques :

⇒ à sec (au scalpel ou par pelage de la colle)

⇒ à l'aide de solvants susceptibles de solubiliser le film de colle : eau ; éthanol et acétone (ce dernier solvant uniquement pour solubiliser l'adhésif acrylique de la charnière Neschen Filmoplast P90)

- La réversibilité est évaluée selon l'échelle suivante :

5. très bonne réversibilité

4. bonne réversibilité

3. peu réversible

2. mauvaise réversibilité

1. très mauvaise réversibilité

Nous considérons que les deux premiers niveaux sont satisfaisants, le premier étant bien entendu préférable. La réversibilité est définie en fonction de la capacité à revenir à l'état précédent la pose de la charnière : donc sans modification / dégradation de la surface sur laquelle la charnière était collée au verso du tirage : épidermage du support en papier, résidus de colle et déformations sont les effets jugés négatifs.

L'effet du traitement au recto, sur l'image, est également vérifié par observation à l'œil nu et à la loupe puis en lumière rasante. Ceci afin de s'assurer notamment que le solvant utilisé au verso pour éliminer la charnière ne vient pas solubiliser les pigments au recto ou dégrader la couche réceptrice de l'image.

Résultats

- La charnière Neschen Filmoplast P90® est parfaitement réversible à l'acétone : aucune dégradation n'est constatée, au verso comme sur l'image, sur tous les échantillons. Cette charnière est également réversible à l'éthanol. Cependant, la colle acrylique étant moins soluble à l'éthanol, les risques d'épidermage sont plus importants. L'apport d'éthanol doit être suffisant pour solubiliser correctement le film de colle.

- La charnière en papier japonais fixée avec de la Klucel G® activée à l'éthanol est parfaitement réversible à éthanol. L'eau ramollit la colle et permet de retirer la charnière sans risque d'épidermage dans la plupart des cas. Cependant, les résidus de colle sont longs et difficiles à retirer intégralement. On peut en conclure que la réversibilité à l'eau est possible mais délicate, notamment sur des papiers très fibreux (peu encollés) et à gros grain.

- Les plus mauvais résultats sont obtenus avec la charnière en papier japonais et colle de méthylcellulose activée à l'eau. Ces résultats sont cependant peu parlants car les charnières encollées de cette manière adhéraient souvent mal au verso des tirages : la réversibilité n'a par conséquent pas pu être réellement évaluée.

- Aucune dégradation de l'image n'a été constatée : quel que soit le type de papier, le type d'encre et le type de solvant utilisés dans le cadre de ce test.

- Plus la surface du papier est lisse (encollage et calandrage importants) plus la réversibilité est aisée.

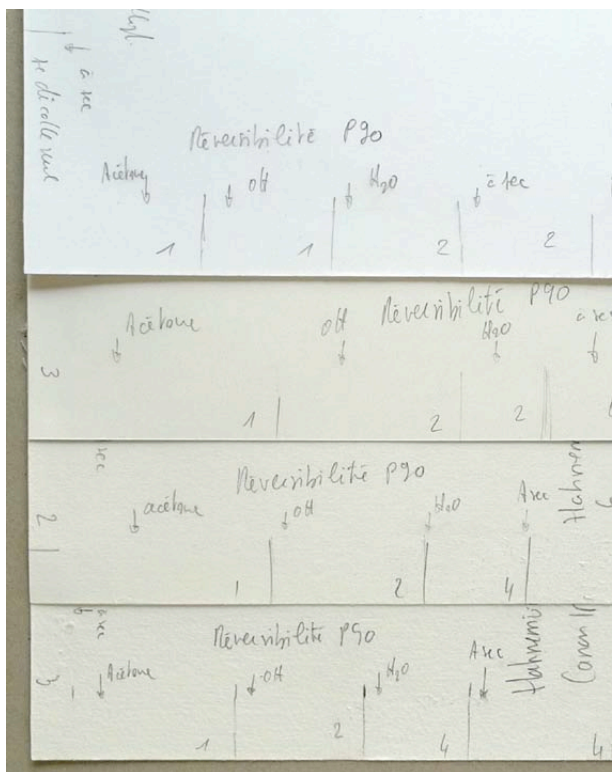


Illustration 8 : réversibilité de charnières en Filmoplast P90® sur une sélection de quatre échantillons différents. Les réversibilités à l'éthanol et à l'acétone sont satisfaisantes. (photo F. Ploye)

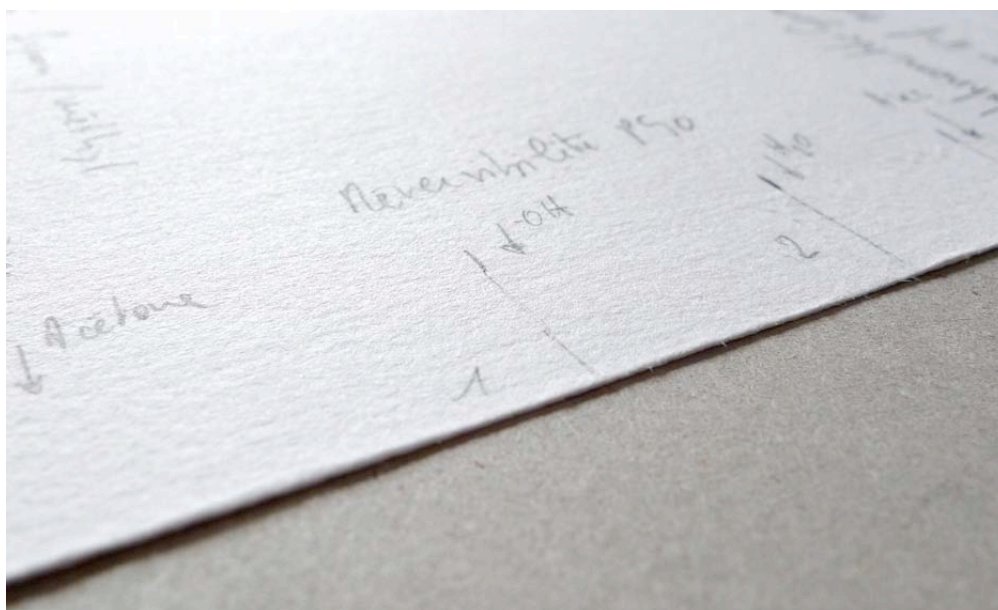
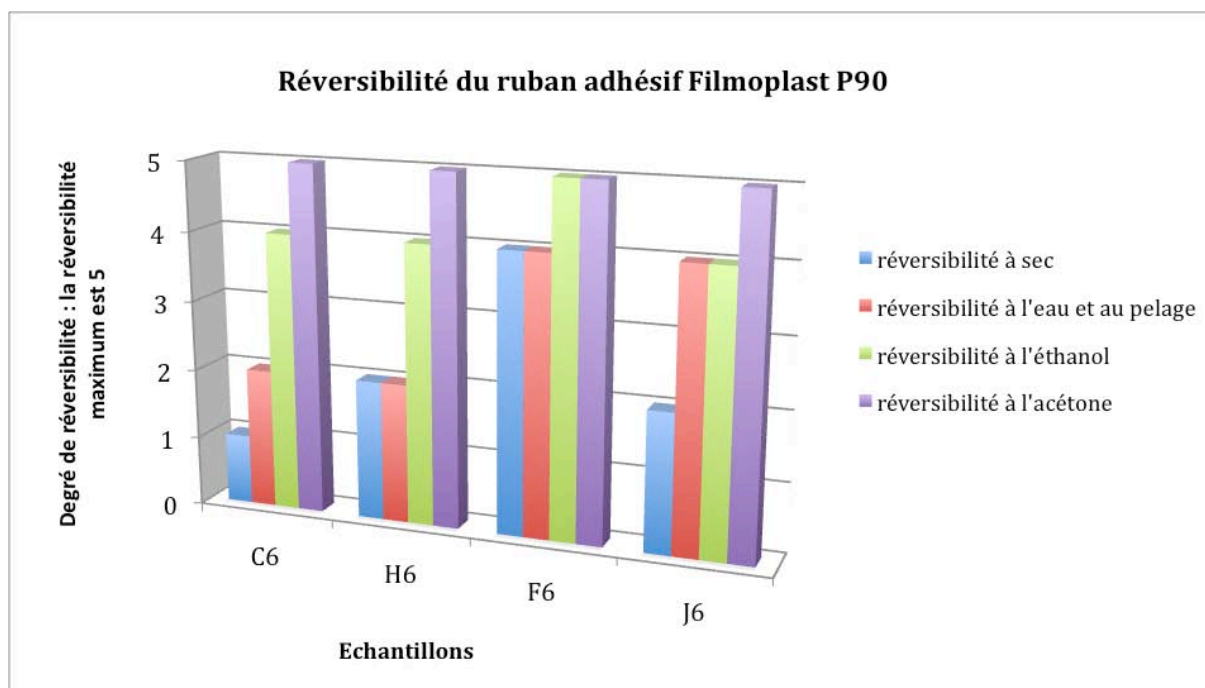
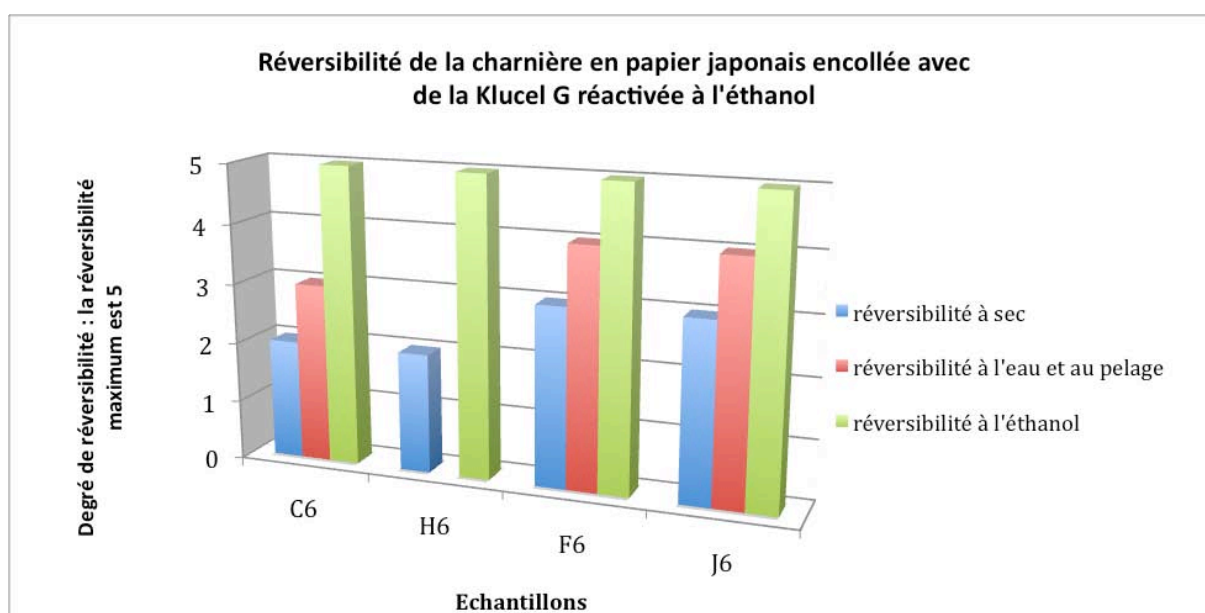


Illustration 10 : détail d'un support fibreux à gros grain après élimination d'une charnière en Filmoplast P90® avec de l'éthanol et de l'acétone ; absence d'arrachage et de brillante. (Photo : F. Ploye)

Les graphiques 6 et 7 présentent respectivement les réversibilités du Filmoplast P90® et des charnières encollées avec de la Klucel G®.



Graphique 6 : le Filmoplast P90® présente une très bonne réversibilité dans l'acétone et une bonne réversibilité dans l'éthanol ; nous ne constatons aucun effet sur l'image, ni épidermage du support en papier, ni résidu de colle.



Graphique 7 : les charnières encollées à la Klucel G® présentent une très bonne réversibilité à l'éthanol ; nous ne constatons aucun effet sur l'image, ni épidermage du support en papier, ni résidu de colle.

Deuxième série de tests de charnières

Mise en œuvre

Des charnières en papier japonais encollées avec trois colles différentes ont été testées dans le cadre de cette deuxième série de tests.

- Le papier japonais utilisé pour les charnières est différent de celui utilisé pour la première série : il s'agit d'un papier japonais²⁴ en fibres kozo nature de 34g/m² présentant une meilleure résistance mécanique et des fibres plus longues que le Tosa Washi précédemment utilisé. Les

²⁴ Fournisseur Stouls, Kozo nature : 50% kozo Thaïlande et 50% pâtes chimiques blanchies.

charnières seront donc plus résistantes et plus souples. La souplesse permet de réduire les tensions exercées sur la zone de collage et par conséquent de minimiser les risques de déformations du tirage une fois monté.

- Les colles utilisées sont les suivantes :

- Une colle d'amidon de blé très concentrée et assouplie avec un peu de méthylcellulose. Cette colle au fort pouvoir adhérent est appliquée sur la charnière en très faible quantité. Afin de réduire les tensions exercées sur le tirage lors du séchage, la colle est appliquée presque sèche pour limiter l'apport aqueux au maximum.
- Un mélange de colle acrylique : Lascaux 360 HV® et 498 HV® en proportion 1:1. Ce mélange utilisé en restauration de photographies, notamment pour le montage de photographies contemporaines sur support en polyéthylène ou en polyester (tirages chromogènes et tirages Cibachrome®), ainsi qu'en restauration de peintures, présente des caractéristiques intéressantes pour les qualités de montage que nous souhaitons obtenir :
 - ⇒ elle est stable dans le temps et incolore
 - ⇒ une fois sèche, son pouvoir adhérent est réactivable à chaud ou avec des solvants comme l'éthanol ou l'acétone
 - ⇒ la colle est aisément réversible dans ces mêmes solvants
 - ⇒ la Lascaux 498 HV® apporte au mélange un pouvoir adhérent relativement élevé, la Lascaux 360 HV® lui confère souplesse et élasticité
- Un mélange de ces mêmes colles privilégiant cette fois la souplesse au détriment de la force de collage : Lascaux 360 HV® et 498 HV® en proportion 2:1.

Les charnières préparées avec ces deux mélanges acryliques ont été collées sur six échantillons par réactivation du film de colle avec de l'éthanol afin d'obtenir un collage exerçant le moins de contrainte possible lors du séchage ; ceci toujours afin d'éviter les déformations du tirage.

Les six échantillons sont les suivants :

Référence de l'échantillon	Type d'encre	Type de papier	Surface image	Type de surface du papier au verso
B7	pigmentaire piézoélectrique	baryté	brillante	lisse, calandré et encollé, blanc
C7	pigmentaire piézoélectrique	pur coton	mate, très lisse	légèrement texturé et fibreux, grain moyen
E7	pigmentaire thermique	baryté	brillante	légèrement texturé et fibreux, grain moyen
F7	pigmentaire thermique	baryté	brillante	lisse, calandré et encollé, blanc
G7	pigmentaire thermique	pur coton	mate, très lisse	légèrement texturé et fibreux, grain moyen
H7	pigmentaire thermique	pur coton	mate, texturée	très structuré et fibreux, gros grain, se défibre facilement

Le protocole d'évaluation des effets est identique à celui de la première série de tests :

Evaluation des effets

- a. Observation visuelle en lumière réfléchi normale et rasante : recherche de modifications de l'état de surface et de courbures résultant de tensions exercées par les charnières.
- b. Traction verticale exercée sur la charnière (simule la traction exercée lors de l'accrochage).
- c. Traction latérale visant à décoller la charnière (simule une erreur de manipulation ou toute traction plus contraignante que la simple traction verticale).

Les modifications de nature esthétique (point a.) sont évaluées selon l'échelle suivante :

0. nulle
1. faible
2. moyenne
3. importante
4. extrême

Nous considérons que les deux premiers niveaux sont satisfaisants.

La résistance à la traction (points b. et c.) est évaluée selon l'échelle suivante :

5. très élevée
4. élevée
3. moyenne
2. faible
1. très faible

Nous considérons que les deux premiers niveaux sont satisfaisants pour l'accrochage vertical. Les trois premiers niveaux peuvent convenir pour l'archivage.

Résultats

Lecture des résultats quatre semaines après la pose des charnières.

- Les charnières en papier japonais encollées avec la colle Lascaux procurent les meilleurs résultats sur tous les échantillons testés en terme de pouvoir adhérent et d'innocuité vis à vis de l'esthétique des tirages.
- Les deux mélanges de colles Lascaux testés procurent des résultats comparables, avec un très bon pouvoir adhérent et aucun impact notable sur l'aspect visuel de l'image.
- Les charnières encollées avec la colle d'amidon-méthylcellulose présentent un excellent pouvoir adhérent. Elles exercent en revanche une tension sur les tirages, provoquant une courbure, ou « bombage », du support sur lequel est collé la charnière. Cette déformation est visible côté image, et de manière plus marquée sur les papiers barytés.

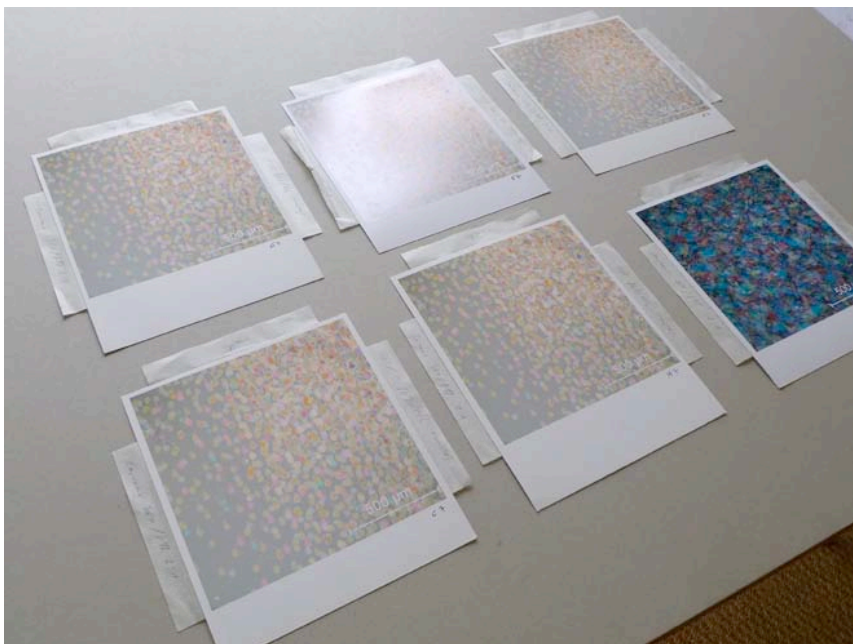


Illustration 10 : les six échantillons sur lesquelles ont été montées les charnières de la 2e série de tests. (photo F. Ploye)

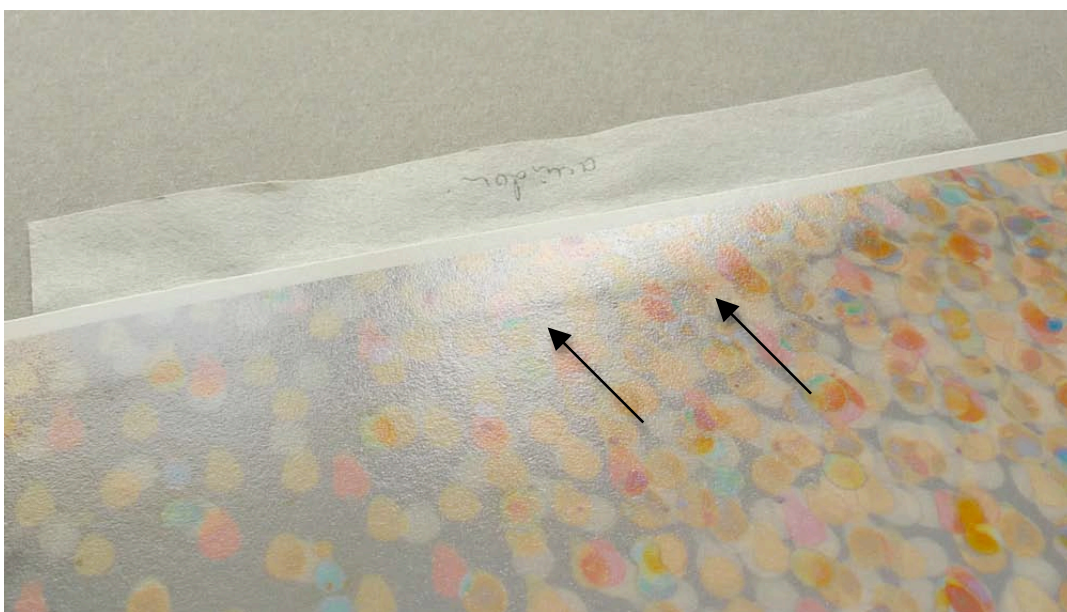
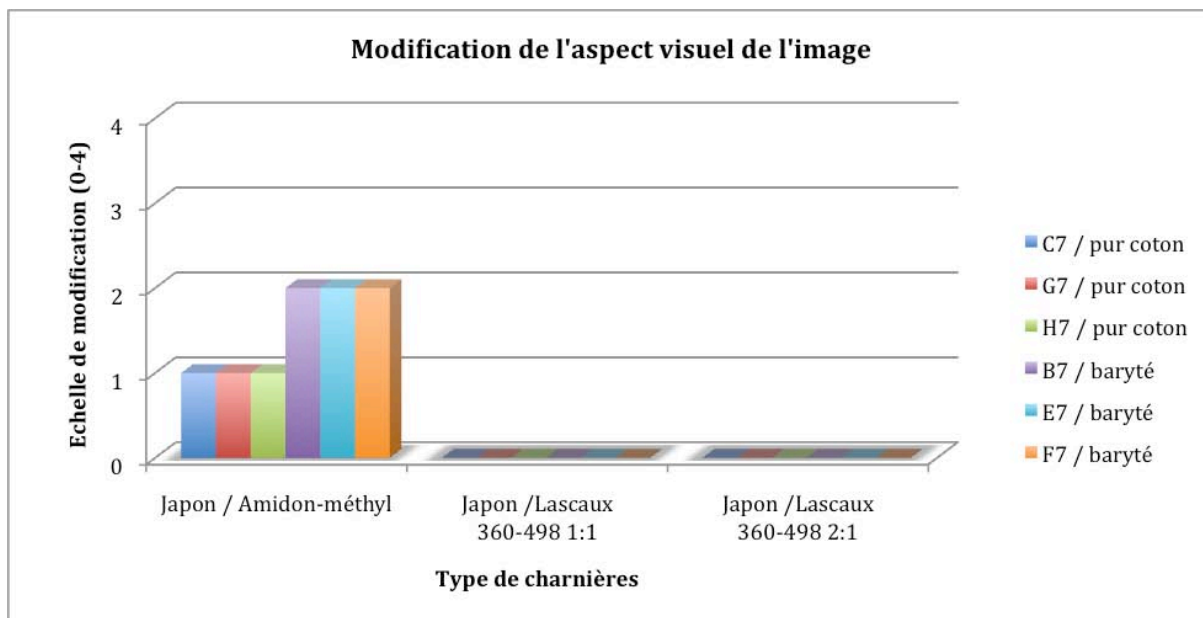
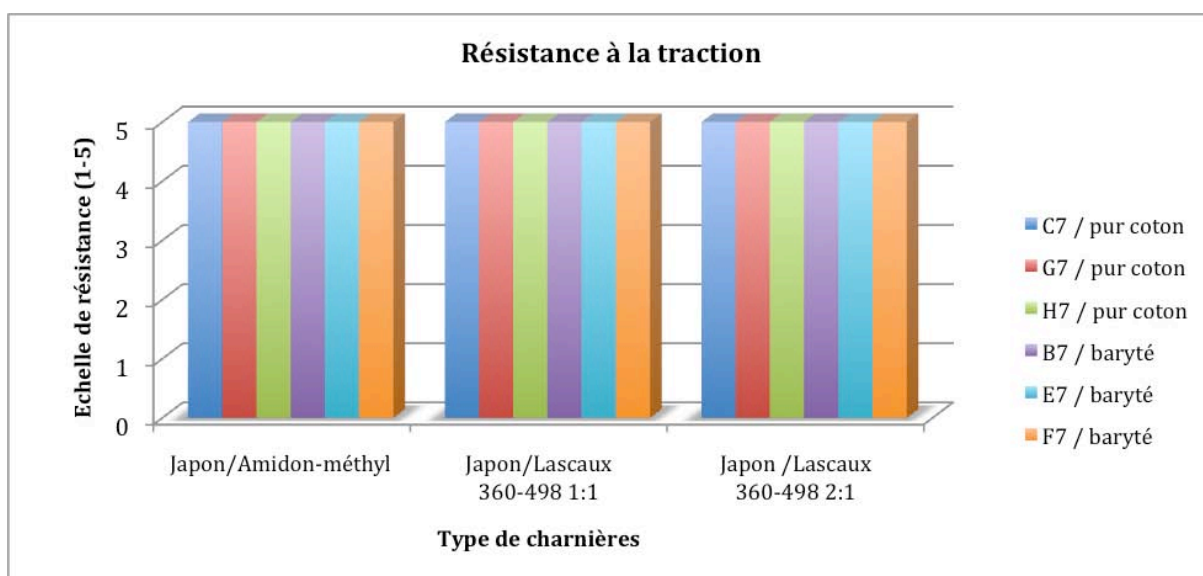


Illustration 11 : exemple de déformation ou courbure provoquée par une charnière encollée avec de la colle d'amidon au verso d'un papier baryté. (photo : F. Ploye)

Le graphique 8 présente l'impact des collages testés sur l'aspect visuel de l'image. Le graphique 9 présente la résistance à la traction, c'est à dire la résistance des différentes charnières testées.



Graphique 8 : seules les charnières encollées avec la colle d'amidon ont un impact sur l'aspect visuel de l'image : elles exercent une contrainte sur le tirage qui se traduit par une déformation des bords visible côté image. La courbure est plus marquée sur les tirages barytés.



Graphique 9 : toutes les charnières présentent une adhérence fiable et régulière. L'adhérence procurée par la colle Lascaux est plus souple et plus élastique.

Réversibilité des charnières de la deuxième série

La réversibilité des charnières de cette deuxième série a été testée trois mois après la pose des charnières.

Mise en œuvre

- Deux échantillons ont été choisis parmi nos six échantillons de base. Sont représentés :
 - ⇒ les deux types d'encres pigmentaires piézoélectrique et thermique
 - ⇒ un papier pur coton et un papier baryté
 - ⇒ surface de l'image matte et brillante

⇒ deux types de surface / texture du verso (support sur lequel adhère la charnière) : très lisse et très texturé / grainé.

Référence de l'échantillon	Type d'encre	Type de papier	Type de surface du papier au verso
B7	pigmentaire piézoélectrique	baryté brillant	lisse, calandré et encollé, blanc
H7	pigmentaire thermique	pur coton mat	très structuré et fibreux, gros grain, se défibre facilement

Le protocole d'évaluation des effets est identique à celui de la première série de tests :

Evaluation des effets

- La réversibilité a été évaluée en retirant les charnières selon des méthodes couramment employées en restauration d'œuvres graphiques et photographiques :

⇒ à sec (au scalpel ou par pelage de la colle)

⇒ à l'aide de solvants susceptibles de solubiliser le film de colle : eau pour la colle d'amidon et éthanol et acétone pour la colle Lascaux.

- La réversibilité est évaluée selon l'échelle suivante :

5. très bonne réversibilité
4. bonne réversibilité
3. peu réversible
2. mauvaise réversibilité
1. très mauvaise réversibilité

Nous considérons que les deux premiers niveaux sont satisfaisants, le premier étant bien entendu préférable. La réversibilité est définie en fonction de la capacité à revenir à l'état précédent la pose de la charnière : donc sans modification / dégradation de la surface sur laquelle la charnière était collée au verso du tirage : épidermage du support en papier, résidus de colle et déformations sont les effets jugés négatifs.

L'effet du traitement au recto, sur l'image, est également vérifié par observation à l'œil nu et à la loupe puis en lumière rasante. Ceci afin de s'assurer notamment que le solvant utilisé au verso pour éliminer la charnière ne vient pas solubiliser les pigments au recto ou dégrader la couche réceptrice de l'image.

Résultats

- Les charnières en papier japonais fixées avec la colle acrylique Lascaux sont parfaitement réversibles à l'éthanol et à l'acétone ; au moment de l'application des solvants, ceux-ci sont variablement absorbés par le support, provoquant une zone d'imprégnation du solvant plus ou moins visible côté image. Dans le cadre de nos tests, ces zones ont disparu le solvant une fois évaporé. Aucun impact sur l'image, visible à l'œil nu et à la loupe, n'a été constaté.

- Dans le cadre de ces tests, nous n'avons pas constaté de différence notable entre les deux mélanges de colle Lascaux. En théorie cependant, et dans le cadre de protocoles de tests visant à caractériser leurs différences, le film de Lascaux comportant une proportion supérieure de 360 HV devrait s'avérer plus souple et plus réversible que le film comportant des parts égales de 360 HV et 498 HV.

- La réversibilité à sec de la colle Lascaux est assurée par pelage long et délicat du film de colle. Dans le cas de support texturé et fibreux, le pelage provoque un léger épidermage des fibres de surface ; lorsque le support est lisse, la réversibilité peut être satisfaisante
- Les charnières encollées à l'amidon-méthyl sont réversibles à l'eau ; avec une réversibilité plus délicate lorsque le support est fibreux et très texturé.

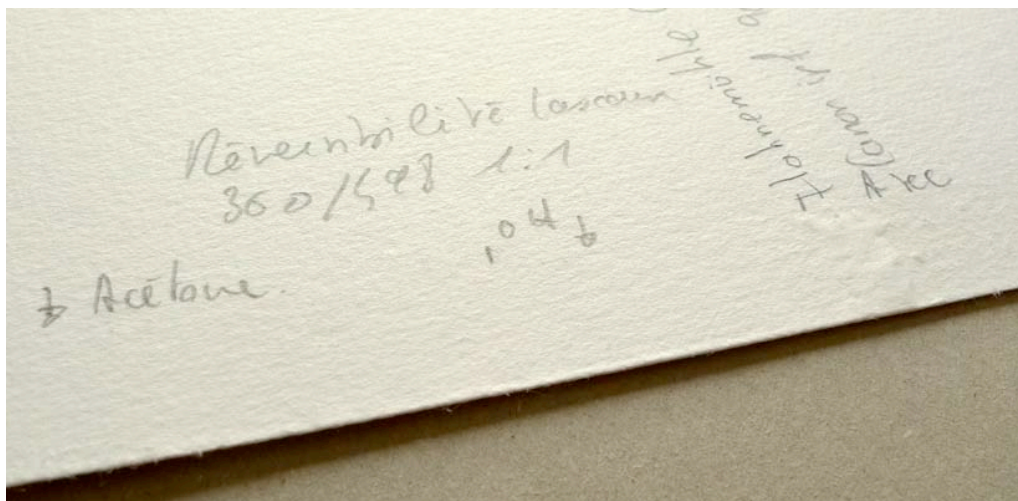


Illustration 12 : détail d'un support fibreux à gros grain après élimination, avec de l'éthanol et de l'acétone, d'une charnière encollée avec mélange de colle acrylique Lascaux 360/498 HV® ; absence d'arrachage et de brillante. (photo : F. Ploye)

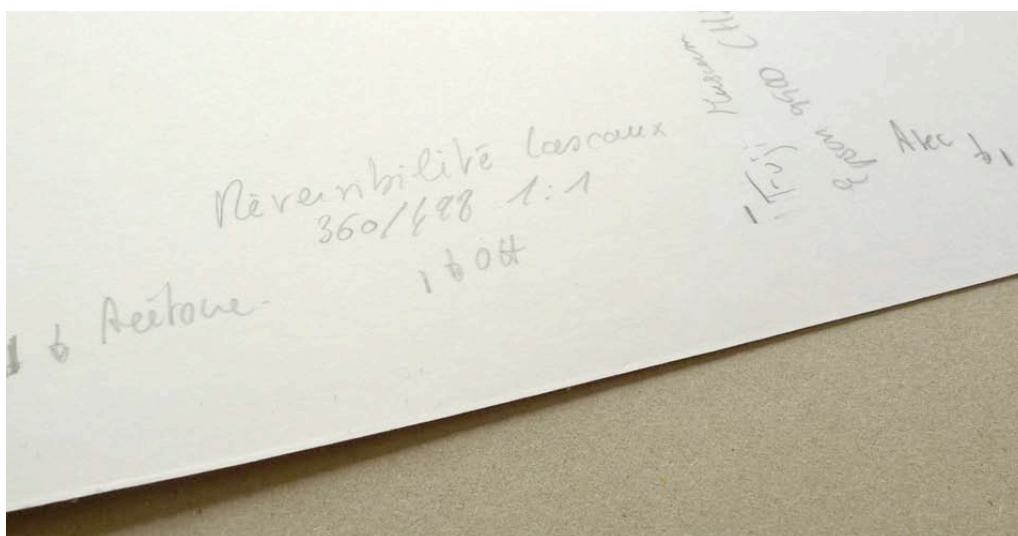
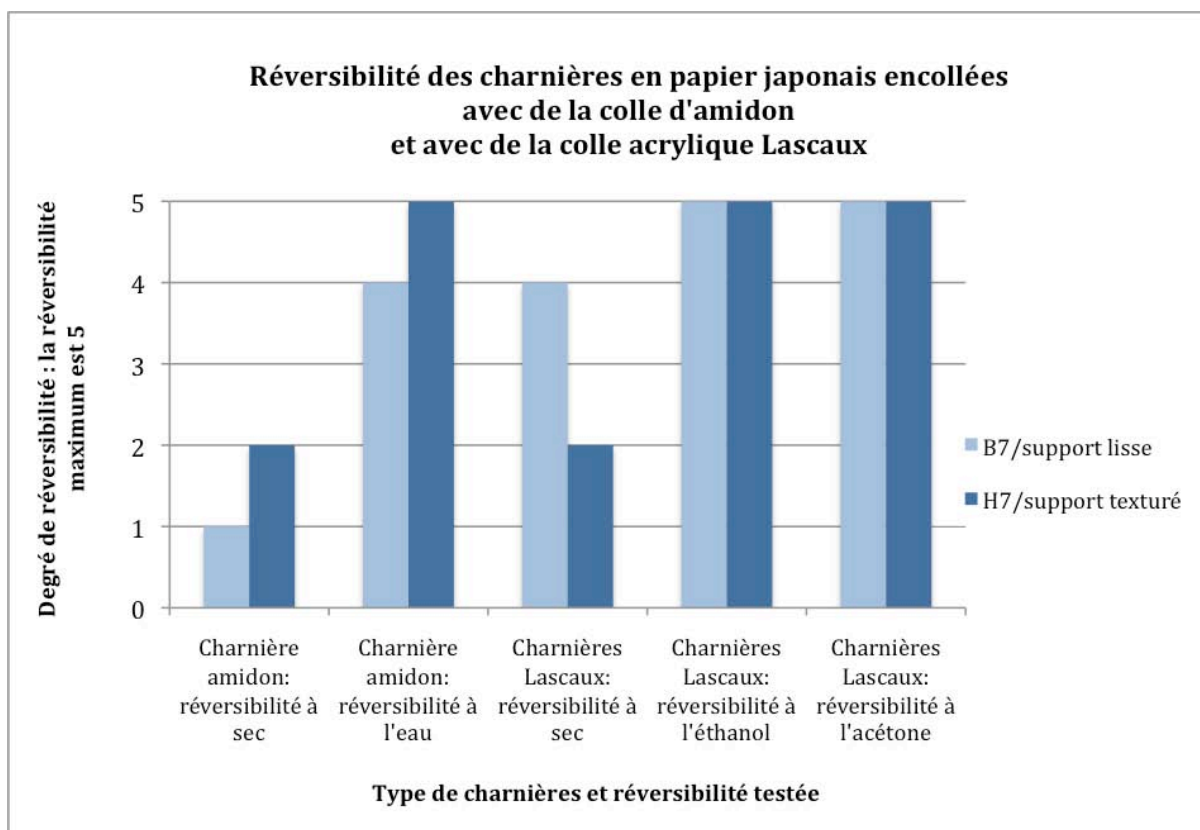


Illustration 13 : détail d'un support lisse après élimination, avec de l'éthanol et de l'acétone, d'une charnière encollée avec un mélange de colle acrylique Lascaux 360/498 HV® ; absence d'arrachage et de brillante. (photo : F. Ploye)



Graphique 10 : les charnières encollées avec la colle Lascaux présentent une très bonne réversibilité à l'éthanol et à l'acétone ; nous ne constatons aucun effet sur l'image, ni épidermage du support en papier, ni résidu de colle.

Interprétation des résultats des tests de charnières

- L'usage de colles aqueuses, même en employant une technique réduisant au minimum l'apport d'eau, exerce une contrainte au séchage qui peut provoquer une déformation sur les bords des tirages. Cette déformation est visible côté image, et de manière plus marquée sur les papiers barytés car la couche réceptrice est moins souple et plus réactive aux tensions, que les papiers « pur coton ». Nous considérons par conséquent que ce type de charnière n'est pas adapté pour les papiers barytés. Pour les papiers mats pur coton, la courbure est bien là, mais nettement moins perceptible côté image.
- Les colles acryliques de conservation employées sous forme de ruban prêt à l'emploi (Filmoplast P90®) ou sous forme de film appliqué sur un papier japonais réactivable à l'éthanol procurent des résultats très satisfaisants en terme de qualité visuelle et de qualité de collage. Dans le cadre de nos tests, ces charnières s'avèrent aisément réversibles à l'éthanol et à l'acétone. Il est cependant préférable de limiter au maximum l'apport de solvants afin de limiter les risques de formation d'auréoles durables. De plus, d'autres tirages jet d'encre pourraient réagir négativement à l'éthanol, l'acétone ou même à l'eau, notamment les tirages sur support en plastique (polyéthylène ou polyester), ou même réagir avec certaines encres ou couches réceptrices.

Conclusion des montages sur charnières

Qualité de collage et respect de l'aspect visuel du tirage

- Parmi les charnières testées, les meilleurs résultats ont été obtenus avec les colles acryliques de conservation (charnières autocollantes Filmoplast P90® et mélanges de Lascaux 498 HV® et 360HV®).
- Les charnières encollées avec une hydroxypropylcellulose (KlucelG®) présentent un pouvoir collant inférieur et leur mise en œuvre est plus complexe. Ces charnières peuvent cependant convenir dans certains cas, par exemple pour le montage de tirages de petit à moyen formats, ou lorsque l'usage d'une colle acrylique est à proscrire.
- Les colles aqueuses testées (amidon et méthylcellulose) provoquent une modification de l'aspect visuel du fait de la contrainte qu'elles exercent sur les bords du tirage (courbure).

Réversibilité

- La KlucelG® présente une réversibilité très aisée et très satisfaisante à l'éthanol ; mais plus aléatoire à l'eau dans le cas d'un support papier fibreux et fragile.
- Les colles acryliques nécessitent quant à elles l'emploi d'éthanol ou d'acétone en quantités un peu plus importantes. Aucun impact négatif détectable par une évaluation visuelle à l'œil nu ou à la loupe n'a été constaté suite à l'emploi de ces solvants sur les tirages jet d'encre pigmentaires testés.
- Il est néanmoins prudent de contrôler au maximum l'apport de ces solvants, car ils pourraient réagir avec d'autres types de tirages jet d'encre ou avec des tirages jet d'encre identiques, si la quantité de solvants en présence venait à favoriser la solubilisation ou le déplacement des encres ou d'autres constituants de la couche réceptrice ou du support.

3.4. Tests de sensibilité aux solvants

Etat des connaissances

Les restaurateurs utilisent différents types de solvants pour nettoyer les photographies ou comme auxiliaires de traitement, par exemple pour le retrait d'adhésifs, pour la consolidation de déchirures ou encore pour la retouche. A ce jour, la bibliographie décrivant l'action des solvants sur les tirages jet d'encre est extrêmement rare :

En 2007 et 2008, deux séminaires de recherche menés dans le cadre de la formation des restaurateurs de l'Institut national du patrimoine étaient consacrés à l'évaluation de la sensibilité de différents types de tirages jet d'encre à différents solvants²⁵. Les résultats montraient qu'une même encre pouvait réagir différemment aux solvants testés (l'eau, l'éthanol, le mélange eau/éthanol, l'acétone et le toluène) en fonction du support ; voici un extrait de la conclusion de ces premiers tests :

- Les réactions à l'eau sans frottement [des tirages jet d'encre] semblent bonnes, ce qui ouvrirait un certain nombre de possibilités de traitement, à condition cependant de limiter au maximum la quantité et la durée de l'apport d'eau. L'usage d'autres solvants, notamment des mélanges eau / éthanol ou éthanol pourrait être envisagé, sans frottement, mais uniquement pour les papiers pur coton. Il serait cependant prudent de confirmer ces premières observations visuelles par des

²⁵ PLOYE et al. 2009a.

essais de traitements spécifiques faisant l'objet d'un suivi colorimétrique, ou d'autres mesures plus précises, avant et après traitement.

- Concernant les papiers RC multicouches et les papiers barytés brillants, les possibilités de traitement semblent très limitées à cause des réactions inconstantes d'une même encre à un même solvant organique, selon le type de papier utilisé. Il serait nécessaire d'éclaircir le comportement des couches réceptrices pour mieux comprendre et mieux prévoir l'effet des solvants. A l'issue de ces tests, nous nous posons les questions suivantes :

- Est-ce la couche réceptrice qui est partiellement solubilisée et qui entraîne l'encre avec elle, même si l'aspect de surface (brillance) semble inchangé à l'œil nu ?*
- L'effet des solvants organiques serait-il plus prononcé sur les papiers multicouches présentant une rétention des solvants supérieure à celle des papiers pur coton ?*
- La composition finale de l'encre, et par conséquent sa solubilité, varierait-elle en fonction de la nature de la couche réceptrice ? La composition chimique ou la structure de l'encre seraient-elles modifiées lorsque cette dernière rentre en contact avec la couche réceptrice ? »²⁶.*

Ces résultats, bien que nécessitant des recherches complémentaires, montraient la complexité du sujet.

En 2009, Tessa Gadowski testait la réaction de deux types de tirages jet d'encre pigmentaires comportant une couche réceptrice microporeuse, l'un sur papier RC, l'autre sur papier baryté²⁷. Il s'agit donc de tirages de catégories multicouches RC et baryté sur lesquelles nous avons constaté un mauvais comportement des solvants organiques. Les résultats des tests de T. Gadowski vont en effet dans ce sens : les échantillons réagissent globalement bien à l'eau et à l'eau additionnée d'un agent mouillant mais très mal aux mélanges eau/éthanol, et encore plus mal lorsque l'éthanol est majoritaire dans le mélange.

Finalité

Les présents tests sont destinés à affiner et à mieux interpréter ces premières informations. Pour ce faire, nous avons choisis de tester de manière systématique un plus large éventail de tirages jet d'encre et de solvants.

Mise en œuvre

La mise en œuvre de ces tests est la suivante :

- Nous avons testé huit variétés de tirages : quatre papiers barytés et quatre papiers pur coton réalisés sur deux types d'imprimantes jet d'encre pigmentaire (piézoélectrique et thermique).

²⁶ Ibid.

²⁷ GADOMSKI, 2009.

Echantillons	Type de jet d'encre	Type de papier	Surface image	Azurants optiques
A4	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	baryté	brillante	non
B4	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	baryté	brillante	oui
C4	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	pur coton	mate, très lisse	un peu
D4	jet d'encre pigmentaire piézoélectrique	pur coton	mate, texturée	un peu
E4	jet d'encre pigmentaire thermique	baryté	brillante	non
F4	jet d'encre pigmentaire thermique	baryté	brillante	oui
G4	jet d'encre pigmentaire thermique	pur coton	mate, très lisse	oui
H4	jet d'encre pigmentaire thermique	pur coton	mate, texturée	oui



Illustration 14 : les huit variétés de tirages avant les tests de sensibilité aux solvants.
(photo : F. Ploye)

- Les solvants testés sont :

- a) eau déminéralisée
- b) mélange eau déminéralisée/éthanol absolu 1:1
- c) éthanol absolu
- d) acétone
- e) méthyléthylcétone
- f) toluène

- Deux modes d'application des solvants ont été testés²⁸ :

- Une application par tamponnage léger d'une balle de coton imbibée de solvant : permet d'évaluer l'effet du solvant sans frottement.
- Une application des solvants avec un bâtonnet de coton, en exerçant de très légers mouvements circulaires : permet d'évaluer l'effet combiné d'un léger frottement et du solvant.

Evaluation des effets

a) Observation visuelle en lumière réfléchiée et rasante : recherche de modification de l'état de surface, de diffusion de la matière colorante, détection de matière colorante sur le coton.

b) Observation à la loupe 10 x : recherche de diffusion / modification de la matière colorante ou de l'état de surface qui ne seraient pas perceptibles à l'œil nu.

Les modifications de nature esthétique sont évaluées selon l'échelle suivante :

0. nulle

1. faible : pas d'altération visible de l'image mais quelques traces de pigments sur le coton

2. moyenne : pas d'altération visible de l'image mais dépôt important de pigments sur le coton

3. importante : importante perte de matière, altération perceptible à l'œil

4. extrême : perte de matière extrême, altération importante de l'image

Nous considérons que les deux premiers niveaux sont satisfaisants.

Résultats

a) : eau déminéralisée

⇒ l'application d'eau sans frottement ne provoque aucune modification visible de l'image à l'œil nu sur tous les échantillons.

⇒ l'application d'eau par légers frottements circulaires au bâtonnet de coton est bien supportée par les papiers barytés excepté un²⁹ (illustration I5) ; elle est également bien supportée par les papiers pur coton lisses (avec légères traces d'encre sur le coton, surtout encre jaune et cyan).

⇒ les marges blanches des papiers barytés (donc les zones non encrées) réagissent à l'eau de manière plus marquée. Après séchage, on constate un gain de brillance irréversible dans les zones concernées (illustration I6).

²⁸ Le protocole d'application des solvants est comparable à celui des tests réalisés dans le cadre des séminaires Inp en 2008 et 2009 ; cf. PLOYE et al. 2009a.

²⁹ Echantillon F4 – Museum Fuji 315g/m² associé à une encre pigmentaire thermique – aucune réaction n'a été constatée avec ce même papier et l'encre piézoélectrique.



Illustration 15 : effet de l'eau + frottement sur le papier baryté F4 (perte de couleur).
Les autres échantillons réagissent bien à un léger nettoyage de ce type. (photo F. Ploye)



Illustration 16 : effet de l'eau + frottement dans une zone non encrée
d'un papier baryté (modification de l'aspect du surface, gain de brillance).
(photo F. Ploye)

b) : eau déminéralisée / éthanol absolu

- ⇒ ce mélange solubilise les encres sur tous les papiers barytés ; la solubilisation des encres est plus marquée au bâtonnet de coton mais également par tamponnage si la durée d'application dépasse quelques secondes. La structure et la brillance de la couche réceptrice semblent inchangées, c'est l'encre qui est extraite de la couche microporeuse (illustration 17).
- ⇒ ce mélange semble globalement plus agressif que l'eau ou l'éthanol seuls.
- ⇒ sur tous les papiers pur coton : les encres résistent mieux ; l'application par tamponnage semble satisfaisante ; l'application au bâtonnet de coton détache les pigments de la couche réceptrice et entraîne des pertes de matière colorante visibles, bien que nettement moins spectaculaires qu'avec les papiers barytés.



Illustration 17 : effet du mélange eau/éthanol + frottement sur un papier baryté (perte de couleur visible sur le bâtonnet de coton et sur le tirage). (photo F. Ploye)

c) : *éthanol absolu rectapur*

- ⇒ sur tous les papiers (pur coton comme baryté), l'application d'éthanol par tamponnage n'a pas d'impact sur la qualité de l'image, pas de solubilisation de l'encre constatée.
- ⇒ l'application au bâtonnet peut convenir sur les papiers pur coton (légères traces de pigments sur le coton – illustration 18) mais extrait trop de matière colorante sur les papiers baryté, avec pertes notoires dans l'image. La structure et la brillance de la couche réceptrice semblent inchangées.



Illustration 18 : effet de l'éthanol + frottement sur un papier pur coton. Très légère perte de pigments visible sur le bâtonnet de coton. (photo F. Ploye)

Il semblerait par conséquent que ce ne soit pas l'encre proprement dite (la molécule) qui soit solubilisée mais plutôt qu'elle soit extraite des cavités de la couche microporeuse (rupture des liaisons pigments-couche réceptrice et/ou drainage mécanique favorisé par le solvant).

d) : acétone

- ⇒ sur tous les papiers pur coton, l'application d'acétone par tamponnage ou avec un bâtonnet de coton n'a pas d'impact sur l'image.
- ⇒ sur tous les papiers barytés, l'application d'acétone par tamponnage ou avec un bâtonnet de coton extrait/solubilise l'encre de manière plus ou moins marquée, mais toujours avec un impact inadmissible sur l'image.

e) : méthyléthylcétone

- ⇒ sur tous les papiers pur coton, l'application de méthyléthylcétone par tamponnage ou avec un bâtonnet de coton n'a pas d'impact sur l'image.
- ⇒ sur tous les papiers barytés, l'application de méthyléthylcétone par tamponnage ou avec un bâtonnet de coton extrait/solubilise l'encre de manière plus ou moins marquée, mais toujours avec un impact inadmissible sur l'image.

f) : toluène

- ⇒ sur tous les papiers, le toluène provoque la diffusion de certaines encres, notamment le jaune ; ceci de manière plus accrue sur les papiers barytés et lorsque l'application est accompagnée d'un frottement au bâtonnet de coton (illustration 19).
- ⇒ une diffusion des encres jaunes au verso du tirage a été constatée sur tous les papiers pur coton, quel que soit le mode d'application (illustration 20). .

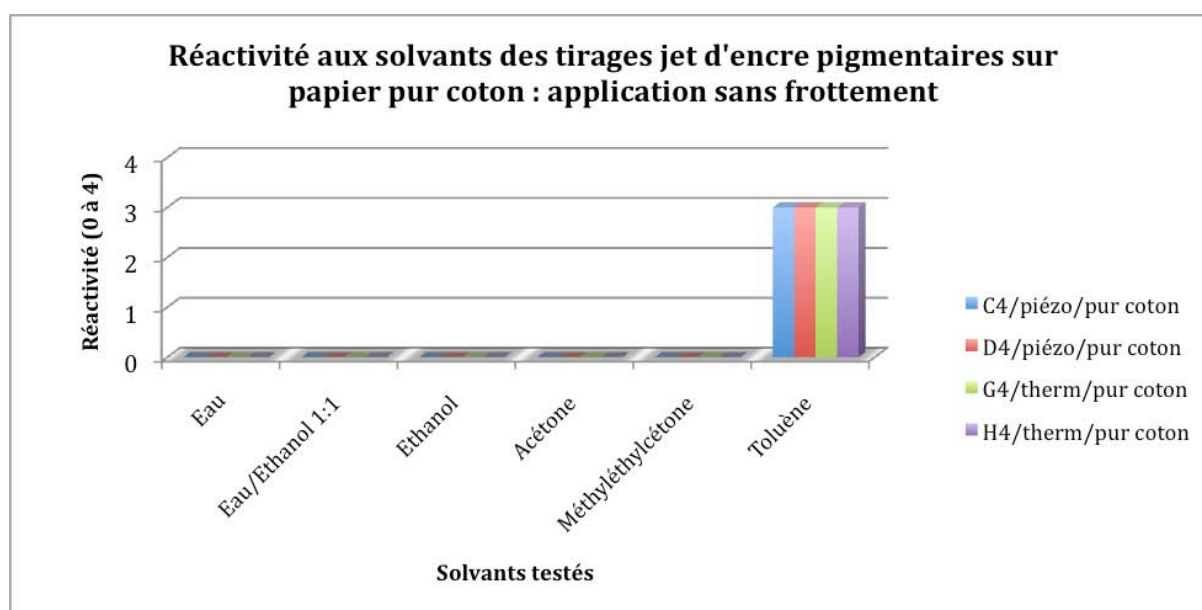


Illustration 19 : effet du toluène sur un papier baryté.
(photo F. Ploye)

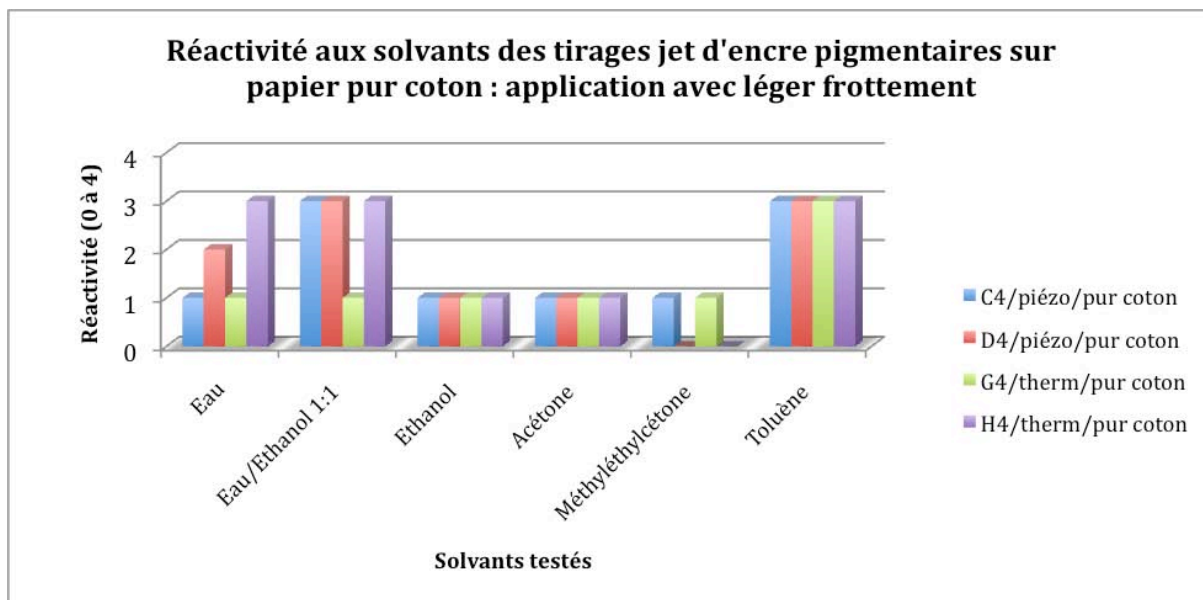


Illustration 20 : l'effet du toluène sur un papier pur coton, bien que moins destructif que sur un papier baryté, provoque des auréoles jaunes (diffusion / solubilisation de certaines encres). (photo F. Ploye)

Les graphiques I I à I 4 présentent ces mêmes résultats par catégories de papiers (pur coton/baryté) et par mode d'application des solvants.



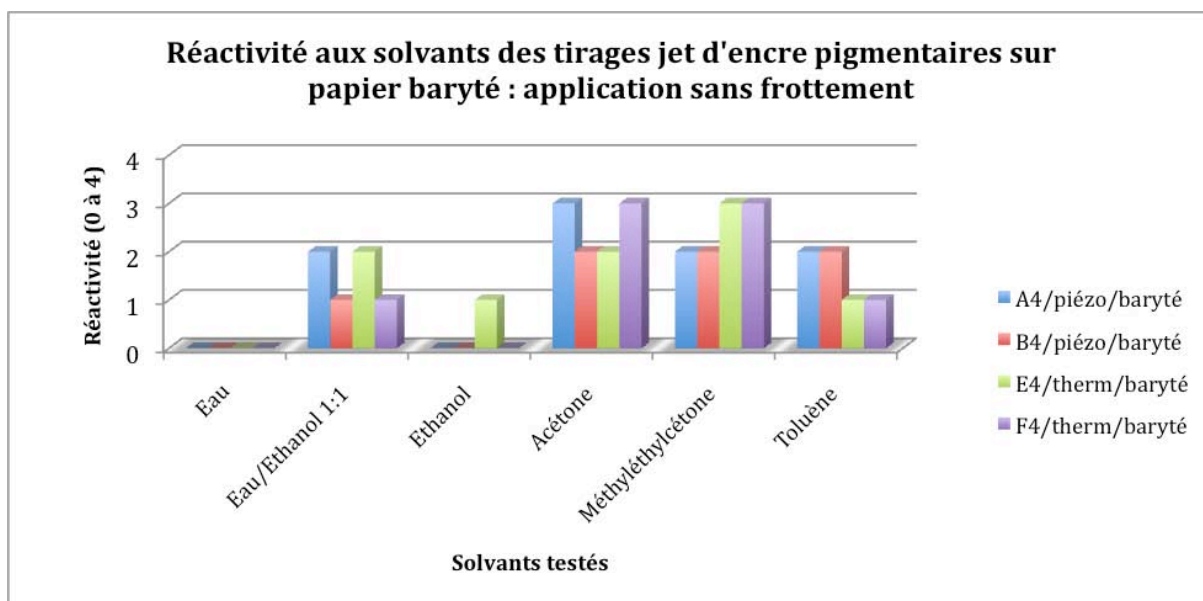
Graphique I I : les papiers pur coton réagissent globalement bien aux solvants si leur application est maîtrisée, sans exercer de frottement. La seule exception est le toluène qui fait diffuser les encres, notamment les jaunes.



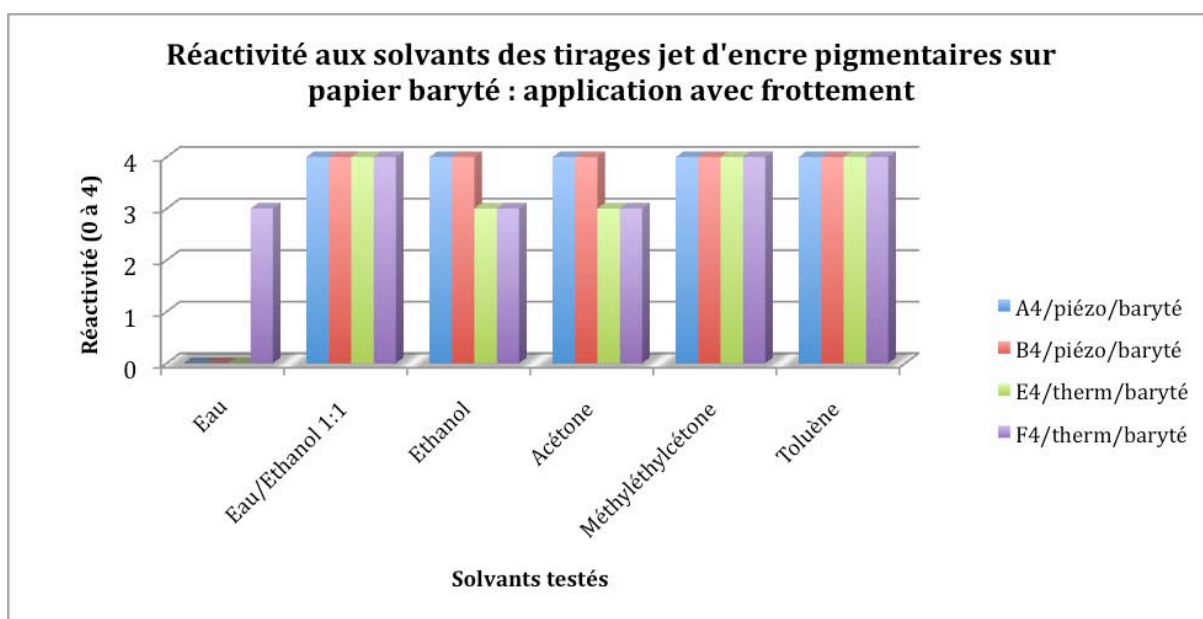
Graphique 12 : appliqué au bâtonnet de coton avec un léger mouvement circulaire, les pigments sont plus facilement désolidarisés de leur support, notamment en présence d'eau qui favorise leur drainage. Les tirages testés réagissent assez bien à l'éthanol, à l'acétone et à la méthyléthylcétone, à condition toutefois que le frottement soit léger (voir supra les tests de sensibilité à l'abrasion).



Illustrations 21 et 22 : résultats des tests de solvants sur les tirages jet d'encre pigmentaire sur papiers pur coton. (photos F. Ploye)



Graphique 13 : les papiers barytés testés réagissent de manière satisfaisante à l'eau et à l'éthanol si leur application est maîtrisée, sans exercer de frottement. Avec les autres solvants, les pigments sont plus facilement extraits de la couche réceptrice microporeuse, ce qui dégrade l'image.



Graphique 14 : les papiers barytés réagissent globalement mal à l'application de solvants associée à un frottement (simulant par exemple un léger nettoyage au moyen d'un bâtonnet de coton). Bien que l'application d'eau semble convenir sur trois types de tirage, le cas de F4 montre que les pigments peuvent, sur certains supports, être plus facilement désolidarisés de la couche réceptrice. Ces résultats appellent à la prudence.



Illustration 23 : résultats des tests de solvants sur les tirages jet d'encre pigmentaire sur papiers barytés. (photo F. Ploye)

Interprétation des résultats

La composition des encres, la nature des supports, leurs affinités mutuelles influencent l'effet d'un solvant sur l'image. Comprendre la composition et le comportement des encres et des supports permet de nous guider dans l'interprétation de ces résultats et d'émettre quelques hypothèses.

Composition des encres³⁰

Les encres pigmentaires aqueuses sont constituées de pigments organiques en suspension dans un véhicule composé essentiellement d'eau déionisée (60-90%) et d'un co-solvant de type glycol ou glycérine (5-30%) dont le rôle est de faciliter la solubilité des pigments organiques ; il modifie aussi la viscosité et la tension de surface de l'encre et sert d'humectant (retarde l'évaporation de l'eau). A priori, ce co-solvant ne s'évapore pas lors du séchage. Les particules colorantes sont parfois encapsulées dans un liant acrylique (notamment chez Epson) qui les protègent contre l'abrasion et la dégradation chimique par les polluants. Un autre composé fondamental est le mordant : il améliore la fixation des particules colorantes sur le support. La cyclodextrine est souvent choisie car elle peut à la fois fixer une molécule colorante hydrophobe (et donc résistante à l'eau et à l'humidité) et en même temps se lier aux matières cellulosiques dans la couche réceptrice. En formant un lien chimique entre la matière colorante et le média, le

³⁰ La composition décrite ici est celle de JÜRGENS, 2009, p. 85-88.

mordant augmente la résistance à l'eau, à la lumière ainsi que la stabilité mécanique. Les encres comportent en outre des inhibiteurs d'affaiblissement à la lumière, des inhibiteurs de corrosion pour protéger les têtes d'impression et enfin des fongicides pour éviter le développement de microorganismes dans les cartouches d'encre.

Composition des supports³¹

- Les papiers pur coton comportent une couche d'enduction minérale dont le rôle est de fixer l'encre en surface pour empêcher sa diffusion dans les fibres du papier. La couche d'enduction peut être composée de carbonate de calcium ou de dioxyde de titane dans un polymère synthétique (poly-vinylalcool) ou naturel (amidon) ou encore composée de silice ou d'alumine³². Les couches d'enduction de deux des cinq échantillons (échantillons C et D), analysés par le laboratoire de l'Inp, sont constitués de silice³³.

- Les papiers barytés sont composés de trois couches : le support en papier pur coton, une couche intermédiaire blanche composée de sulfate de baryum ou d'un pigment blanc dans un liant et enfin la couche réceptrice minérale microporeuse destinée à recevoir des encres pigmentaires. Les couches microporeuses sont généralement composées de micro-particules d'oxydes métalliques (dioxyde de silice ou oxyde d'aluminium) dans un liant de type poly-vinylalcool.

Comportement de l'encre à son arrivée sur le support

- Lorsque l'encre arrive sur la couche réceptrice en carbonate de calcium d'un papier pur coton, le véhicule de l'encre est drainé instantanément vers le bas (vers le verso du tirage) et s'évapore rapidement pendant que les pigments restent fixés en surface.

- Lorsque l'encre arrive sur la couche réceptrice d'un papier baryté, le véhicule de l'encre pénètre rapidement par capillarité dans les micropores de la couche réceptrice et les pigments restent bloqués en surface. Bien que le tirage paraisse rapidement sec, le séchage est plus long qu'avec un papier pur coton, car le véhicule aqueux met du temps à s'évaporer de la couche microporeuse.

Hypothèses

Le mode d'action du véhicule de l'encre que nous venons de décrire nous paraît transposable à celui des solvants que nous testons ici :

- La différence de mode de séchage / drainage du solvant dans la couche réceptrice pourrait expliquer les différences de sensibilité d'une même encre sur les deux types de supports : dans le cas d'un support pur coton, le solvant est drainé rapidement vers le support en coton, loin des pigments ; son effet reste par conséquent très limité. Dans le cas d'un support en papier baryté, le solvant pénètre rapidement les pores par capillarité, mais, ne pouvant pas s'échapper rapidement vers le bas à cause de la couche intermédiaire, il draine les pigments hors de la couche réceptrice.

Cette hypothèse expliquerait pourquoi la matière colorante est extraite sans que l'état de surface (brillance) de la couche réceptrice ne soit modifié. Ce point semble en effet indiquer que la couche réceptrice ne subit pas l'action du solvant, ou seulement de telle manière que sa morphologie reste inchangée.

- Il est en outre possible que le lien pigment organique / couche réceptrice soit moins bon sur un support microporeux que sur la couche réceptrice d'un papier pur coton.

- Les différences, même légères, de réactivité aux solvants au sein d'une même famille de papier (pur coton d'une part et papier baryté d'autre part) que nous avons constatées pourraient

³¹ Pour plus d'informations sur les différents supports, voir JÜRGENS, 2009, p. 88-99.

³² *Ibid.* p. 91-92.

³³ Microanalyses élémentaires MEB/EDS.

s'expliquer par des affinités variables du mordant contenu dans l'encre avec les différentes couches réceptrices. La composition et la structure de ces dernières varient en effet, même au sein d'une même « famille » de papier.

- Il semblerait par ailleurs que la rapidité de pénétration du solvant aqueux et sa mouillabilité aient une influence sur la force de drainage des pigments : ceci expliquerait pourquoi le mélange eau/éthanol est plus agressif que l'eau ou l'éthanol seuls.

- Enfin, le toluène provoque une diffusion de l'encre à l'intérieur de la couche réceptrice. Dans ce cas, il est possible que la matière colorante ne soit pas seulement drainée / déplacée, elle également modifiée, solubilisée.

Conclusion des tests de solvants

Les solvants testés sont : eau ; eau/éthanol ; éthanol ; acétone ; méthyléthylcétone, toluène.

- Les encres réagissent différemment aux solvants testés sur un papier pur coton et sur un papier baryté.

- Globalement, les encres pigmentaires sont moins réactives aux solvants testés lorsqu'elles sont déposées sur un papier pur coton. Elles sont plus facilement déplacées et drainées, lorsqu'elles sont sur un papier baryté, c'est à dire sur une couche réceptrice microporeuse.

- La couche réceptrice microporeuse proprement dite ne semble pas dégradée par les solvants.

- La couche réceptrice des papiers pur coton peut plus facilement être dégradée mécaniquement, notamment sous l'action associée eau/frottement dans le cas des supports les plus fibreux.

- Les tirages sur papiers pur coton sont moins réactifs aux solvants mais leur effet doit être testé au préalable, car certains tirages peuvent être plus réactifs que d'autres.

- Tous les tirages pigmentaires, sur papier pur coton ou baryté, réagissent mal au toluène. Ce solvant est à proscrire dans tous les cas.

Conclusion de la recherche appliquée

Cette recherche appliquée a permis de préciser les fragilités des tirages jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton et sur papier baryté. Il s'agit des techniques de jet d'encre dont l'usage est aujourd'hui le plus répandu.

La sensibilité mécanique de ces techniques est confirmée et précisée : certaines sont plus fragiles que d'autres ; les facteurs déterminant seraient, dans le cadre de notre protocole de test, la nature du récepteur de l'encre et le degré de pénétration de celle-ci.

Nous avons montré que certains supports pur coton pourront supporter des traitements de restauration en milieu humide (traitement léger d'humidification / mise à plat ; nettoyage léger au coton imbibé d'eau), voire même avec certains solvants organiques et que cela peut s'avérer plus délicat sur les papiers barytés. Dans tous les cas, la diversité des produits dans ce domaine invite à la prudence ; ces résultats sont indicatifs et doivent simplement nous orienter dans le choix de nos tests préalables à toute restauration.

Les tests de montage sur charnières nous orientent vers des charnières en papier de conservation souples fixées avec des adhésifs acryliques, sans apport aqueux. Leur réversibilité est satisfaisante sur les échantillons testés.

Par ailleurs, la prise en compte du seuil de tolérance nous paraît particulièrement importante dans le traitement de ces supports. Un tirage peut, par exemple, supporter une humidification légère, alors qu'un apport d'eau plus important pourra suffire au drainage des pigments hors de la couche réceptrice. Il en va de même pour des solvants qui pourront être utiles en quantité minimale sur certains tirages, par exemple pour solubiliser un adhésif et qui, au contraire, risqueraient d'extraire les pigments si la méthode d'application du solvant n'est pas adaptée.

4. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES POUR LA CONSERVATION PRÉVENTIVE DES TIRAGES JET D'ENCRE

Nos recommandations sont basées pour l'essentiel sur le travail de Martin Jürgens, du DP3 Project de l'Image permanence Institut ainsi que sur nos propres recherches, tests et expériences sur ces supports depuis 2006. A noter qu'il s'agit de recommandations d'ordre général qui pourront, le cas échéant, être affinées au cas par cas.

Identification

Identifier la technique d'un procédé est une aide précieuse pour en évaluer les fragilités spécifiques. La transmission des informations peut être assurée via un questionnaire technique que l'artiste et/ou l'atelier de tirage, complètent à l'acquisition³⁴.

Les informations clé qui permettront au restaurateur d'identifier la technique d'une œuvre et d'en évaluer les fragilités sont les suivantes :

- le type d'imprimante, de préférence avec la marque et le numéro de modèle ;
- le type d'encre, de préférence avec les références ;
- le type de support, de préférence avec la marque et les références.
- la nature des éventuels traitements de surfaçage (verniss, lamination plastique, etc.).
- les coordonnées de l'atelier de tirage pour obtenir des renseignements complémentaires ou compléter les informations manquantes.
- le cas échéant les coordonnées de l'atelier de montage et de l'atelier d'encadrement.

Stockage

- Les impressions numériques sont particulièrement sensibles aux polluants suivants : ozone, peroxydes, oxydes d'azotes, oxydes de soufre, sulfure d'hydrogène. Ces polluants sont largement présents dans l'air des villes (gaz d'échappement, rejets industriels, etc.) et provoquent un affaiblissement et une modification de la balance des couleurs de l'image ou une dégradation des polymères³⁵.
- Éviter les espaces de stockage pollués (pollution interne comme externe). Dans le cas d'espaces de stockage très pollués, les œuvres doivent être protégées dans des conditionnements efficaces.
- Le climat idéal de stockage pour les tirages à base de colorants instables est 4°C et 30% d'humidité relative ; ou tout au moins une température la plus basse possible et une humidité relative comprise entre 30-60%. Cela correspond aux recommandations de stockage pour les photographies couleurs argentiques.
- Les impressions numériques les plus stables peuvent être conservées à 18°-20°C. Cela correspond aux recommandations de stockage pour les photographies monochromes argentiques.
- Éviter les fluctuations de température et d'humidité.

Conditionnement des tirages jet d'encre pigmentaires sur papier pur coton et sur papiers barytés

Les conditionnements doivent tenir compte des différentes fragilités de ces supports³⁶ : sensibilité à l'abrasion, aux polluants et à l'humidité pour certains.

³⁴ Voir le questionnaire proposé en partie 7 de ce travail.

³⁵ JÜRGENS, 2009, p. 226.

³⁶ Voir notamment BURGE et al. 2007 ; BURGE et al. 2010b et 2010c ; JÜRGENS, 2009 ; PLOYE et al. 2009 a et PLOYE, 2008 ; ainsi que les résultats de la recherche appliquée présentée ici.

- Les papiers de conservation répondant à la norme ISO 18902³⁷ conviennent d'un point de vue chimique : papier pur coton ou comportant une teneur en alphacellulose supérieure à 87%, avec ou sans réserve alcaline³⁸.
- Les papiers lisses, d'un grammage minimum de 120g/m², comportant un bon encollage, procurent une bonne protection face aux polluants et aux abrasions.
- Les plastiques de conservation répondant à la norme ISO 18902 semblent adaptés car ils n'auraient aucun impact chimique sur ces techniques³⁹. En outre, ils sont très peu perméables aux polluants, ce qui est particulièrement importants dans le cas des tirages jet d'encre les plus fragiles. Ces plastiques sont cependant électrostatiques et eux mêmes mécaniquement très fragiles (le polyester plus que le polyéthylène). Les bords et plis de manipulation peuvent dégrader l'encre pigmentaire d'un tirage sur papier pur coton.
- Dans le cas d'un environnement de conservation pollué nous préconisons un conditionnement « double peau » : un papier de conservation placé en contact avec l'œuvre + une pochette/feuille de polyester/polyéthylène en deuxième peau pour mieux bloquer les polluants. Les œuvres ainsi conditionnées sont rangées dans des boîtes de conservation ou des armoires à plan. Il est par ailleurs envisageable d'utiliser des matériaux de conditionnement comportant des filtres en charbon actif de type Micro-Chamber®.
- Dans le cas des tirages les plus fragiles à l'abrasion, les systèmes de montages évitant tout contact avec la surface de l'œuvre et protégeant néanmoins des polluants sont préférables.

Manipulation

- Ne pas rouler les œuvres : elles sont souvent constituées de matériaux peu flexibles : les risques de cassures ou de déformations irréversibles sont importants.
- Éviter les gouttes d'eau, d'alcool, d'autres liquides sur la surface des images.
- Éviter les abrasions lors du portage et du transport : porter de préférence des gants en nitrile fins non poudrés, qui sont moins abrasifs et ne « transpirent » pas comme peuvent le faire les gants en coton.
- Ne jamais nettoyer ou gommer « en urgence » une saleté sur un tirage.
- Emballage : éviter les matériaux et adhésifs de nature inconnue qui peuvent réagir chimiquement avec certains composants des couches réceptrices (jaunissement localisé).

Encadrement et exposition

- Les impressions numériques en général, et les tirages jet d'encre en particulier, se conservent mieux s'ils sont protégés dans des encadrements qui filtrent les rayons lumineux et les polluants nocifs lors des expositions.
- Avant de procéder à l'encadrement, il est fondamental de respecter le temps de séchage complet des tirages. En effet, ces derniers peuvent paraître secs au toucher mais dégager encore progressivement le véhicule de l'encre (eau ou solvants organiques). Cela concerne plus particulièrement les supports multicouches ou les couches réceptrices microporeuses. Si le temps de séchage n'est pas respecté, un voile composé des produits résiduels de l'encre se dépose sur la face intérieure du verre. Il faut alors décadrer pour nettoyer ce voile.
- Éviter les oxydants puissants dans les matériaux scénographiques.

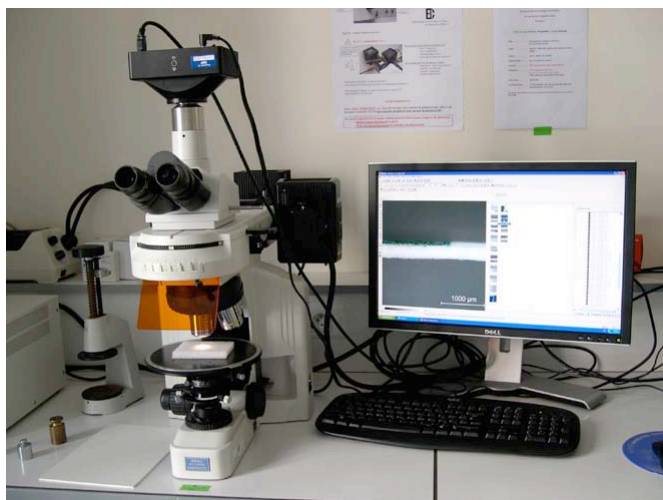
³⁷ ISO 18902 : 2007.

³⁸ Selon BURGE et al. 2010a, la présence d'une réserve alcaline n'a aucun impact notoire sur l'encre des tirages et sur leur couche réceptrice. Les papiers comportant une réserve alcaline seraient donc adaptés.

³⁹ Ibid.

5. FICHES D'IDENTIFICATION ET DE CONSERVATION

L'objectif principal est de proposer une méthode d'identification simple, non destructive, utilisable aisément en contexte professionnel. Elle est basée sur l'observation visuelle au moyen d'outils d'usage courant (œil, loupe grossissement 10 à 30 fois, microscope ; sous lumière normale, rasante et spéculaire) ainsi que sur la connaissance des matériaux, des usages et des domaines d'applications spécifiques aux différentes techniques.



Illustrations 24 et 25 : le matériel d'observation et de prise de vue microscopique de l'Inp (à gauche) et des loupes portatives procurant des grossissements de 9x à 30x (à droite). (Photos F. Ploye)

Nous proposons des fiches d'identification et de conservation pour les cinq techniques jet d'encre les plus représentées dans les collections au moment de notre étude : le tirage jet d'encre Iris ; le tirage jet d'encre pigmentaire de type Fine Art sur papier pur coton ; le tirage jet d'encre pigmentaire de type Fine Art sur papier baryté ; le tirage jet d'encre sur papier RC multicouches ; le tirage jet d'encre à solvants.

Chaque fiche répond aux questions suivantes :

1. Quel est le principe de cette technique ?
2. Quel est son domaine d'application ?
3. Comment identifier cette technique ?
4. Avec quoi puis-je la confondre ?
5. A quoi cette technique est-elle fragile ?
6. Comment protéger cette technique au quotidien (conservation préventive) ?
7. Quelles sont les possibilités de restauration envisageables ?
8. Qu'elle est la terminologie adaptée ?

L'échelle de sensibilité aux facteurs de dégradation utilisée est la suivante :

- 1 = pas particulièrement sensible
- 2 = peu sensible
- 3 = sensible
- 4 = très sensible
- 5 = extrêmement sensible

FICHE I : LE TIRAGE JET D'ENCRE IRIS

1. Quel est le principe de cette technique ?

- Jet d'encre continu à déflexion électrostatique binaire.
- Encres aqueuses à base de colorants organiques, quatre couleurs : CMJN.
- La tête d'impression est piézoélectrique.
- Le papier est monté sur un tambour.

2. Quel est son domaine d'application ?

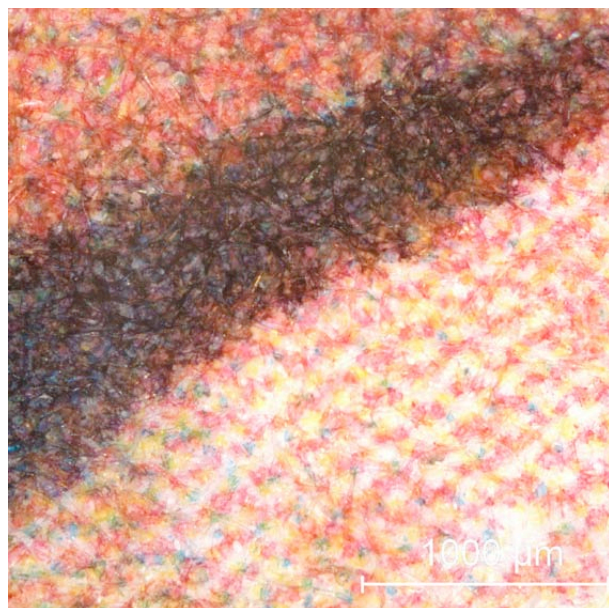
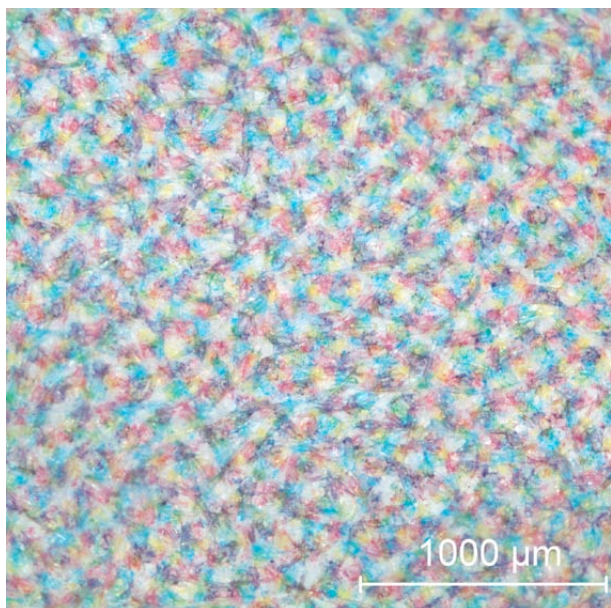
- Professionnel (coûteux).
- Destiné à l'origine pour l'épreuve Offset (1987 première imprimante Iris 3047) sur papier couché.
- Fine Art Printing : le tirage Iris est adopté progressivement par les artistes au début des années 1990 car son rendu des couleurs est très bon.
- Marché de la reproduction d'œuvres d'art (Giclée).
- Age d'or dans les années 1990 puis déclin progressif avec l'arrivée du jet d'encre pigmentaire. La majorité des tirages Iris ont été fait sur le modèle original 3047.
- Fin de production à la moitié des années 2000 mais des imprimeurs peuvent avoir gardé leur imprimante et consommables Iris et faire encore des tirages (cas non exclu mais de plus en plus rare et improbable).

3. Comment identifier cette technique ?

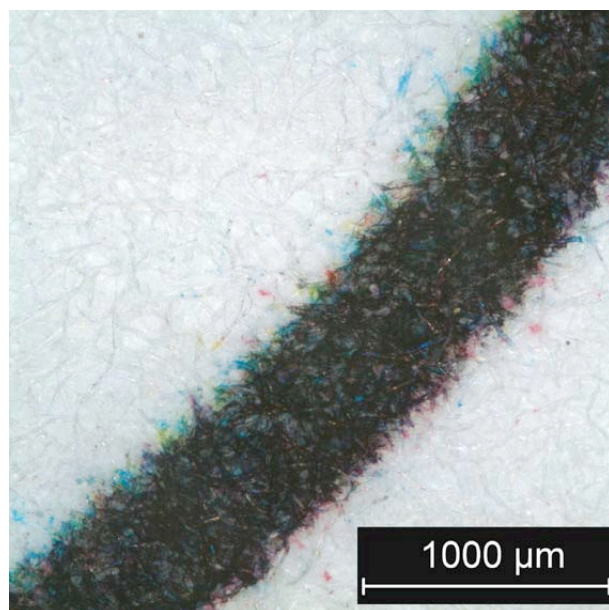
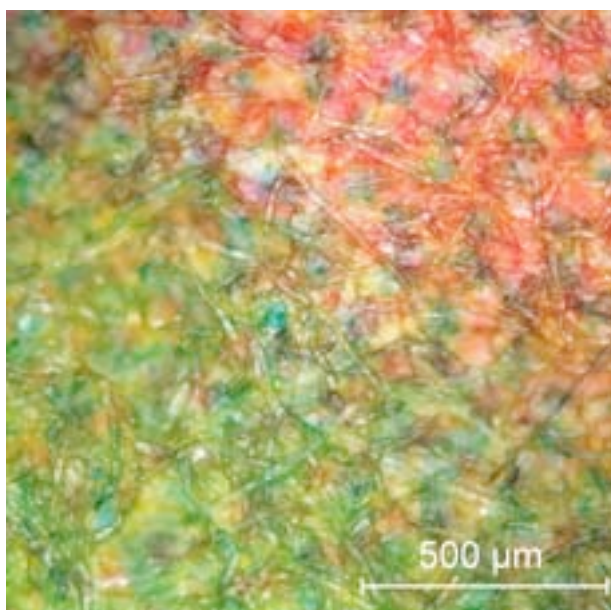
- Sur papier pur coton : esthétique « art graphique » encre déposée et intimement liée aux fibres du papier ne comportant pas toujours une couche réceptrice.
- Sur papier couché : esthétique Offset.
- Sur tous type de supports souples et peu épais (moins fréquent)
- Très bonne qualité d'image pour un jet d'encre de cette époque.
- Présence d'un traitement de finition pour protéger l'encre fragile à l'abrasion possible : fixatif ou vernis.
- Format maximum : A0 (119 x 84 cm).

A la loupe 10x ou 30x

- Le seul jet d'encre à avoir une trame régulière.
- Trame en forme de rosette ou avec un alignement des points selon un angle à 55° ou à 90°.
- Quatre couleurs d'encre : cyan, magenta, jaune et noir.
- Gouttes d'encre de largeur variable dont les contours sont diffus car les colorants diffusent sur le support pur coton. Le contour de la goutte est plus franc sur les supports en papier couché.



Illustrations 26 et 27 : tirage jet d'encre Iris sur papier pur coton ; on distingue la trame régulière (ordonnance régulière des gouttes d'encre). Les gouttes d'encre sont de couleur jaune, magenta, cyan et noir. Grossissements 32x. (Photo F. Ploye)



Illustrations 28 et 29 : tirage jet d'encre Iris sur papier pur coton ; les colorants sont intimement liés aux fibres du papier ; ici les fibres sont longues et la couche d'enduction (couche réceptrice) est à peine perceptible. Grossissements 75x à gauche et 32x à droite. (Photo F. Ploye)

4. Avec quoi puis-je la confondre ?

- Avec une impression Offset s'il s'agit d'un tirage sur papier couché. Les impressions Offset sur papier pur coton sont rares mais possibles.

5. A quoi cette technique est-elle sensible ?

- Eau : les colorants sont solubles à l'eau et à l'humidité élevée (niveau 5). A priori, les dernières générations d'encre Iris sont plus résistantes à l'eau et à l'humidité.
- Polluants : colorants très sensibles aux polluants (niveau 4-5).
- Lumière : sensible aux UV et plus largement à la lumière visible (niveau 4).
- Abrasion : l'image (l'encre) peut être abrasée de la même manière que la couche image sur un papier salé. Le niveau de sensibilité à l'abrasion dépend de la structure de surface du papier : une rugosité (grain) plus marquée accroît la sensibilité à l'abrasion. Cette dernière est par conséquent variable (niveau 2-4).

6. Comment protéger cette technique au quotidien ?

- HR inférieure à 70%.
- Eviter tout contact avec des liquides.
- Stockage à l'abri des polluants.
- Eviter de toucher la surface de l'image.
- Exposition sous cadre à l'abri des polluants.

7. Quelles sont les possibilités de restauration ?

- Dépoussiérage au pinceau doux.
- Sensible à l'eau et à l'humidité.
- La sensibilité aux autres solvants n'a pas été testée.

8. Quelle est la terminologie adaptée ?

- Tirage jet d'encre Iris sur papier pur coton.
- Tirage jet d'encre Iris (colorants) sur papier pur coton.

FICHE 2 : LE TIRAGE JET D'ENCRE PIGMENTAIRE DE TYPE FINE ART SUR PAPIER PUR COTON

1. Quel est le principe de cette technique ?

- Jet d'encre goutte à la demande.
- Encres aqueuses à base de pigments organiques, CMJN au début des années 1990. Aujourd'hui jusqu'à huit couleurs (CcMmJjKk) ou même douze couleurs (s'ajoutent les couleurs primaires BVR et/ou des mélanges, des gris, afin d'améliorer la richesse de la gamme des couleurs.
- Les têtes d'impression sont piézoélectriques ou thermiques.

2. Quel est son domaine d'application ?

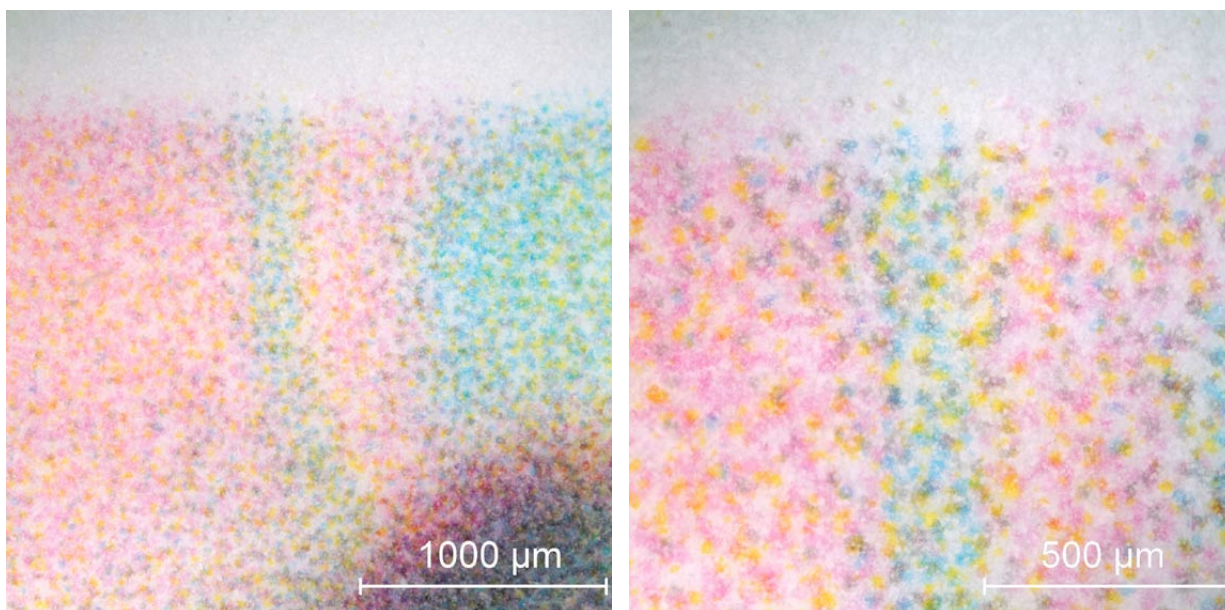
- Depuis le début des années 1990.
- Professionnel, artistique.
- Destiné au tirage de haute qualité image dans le cadre du « Fine Art Printing ». Il s'agit dans un premier temps d'une alternative au tirage Iris considéré comme trop fragile.
- Marché de la reproduction d'œuvres d'art (Giclée).

3. Comment identifier cette technique ?

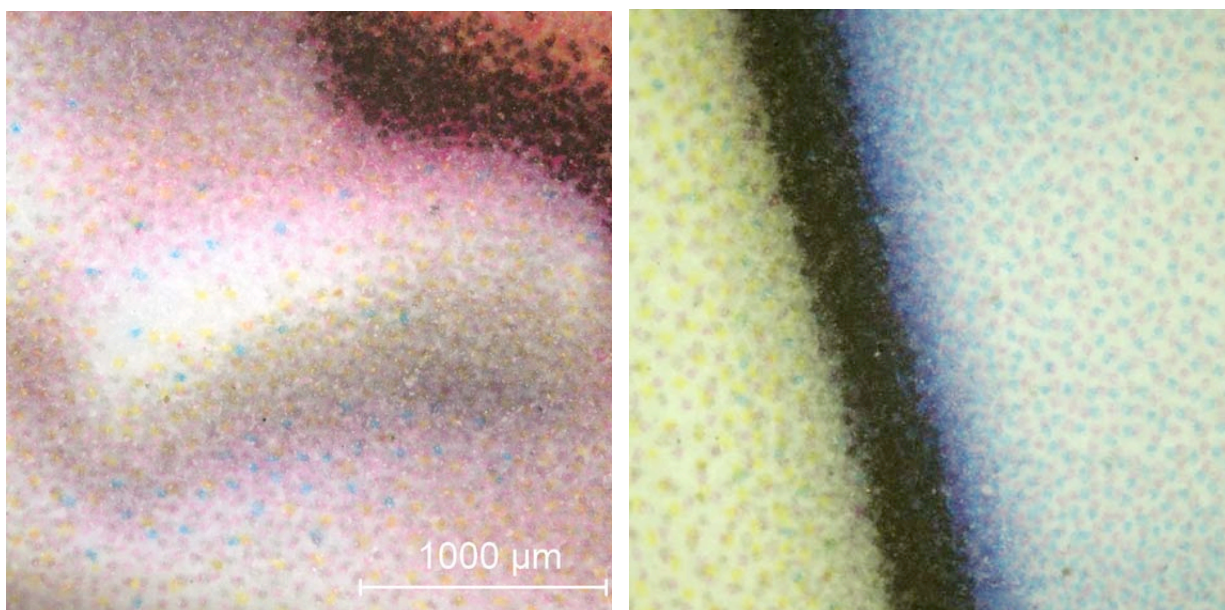
- Sur papier pur coton : esthétique « art graphique ».
- La surface du papier est plus ou moins lisse, plus ou moins grainée mais toujours mate.
- Très bonne qualité d'image : la résolution peut être excellente.
- Présence d'un traitement de finition pour protéger l'encre fragile à l'abrasion possible : fixatif ou vernis.

A la loupe 10x ou 30x

- L'encre est plus ou moins liée aux fibres du papier : cela dépend de la couche réceptrice (enduction à base de carbonate de calcium, de silice ou autre) qui peut être très fine ou plus épaisse au point de recouvrir les fibres du papier. Dans ce dernier cas, on distingue les fibres sur les bords ou dans les zones où la couche d'enduction est lacunaire (petits accidents de surface).
- Jet d'encre à trame irrégulière.
- Gouttes d'encre de largeur variable dont les contours sont plus ou moins nets, selon l'épaisseur de la couche d'enduction.
- Sur les tirages les plus récents, les gouttes peuvent être imperceptibles à l'œil nu et difficiles à distinguer à la loupe 10x, mais visibles en grossissement 30x.



Illustrations 30 et 31 : tirage jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton (échantillon G – surface mate, très lisse) ; les gouttes sont ici de couleurs jaune, magenta, cyan, mais également orange et marron. La trame (l'ordonnance) des gouttes est irrégulière. Grossissements 32x à gauche et 75x à droite. (Photo F. Ploye)



Illustrations 31 et 32 : tirages jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton, marques d'imprimantes différentes ; sur les papiers pur coton les contours des gouttes sont plus diffus que sur les papiers comportant une « vraie » couche réceptrice qui isole les gouttes du support en papier (papiers barytés et papiers RC). Grossissements 32x. (Photo F. Ploye)

4. Avec quoi puis-je la confondre ?

- Avec un jet d'encre à base de colorants Iris sur papier pur coton : dans ce cas il faut observer l'organisation des gouttes à la loupe 10x ou 30x : un trame régulière indique un tirage Iris.
- Avec un jet d'encre à base de colorants (goutte à la demande, avec trame irrégulière) sur papier pur coton. Aujourd'hui tous les ateliers de tirage professionnel utilisent des encres pigmentaires pour les tirages sur les papiers pur coton. Il est néanmoins possible que dans les années 1990, et même dans les années 2000, des encres à base de colorants (autre que Iris) aient été utilisées sur ce type de papier, car au début la gamme de couleurs obtenue avec les systèmes pigmentaires étaient inférieures à celles des colorants. Nous pensons notamment aux photographes qui, à cette époque, possédaient des imprimantes fonctionnant avec des encres à base de colorants (de marque Canon, par exemple) et réalisaient leurs propres tirages de qualité en petit et moyen formats sur le papier de leur choix, notamment sur les papiers pur coton. Il est difficile de distinguer les pigments des colorants sur ce type de papier. Néanmoins, la particule de colorant, plus fine, pénètre mieux le papier que la particule pigmentaire, plus grosse. Cette différence de pénétration des pigments et des colorants peut être perceptible dans les fortes densités : une densité forte de pigments procure un effet de matière clairement visible ; une densité forte de colorants procure un effet coloré fort mais la matière ne reste pas en surface, elle est intimement liée aux fibres du papier.

5. A quoi cette technique est-elle sensible ?

- Eau : les pigments sont généralement peu sensibles à l'eau et à l'humidité élevée (niveau 2). Certaines couleurs peuvent cependant être plus sensibles si leur molécule est plus petite.
- Polluants : pigments sensibles aux polluants oxydants (niveau 3).
- Lumière : peu sensible aux UV et plus largement à la lumière visible (niveau 2).
- Abrasion : l'image pigmentaire peut être facilement abrasée ou brunie, notamment dans les hautes densités. Le niveau de sensibilité à l'abrasion dépend de la structure de surface du papier : une rugosité (grain) plus marquée accroît la sensibilité à l'abrasion. Cette dernière est par conséquent variable (niveau 3-5).

Remarque : depuis le milieu des années 2000 l'usage est d'employer des encres pigmentaires sur les supports pur coton. Néanmoins, il faut garder à l'esprit qu'il peut aussi s'agir d'un tirage à base de colorants (autre que Iris) fait par un adepte de cette technique avant ou après l'avènement des systèmes pigmentaires. La distinction visuelle des deux types d'encres étant difficile sur ce type de support, l'information ne peut provenir que de l'artiste ou du tireur. S'il s'agit finalement d'un tirage à base de colorants sur papier pur coton, ou si le doute persiste, il est préférable de le conserver comme un tirage jet d'encre Iris sur papier pur coton (fiche 1).

6. Comment protéger cette technique au quotidien ?

- Stockage à l'abri des polluants.
- Eviter de toucher la surface de l'image.
- Exposition sous cadre à l'abri des polluants.

7. Quelles sont les possibilités de restauration ?

- Dépoussiérage au pinceau doux.
- Traitement doux d'humidification / mise à plat possible si bien maîtrisé.
- Traitement à l'aide de solvants sans frottement envisageable (procéder à des tests préalables) avec : eau déminéralisée, éthanol absolu, mélange eau/éthanol 1:1, acétone, méthyléthylcétone. Toluène à proscrire.
- Traitement à l'aide de solvants avec léger frottement envisageable (procéder à des tests préalables) avec : éthanol absolu, acétone, méthyléthylcétone. Toluène à proscrire.
- Un montage sur charnière « à sec » semble préférable car les colles aqueuses ont tendance à déformer le tirage (courbure). La colle d'amidon peut exercer des tensions qui seront d'autant plus fortes que la couche d'enduction est épaisse.

8. Quelle est la terminologie adaptée ?

- Tirage jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton.

FICHE 3 : LE TIRAGE JET D'ENCRE PIGMENTAIRE DE TYPE FINE ART SUR PAPIER BARYTE

1. Quel est le principe de cette technique ?

- Jet d'encre goutte à la demande.
- Encres aqueuses à base de pigments organiques. Jusqu'à huit couleurs (CcMmJjKk) ou même douze couleurs (s'ajoutent les couleurs primaires BVR et/ou des mélanges, des gris, afin d'améliorer la richesse du rendu des couleurs).
- Les têtes d'impression sont piézoélectriques ou thermiques.

2. Quel est son domaine d'application ?

- Depuis 2007.
- Professionnel, artistique.
- Destiné au tirage de haute qualité image ayant une esthétique plus photographique que la version pigmentaire sur papier pur coton (cf. fiche 2).
- S'apparente ou évoque le tirage traditionnel gélatino-argentique sur papier baryté, symbole de qualité chez les photographes professionnels.

3. Comment identifier cette technique ?

- Sur papier brillant et plus rarement mat : la structure de surface évoque celle des papiers barytés argentiques brillants.
- Très bonne qualité d'image : la résolution peut être excellente.
- Tirage composé de trois couches : support en papier assez épais (type cartoline – double weight – env. 300g/m²) + couche isolante blanche intermédiaire + couche réceptrice microporeuse.
- Sur les papiers brillants, on peut distinguer :
 - ⇒ des différences de brillances entre les parties encrées et les parties non encrées ;
 - ⇒ un effet de bronzage⁴⁰ possible dans les fortes densités, notamment dans les noirs ;
 - ⇒ une irisation en lumière spéculaire visible à la loupe et parfois à l'œil nu⁴¹.

Remarque : les encres à base de colorants ne provoquent ni bronzage ni irisation, il s'agit donc d'un indice précieux pour distinguer les deux types d'encres.

- L'encre est posée sur la couche réceptrice. Elle est totalement isolée du support en papier par la couche intermédiaire : les fibres du papier sont par conséquent invisibles à la loupe.

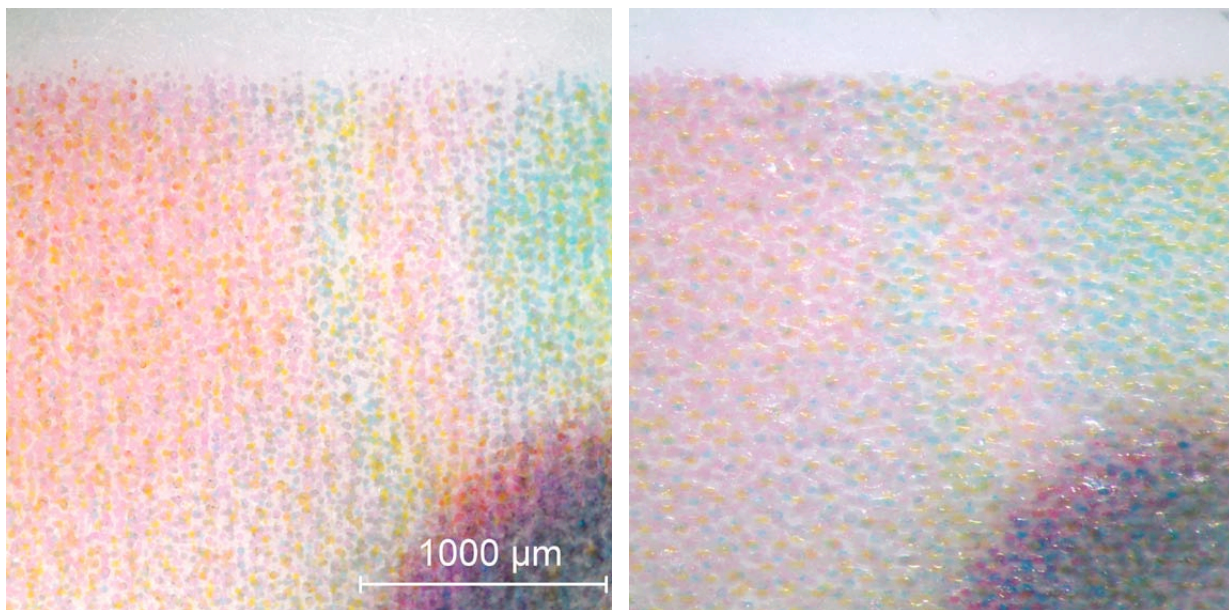
A la loupe 10x ou 30x

- Jet d'encre à trame irrégulière.
- Gouttes d'encre de largeur variable dont les contours sont très nets, car isolés du support en papier.

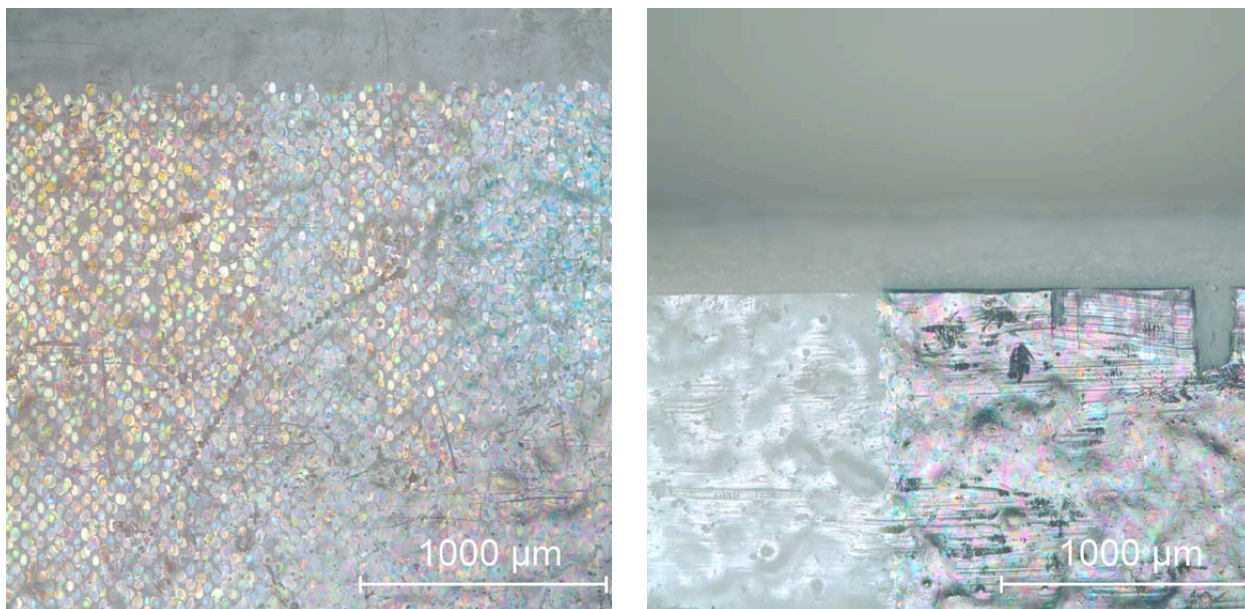
⁴⁰ Le bronzage est le miroitement provoqué par un dépôt important de pigments sur la surface du papier brillant ; il ressemble un peu à un miroir d'argent mais sa couleur est généralement plus dorée.

⁴¹ Ce sont les pigments déposés sur la surface brillante du tirage qui irisent en lumière spéculaire. On parle parfois de « bronzage coloré ».

- Sur les tirages les plus récents, les gouttes peuvent être imperceptibles à l'œil nu et difficiles à distinguer à la loupe 10x, mais visibles en grossissement 30x.



Illustrations 34 et 35 : tirage jet d'encre pigmentaire sur papier baryté brillant ; à gauche sous lumière normale et à droite sous une lumière rasante qui permet de mettre en valeur le « relief » des gouttes déposées sur la couche réceptrice. Grossissements 32x. (Photo F. Ploye)



Illustrations 36 et 37 : à gauche détail identique que les ill. 34 et 35, cette fois la lumière spéculaire met en valeur l'irisation des gouttes d'encre pigmentaire. A droite, la jonction marge / image : on distingue le blanc de la couche de baryte qui recouvre les fibres du support en papier. Grossissements 32x. (Photo F. Ploye)

4. Avec quoi puis-je la confondre ?

- Les versions monochromes noir neutre de qualité peuvent être confondues avec des tirages gélatino-argentiques sur papier baryté. A la loupe 10x ou 30x on distingue cependant les gouttes d'encre.
- Bien que les papiers barytés soient conçus pour les encres pigmentaires (couche réceptrice microporeuse, volonté de durabilité, etc.), il est techniquement possible de faire un tirage sur papier baryté avec une imprimante utilisant des encres à base de colorants. Il s'agirait cependant d'un contre emploi, volontaire ou basé sur l'ignorance, puisque cette pratique n'est pas recommandée par les professionnels du tirage. Dans ce cas cependant, les particules colorées pénètrent plus profondément dans la couche réceptrice, il n'y a pas d'effet de bronzage ou d'irisation. Le tirage est moins résistant à tous les facteurs de dégradation, hormis, peut-être, à l'abrasion.

5. A quoi cette technique est-elle sensible ?

- Eau : les pigments sont généralement peu sensibles à l'eau et à l'humidité élevée (niveau 2). Certaines couleurs peuvent cependant être plus sensibles si leur molécule est plus petite.
- Polluants : pigments sensibles aux polluants oxydants (niveau 3).
- Lumière : peu sensible aux UV et plus largement à la lumière visible (niveau 2).
- Abrasion : les tirages pigmentaires sur papiers barytés brillants sont généralement moins fragiles à l'abrasion que les versions sur papier pur coton. La sensibilité à l'abrasion peut cependant être variable d'un papier à l'autre. Elle dépend pour beaucoup de la qualité de surface de la couche réceptrice. Ces papiers marquent généralement à l'ongle (niveau 2-4).

6. Comment protéger cette technique au quotidien ?

- Stockage à l'abri des polluants.
- Eviter de toucher la surface de l'image.
- Exposition sous cadre à l'abri des polluants.

7. Quelles sont les possibilités de restauration ?

- Dépoussiérage au pinceau doux et délicatement avec un tissu microfibres très fin et très doux.
- Le traitement (même doux) d'humidification / mise à plat semble aléatoire (cf. supra les résultats de nos tests).
- Les traitements ponctuels, sans frottement, avec de l'eau déminéralisée ou de l'éthanol absolu semblent envisageables (procéder à des tests préalables).
- Proscrire les traitements nécessitant l'application de solvants par frottement.
- Un montage sur charnière « à sec » est préférable car les colles aqueuses déforment assez fortement le tirage (courbure des bords). La colle d'amidon exerce des tensions sur la couche réceptrice et vraisemblablement aussi sur la couche intermédiaire.

8. Quelle est la terminologie adaptée ?

- Tirage jet d'encre pigmentaire sur papier baryté.

FICHE 4 : LE TIRAGE JET D'ENCRE SUR PAPIER RC MULTICOUCHE

Il existe un grand nombre de variétés de tirage jet d'encre sur papier RC multicouche. Notre fiche est basée sur leurs caractéristiques générales communes et ne tient pas compte des particularités de chaque produit. Notons cependant que de manière générale, les tirages de qualité professionnelle auront une qualité image supérieure et seront plus résistants que les tirages réalisés à partir des imprimantes et consommables destinés au marché amateur.

1. Quel est le principe de cette technique ?

- Jet d'encre goutte à la demande.
- Encres aqueuses à base de pigments ou de colorants organiques. Jusqu'à huit couleurs (CcMmJjKk) ou même douze couleurs (s'ajoutent les couleurs primaires BVR et/ou des mélanges, des gris, afin d'améliorer la richesse du rendu des couleurs.
- Les têtes d'impression sont piézoélectriques ou thermiques.

2. Quel est son domaine d'application ?

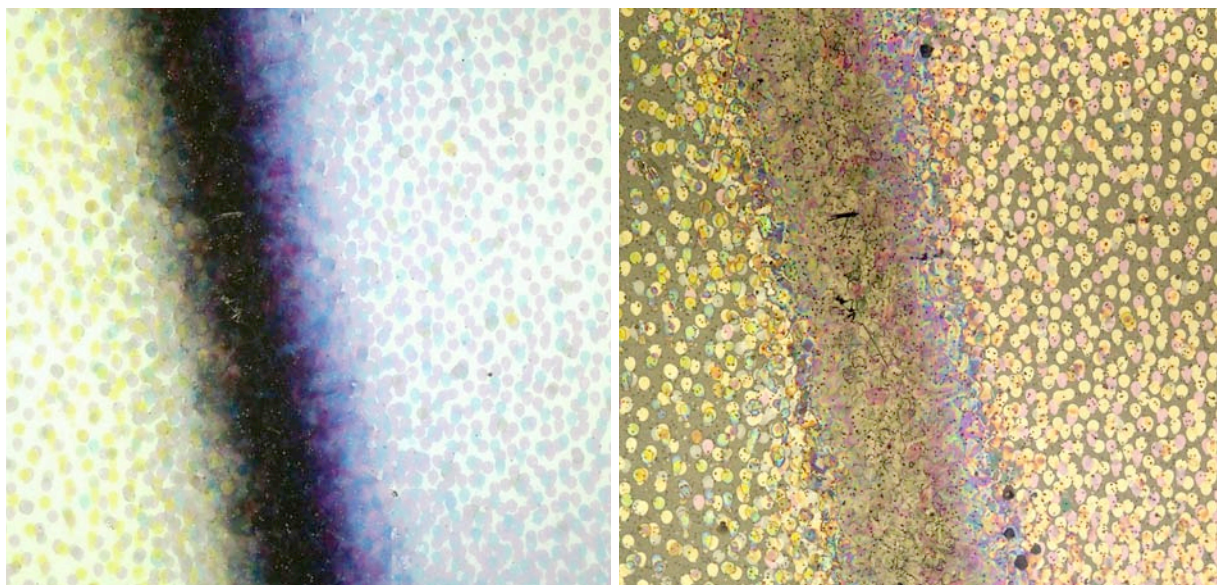
- Depuis le début des années 1990.
- Amateur, professionnel, artistique.
- Destiné au tirage imitant la photographie couleur argentique « traditionnelle » de type chromogène sur support plastique. La qualité image est variable : très haute en qualité professionnelle, plus moyenne, voire médiocre, en qualité amateur.

3. Comment identifier cette technique ?

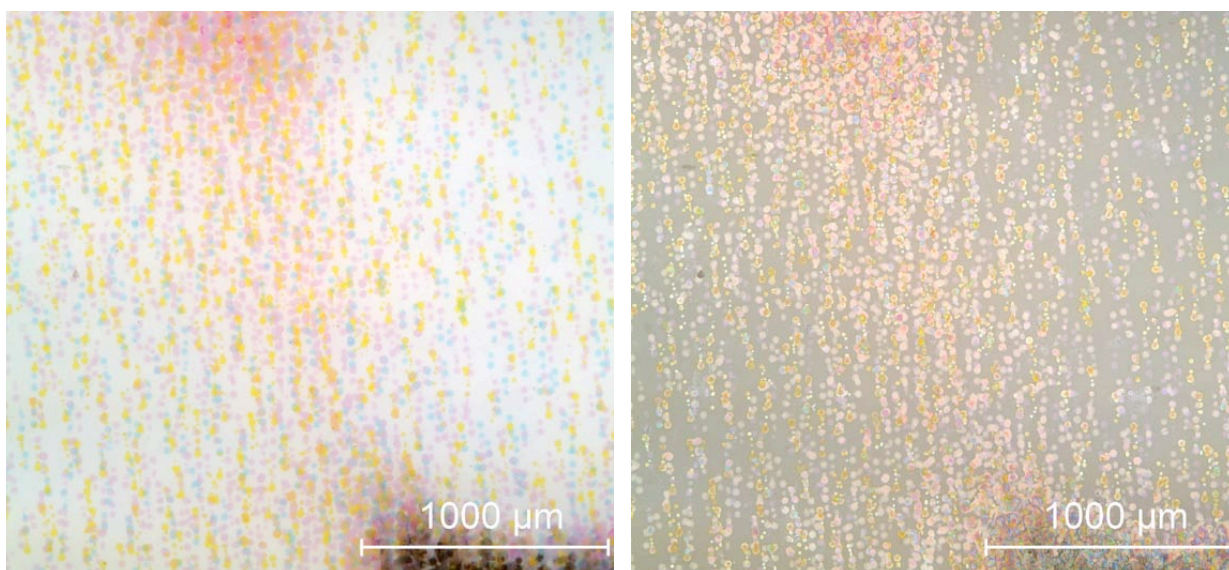
- Sur support en plastique de type RC (polyéthylène) ; il existe aussi des supports en polyester.
- Surface de l'image ultrabrillante, brillante, satinée, plus rarement mate.
- Qualité d'image variable en fonction de l'imprimante, du type d'encre et de l'opérateur.
- Les papiers RC sont des supports complexes composés de nombreuses couches. La stratigraphie la plus commune est la suivante :
 - ⇒ La couche réceptrice de l'encre qui existe en deux variantes :
 - couche en polymère (polyvinylalcool, gélatine ou résine acrylique solubles à l'eau) destinée à absorber les encres à base de colorants ;
 - couche microporeuse minérale destinée à recevoir les encres pigmentaires ; plus précisément, cette couche est généralement constituée d'une couche très fine en surface destinée à capter les pigments qui recouvre la couche microporeuse proprement dite, plus épaisse, qui absorbe le véhicule de l'encre⁴². Aujourd'hui, les couches réceptrice microporeuses sont majoritaires car elles permettent un séchage rapide de l'impression et conviennent aux systèmes pigmentaires.
 - ⇒ Un support type RC constitué lui même généralement de trois couches : une couche de papier encapsulée entre deux couches de polyéthylène blanches (blanc de titane).
 - ⇒ Enfin, une couche dite « anticurl » qui prévient le tuilage du tirage sous la contrainte exercée par la couche réceptrice.

⁴² Voir JÜRGENS, 2009, p. 93-99 : les schémas et coupes qui permettent de visualiser la stratigraphie et la localisation de l'encre après séchage.

- Les couches microporeuses procurent généralement des surfaces moins brillantes que les couches en polymère.
- Avec des encres pigmentaires sur papiers brillants ou lustrés, on peut distinguer :
 - ⇒ des différences de brillances entre les parties encrées et les parties non encrées.
 - ⇒ un effet de bronzing⁴³ possible dans les fortes densités, notamment dans les noirs ;
 - ⇒ une irisation en lumière spéculaire visible à la loupe et parfois à l'œil nu⁴⁴.



Illustrations 38 et 39 : encres pigmentaires sur papier RC brillant. À gauche en lumière normale (on distingue clairement le contour des gouttes posées sur la couche réceptrice ; à droite le même détail avec une irisation des gouttes en lumière spéculaire. Grossissements 35x. (photo F. Ploye)



Illustrations 40 et 41 : encres pigmentaires sur papier RC brillant. À gauche en lumière normale (on distingue clairement le contour des gouttes posées sur la couche réceptrice ; à droite le même détail avec une irisation des gouttes en lumière spéculaire. Grossissements 32x. (photo F. Ploye)

⁴³ Le bronzage est le miroitement provoqué par un dépôt important de pigments sur la surface du papier brillant ; il ressemble un peu à un miroir d'argent mais sa couleur est généralement plus dorée.

⁴⁴ Ce sont les pigments déposés sur la surface brillante du tirage qui irisent en lumière spéculaire. On parle parfois de « bronzage coloré ».

- Les encres à base de colorants pénètrent le support en polymère : aucun effet de bronzing ni irisation n'est visible. Il s'agit donc d'un indice précieux pour distinguer les deux types d'encres. En cas de contre emploi d'encre à base de colorant sur un support microporeux, cette dernière pénètre également plus la couche réceptrice que les pigments, il n'y a par conséquent toujours pas d'effet de bronzing ou d'irisation.



Illustration 42 : colorants sur papier RC brillant. Les gouttes semblent un peu « lointaines » dans la couche réceptrice en polymère. Grossissement 75x. (photos F. Ploye/lnp)

A la loupe 10x ou 30x

- Jet d'encre à trame irrégulière.
- Gouttes d'encre de largeur variable dont les contours sont très nets dans le cas de pigments et plus éloignés, plus diffus, dans le cas des colorants.
- Sur les tirages les plus récents, les gouttes peuvent être imperceptibles à l'œil nu et difficiles à distinguer à la loupe 10x, mais visibles en grossissement 30x.
- Aucune fibre visible à la loupe.

4. Avec quoi puis-je la confondre ?

- Les meilleurs tirages peuvent être confondus avec un tirage couleur argentique « traditionnel » (type chromogène par exemple). A la loupe 10x ou 30x on distingue cependant les gouttes d'encre.

5. A quoi cette technique est-elle sensible ?

La fragilité des tirages sur papiers RC dépend essentiellement de la nature de la couche réceptrice et du type d'encre. Pour plus de clarté, écartons d'emblée les contre emplois pour distinguer deux catégories : le jet d'encre pigmentaire sur papier comportant une couche réceptrice microporeuse et le jet d'encre à base de colorants comportant une couche réceptrice en polymère.

5.a. *Jet d'encre pigmentaire sur papier comportant une couche réceptrice microporeuse :*

- Eau : les pigments sont généralement peu sensibles à l'eau et à l'humidité élevée (niveau 2). Certaines couleurs peuvent cependant être plus sensibles si leur molécule est plus petite.
- Polluants : pigments sensibles aux polluants oxydants (niveau 3).
- Lumière : peu sensible aux UV et plus largement à la lumière visible (niveau 2).
- Abrasion : les tirages pigmentaires sur papiers RC sont généralement moins fragiles à l'abrasion que les versions sur papier pur coton. La sensibilité à l'abrasion peut cependant être variable d'un produit à l'autre. Elle dépend pour beaucoup de la qualité de surface de la couche réceptrice. Ces papiers marquent généralement à l'ongle (niveau 3-4).

5.b. *Jet d'encre à base de colorant comportant une couche réceptrice en polymère :*

- Eau : les colorants et la couche réceptrice sont réactifs à l'eau et à l'humidité (niveau 5).
- Polluants : colorants sensibles aux polluants (niveau 4).
- Lumière : sensible aux UV et plus largement à la lumière visible (niveau 3-4).
- Abrasion : fragilité à l'abrasion assez faible dans la mesure où les colorants sont protégés dans la couche réceptrice en polymère. La fragilité à l'abrasion va donc dépendre de la qualité de couche réceptrice (niveau 1-2).

6. Comment protéger cette technique au quotidien ?

- Expositions sous cadre à l'abri des polluants, plus particulièrement dans le cas de tirages à base de colorants.
- Stockage à l'abri des polluants, plus particulièrement dans le cas de tirages à base de colorants.
- Eviter de toucher la surface de l'image, plus particulièrement dans le cas de tirages pigmentaires.

7. Quelles sont les possibilités de restauration ?

- Dépoussiérage au pinceau doux et délicatement avec un tissu microfibres très fin et très doux.
- Couche réceptrice en polymère + colorants : tout traitement de nature aqueuse est à proscrire du fait de la réactivité à l'eau de la couche réceptrice et des colorants.
- Couche réceptrice microporeuse + pigments : la sensibilité à l'eau et aux autres solvants n'a pas été testée dans le cadre de notre recherche. Cependant, les échantillons de jet d'encre pigmentaire sur papier RC testés précédemment à l'Inp se comportaient de manière comparable aux échantillons de jet d'encre pigmentaire sur papier baryté⁴⁵. Ce point reste à vérifier mais paraît crédible dans la mesure où les couches réceptrice et les encres utilisées sur ces deux types de papiers sont vraisemblablement similaires, en tous cas sur les systèmes les plus récents. Les premiers tirages pigmentaires sur papier RC microporeux des années 1990 peuvent néanmoins réserver des surprises.

8. Quelle est la terminologie adaptée ?

- Tirage jet d'encre pigmentaire sur papier RC.
- Tirage jet d'encre à base de colorants sur papier RC.

⁴⁵ PLOYE et al. 2009a.

FICHE 5 : LE TIRAGE JET D'ENCRE A SOLVANTS

Il existe un grand nombre de techniques d'impression utilisant le jet d'encre à solvants. Notre fiche est basée sur leurs caractéristiques générales communes et ne tient pas compte des particularités de chaque produit.

1. Quel est le principe de cette technique ?

- Jet d'encre goutte à la demande.
- Encre à solvants ou éco-solvants à base de colorants ou de pigments.
- Tête d'impression comportant quatre couleurs CMJN ou plus (aujourd'hui jusqu'à 8 couleurs).

2. Quel est son domaine d'application ?

- Développement au début des années 2000.
- Professionnel.
- Destiné prioritairement au secteur publicitaire pour la réalisation de bâches et autres visuels grands et très grands formats, pour exposition en intérieur ou en extérieur.
- Usage artistique de plus en plus fréquent, populaire car d'entretien facile (résiste à l'eau, assez stable à la lumière) et potentiel créatif important (grande variété des supports et des rendus, possibilité de faire du très grand format).
- Les encres à éco-solvants deviennent populaires à la fin des années 2000 car elles sont moins toxiques que les encres à solvants primitives.

3. Comment identifier cette technique ?

- Moyens, grands et très grands formats.
- Sur bâches synthétiques ; adhésifs vinyliques ; papiers plastifiés pour affiche ; éventuellement aussi sur des supports d'impression plus traditionnels en papier.
- Qualité image (résolution) variable mais généralement de qualité inférieure car les tirages sont destinés à être observés à distance.
- Gouttes généralement visibles à l'œil nu.
- L'encre est généralement brillante car la matière colorante est incluse dans un liant (résine synthétique).

A la loupe 10x ou 30x

- Gouttes aux contours nets bien intégrées dans leur support.
- Trame irrégulière.
- Points de largeur variable ou points de largeur identique.

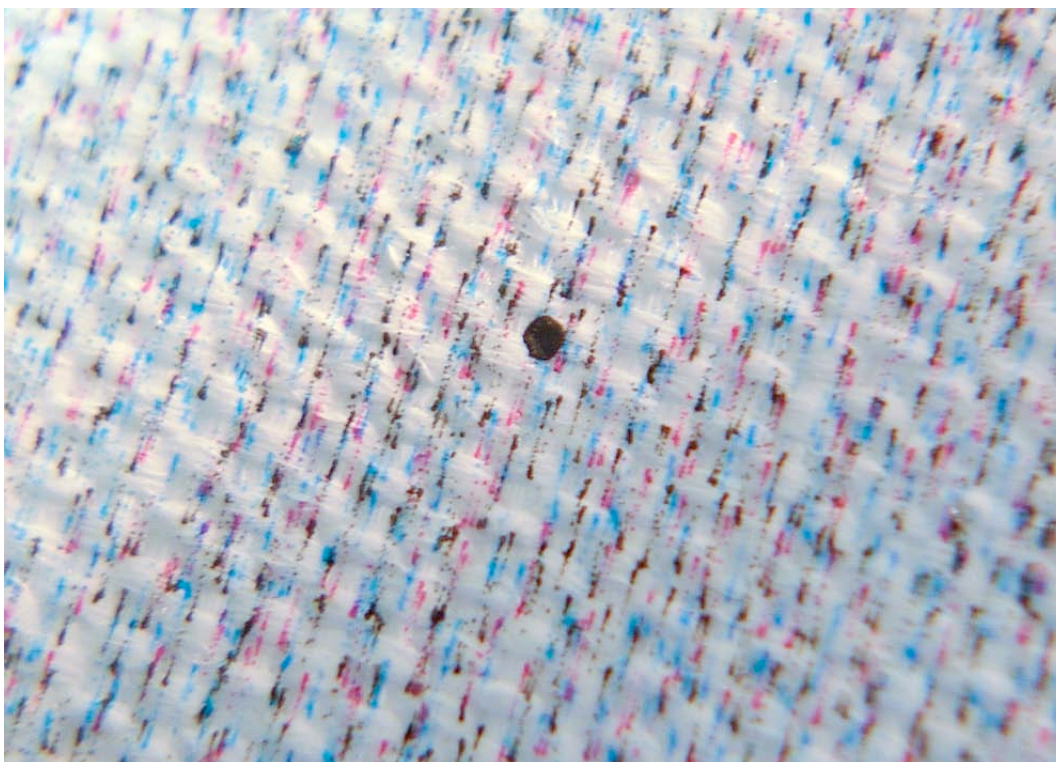
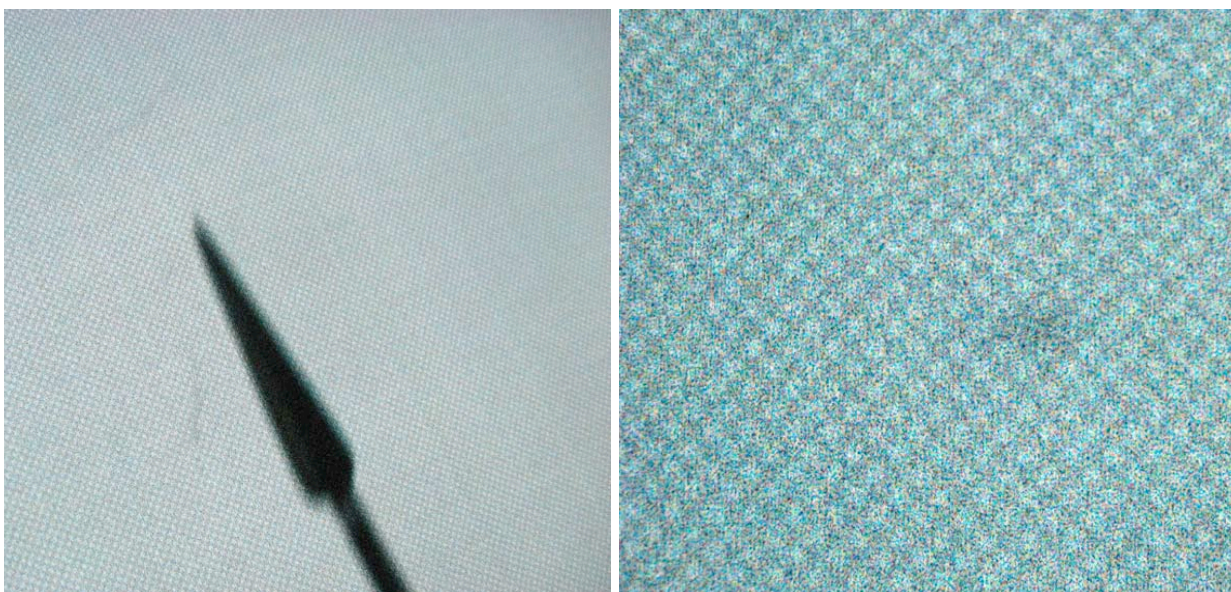


Illustration 43 : jet d'encre à solvant sur bâche synthétique avec une distribution régulière des gouttes en forme de comette, de couleur magenta, cyan et noir. Grossissement 30x.
(Photo F. Ploye)



Illustrations 44 et 45 : jet d'encre à solvants sur bâche synthétique avec une distribution régulière des gouttes. La trame que l'on distingue ici est celle de la bâche. Prise de vue macro à gauche et grossissement 10x à droite.
(Photo F. Ploye)

4. Avec quoi puis-je la confondre ?

- Eventuellement avec d'autres techniques d'impression industrielles sur bâche qui ne sont pas forcément des encres à solvants mais des encres aqueuses vernies ou plastifiées.
- Certaines imprimantes jet d'encre à solvants permettent d'imprimer sur tous types de supports rigides comme c'est le cas pour le jet d'encre pigmentaire à séchage UV.

5. A quoi cette technique est-elle sensible ?

- Eau : L'encre est a priori très peu sensible à l'eau et à l'humidité (niveau 1). Sa réactivité peut cependant augmenter dans le temps.
- Polluants : globalement peu sensible aux polluants car la matière colorante est protégée dans son liant. Cependant les systèmes à base de colorants (niveau 2) sont probablement plus sensibles que ceux constitués de pigments (niveau 4).
- Lumière : Sensible aux UV et plus largement à la lumière si à base de colorants (niveau 4) et peu sensible si à base de pigments (niveau 1-2)
- Abrasion : Globalement peu sensible à l'abrasion ; certaines encre, comme celles composées d'éco-solvants, sont cependant moins résistantes à l'abrasion (niveau 1-3).

6. Comment protéger cette technique au quotidien ?

- Eviter les déformations des bâches : si elles sont conservées en rouleau, le diamètre du rouleau doit être important (au moins 30 cm).
- Bien que moins sensibles aux abrasions que le jet d'encre aqueux, le jet d'encre à solvants reste très vulnérable et sujet aux dégradations mécaniques du fait de son usage : exposition sans protection en extérieur ou en intérieur et manipulations complexes lors des transports dans le cas des grands formats.

7. Quelles sont les possibilités de restauration ?

- A préciser au cas par cas en tenant compte de la nature du support et de l'encre (solubilité).

8. Quelle est la terminologie adaptée ?

- Tirage jet d'encre à solvants sur bâche / sur adhésif vinylique, etc.

6. TERMINOLOGIE POUR LA DESCRIPTION DES TECHNIQUES D'IMPRESSION NUMÉRIQUES

**Terminologie proposée pour la description des techniques d'impression numériques
dans les bases de gestion des collections et sur les cartels**

Famille de procédé	Procédé	Précisions : marques et labels	Supports	Termes pour les cartels
Jet d'encre	Jet d'encre à base de colorants	IRIS et IXIA par exemple	Papier pur coton	Tirage jet d'encre à base de colorants sur papier pur coton (Iris)
		Canon et autres marques d'imprimantes	Papier pur coton	Tirage jet d'encre à base de colorants sur papier pur coton
			Papier RC	Tirage jet d'encre à base de colorants sur papier RC
			Bache - plastifiée	Jet d'encre à base de colorants sur bache plastifiée (le plus souvent)
	Jet d'encre pigmentaire	Epson, HP, Canon et autres, avec ou sans label. Exemple de "labels" : Digigraphie Epson ; Arttrust HP ; Recom ditone print ; Piezography	Papier pur coton	Tirage jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton
			Papier baryté	Tirage jet d'encre pigmentaire sur papier baryté
			Papier RC	Tirage jet d'encre pigmentaire sur papier RC
	Jet d'encre à solvants	Vutek et autres imprimantes	Bache synthétique	Jet d'encre à solvants sur bache
			Adhésif synthétique	Jet d'encre à solvants sur film adhésif synthétique
			Papier plastifié	Jet d'encre à solvants sur papier plastifié
	Jet d'encre à écosolvants	Epson Ultrachrome écosolvants	Bache synthétique	Jet d'encre à écosolvants sur bache
			Adhésif synthétique	Jet d'encre à écosolvants sur film adhésif synthétique
			Papier plastifié	Jet d'encre à écosolvants sur papier plastifié
	Jet d'encre latex	HP	Nombreux supports possibles, comparables aux supports du jet d'encre à solvants	Jet d'encre latex sur (préciser le support, par exemple sur bache)
	Jet d'encre à séchage UV	Vutek, Mimaki et autres imprimantes	Tous types de supports	Jet d'encre à séchage UV sur (préciser le support, par exemple sur aluminium, etc.)
	Jet d'encre solide	Exclusivité Xerox série Phaser	Papier bureautique ou autres supports acceptés par les imprimantes Phaser	Jet d'encre solide sur papier (Xerox)

**Terminologie proposée pour la description des techniques d'impression numériques
dans les bases de gestion des collections et sur les cartels**

Famille de procédé	Procédé	Précisions : marques et labels	Supports	Termes pour les cartels
Thermographie	Impression thermique directe (D1T1 - Direct thermal)	Exclusivité Zink/Polaroid	Papier de technologie Zink propriétaire	Tirage thermique direct Zink/Polaroid
	Sublimation thermique (D2T2 - Dye diffusion thermal transfert)	Canon et autres marques d'imprimantes	Papiers propriétaires	Tirage par sublimation thermique
	Thermo-autochrome	Exclusivité Fuji	Papier propriétaire	Thermo-autochrome Fuji
Electrophotographie	Electrophotographie à toner liquide	Presses numériques HP Indigo (encres CMYK pigmentaires)	Papiers couchés, plastiques	Tirage électrophotographique à toner liquide (tirage sur presse numérique)
	Electrophotographie à toner sec	Presses numériques Kodak Nexpress, presses numériques Xerox Igen ou DocuColor	Papiers couchés, plastiques	Tirage électrophotographique à toner sec (tirage sur presse numérique)
		Photocopieurs Xerox et autres marques	Papiers bureautiques, papiers couchés, plastiques	Tirage électrophotographique à toner sec (photocopie)
		Imprimantes laser	Papiers bureautiques, papiers couchés, plastiques	Tirage électrophotographique à toner sec (impression laser)

7. QUESTIONNAIRE D'INFORMATION SUR LES TECHNIQUES PHOTOGRAPHIQUES CONTEMPORAINES

Photographies contemporaines

Questionnaire d'information sur les techniques

Françoise Ploye – Préservation du patrimoine photographique

Ce document est destiné à recueillir les informations techniques que l'artiste peut fournir sur son œuvre afin d'en assurer la conservation.

Informations sur l'œuvre

Auteur :

Numéro d'édition :

Titre :

Nombre d'épreuves d'artiste :

L'œuvre fait-elle partie d'une série ? Si oui, pouvez-vous préciser le titre et la date de la série ?

Date de l'œuvre :

Date du tirage :

L'œuvre est-elle signée ?

Dimensions :

L'œuvre comporte-t-elle des annotations ? Si oui, lesquelles ?

Informations sur la technique de l'œuvre

Source de l'image :

- ☐ prise de vue analogique
- ☐ prise de vue numérique
- ☐ photographie analogique numérisée

- ☐ création sous logiciel graphique
- ☐ sources mixtes (analogiques et numériques)
- ☐ autre (merci de préciser) :

Nature du tirage :

- ☐ tirage noir et blanc gélatino-argentique
 - ☐ sur support en papier baryté
 - ☐ sur support RC
- ☐ tirage chromogène (merci de préciser le type de papier)

- ☐ tirage jet d'encre à solvants (merci de préciser le type d'imprimante et de support)

- ☐ Cibachrome/Ilfochrome

- ☐ tirage jet d'encre latex (merci de préciser le type d'imprimante et de support)

- ☐ Polaroid (merci d'en préciser le type)

- ☐ tirage jet d'encre à séchage UV (merci de préciser le type d'imprimante et de support)

- ☐ tirage jet d'encre pimentaire (encres aqueuses)
 - ☐ sur papier pur coton
 - ☐ sur papier baryté
 - ☐ autre support (merci de préciser)

- ☐ autre (merci de préciser : sublimation thermique, photocopie, Dye Transfer, charbon trichrome, etc.)

Laboratoire ou atelier ayant réalisé le tirage (si cela est possible, merci de préciser la personne à contacter) :

Technique de montage de l'œuvre

Le tirage est-il contrecollé en plein ?

- ☐ oui
○ sur aluminium ○ sur Dibond
○ sur PVC ○ autre (*merci de préciser*) :

☐ non

Le tirage est-il partiellement monté ?

- ☐ oui
○ sur charnière
○ autre (*merci de préciser*) :

☐ non

Le tirage est-il monté par la face sous un plexiglas de type Diassec ?

- ☐ oui (*merci de préciser*) :

☐ non

Le tirage comporte-il une couche protectrice (film plastique laminé, vernis, etc.) ?

- ☐ oui (*merci de préciser*) :

☐ non

Atelier ayant effectué le montage :

(si cela est possible, merci de préciser la personne à contacter)

L'œuvre est-elle encadrée ?

- ☐ oui
☐ non

Atelier ayant effectué l'encadrement :

(si cela est possible, merci de préciser la personne à contacter)

Questions à l'artiste concernant la conservation de l'œuvre

• Avez-vous des remarques à faire sur cette œuvre et sa préservation ? Certains aspects de cette œuvre vous semblent-ils particulièrement vulnérables ?

• Pensez-vous que le vieillissement des matériaux, et notamment la modification de leur apparence (déséquilibre dans la balance des couleurs, jaunissement, affaiblissement, rayures), pourrait nuire à l'intégrité de votre œuvre ?

• Acceptez-vous que l'œuvre soit encadrée si cela s'avère nécessaire à sa conservation ?

- ☐ oui
○ avec verre de protection ○ sans verre de protection
☐ non

Contact

Coordonnées de l'artiste :

Coordonnées du vendeur :

• Pouvez-vous nous indiquer les coordonnées d'une personne de référence habilitée à répondre, en votre absence, à nos questions sur votre œuvre ?

• Ce questionnaire a-t-il été rempli par l'artiste ?
Si non, par qui ?

☐ oui ☐ non
Date :

Merci d'avoir pris le temps de répondre à ce questionnaire.

Contemporary Photographs: Materials and Technique Information Sheet

Françoise Ploye – Préservation du patrimoine photographique

This questionnaire is used to obtain essential information detailing the materials and techniques used in the creation of photographic works. This allows institutions and individuals to better care for their photographs.

Please provide as many details as you can.

On the artwork

Artist's name:

Edition number:

Title of work:

Artist's proof(s) number:

Is this work part of a series or portfolio? If so, please describe.

Date of work:

Print date:

Is the work signed?

Dimensions:

Are there any inscriptions on the work?

Informations regarding materials and techniques

Image source:

☐ film (analogue capture)

☐ digital capture

☐ scanned photograph or film

☐ creation 100% with a graphics software

☐ both, analogue and digital sources

☐ other (please describe):

This print is a:

☐ B/W gelatin silver print

☐ on fiber based paper

☐ on PE paper

☐ chromogenic print (please provide the paper name – Kodak, Fuji, etc.):

☐ Solvent inkjet print (please provide the printer and media name):

☐ Latex inkjet print (please provide the printer and media name):

☐ Cibachrome/Ilfochrome

☐ UV-Curable inkjet print (please provide the printer and media name):

☐ Polaroid (please provide the product name):

☐ other (please describe: D2T2, Photocopy, Dye Transfer, Color carbon print, platinum print, etc.):

☐ inkjet print (aqueous inks)

☐ on cotton paper

☐ on baryta paper

☐ other (please describe):

Was the work printed by the artist's, the artist's studio or another studio?

(please include printer's name and contact information)

Mounting technique

Is the print overall back-mounted?

- ☐ yes
- ☐ on aluminium
 - ☐ on PVC
 - ☐ on Dibond
 - ☐ other *(please describe)*:

☐ no

Is the print partially back-mounted?

- ☐ yes
- ☐ with hinges?
 - ☐ other *(please describe)*:

☐ no

Is the print face mounted?

- ☐ yes *(please describe)*:
- ☐ no

Is there a protective layer on the print's surface (plastic film laminate, varnish, etc.)?

☐ yes *(please describe)*:

☐ no

Mounter's name and contact information:

Is the print framed?

- ☐ yes
- ☐ no

Framer's name and contact information:

Questions for the artist about the conservation of her/his work

• Do you have any other comments regarding your work and its preservation? Are there aspects of the work that are particularly vulnerable and in need of special care?

• How do you feel about changes in materials or in the work's appearance that may occur over time (color imbalance, yellowing, scratches, etc.)?

• If necessary, would you accept having your work framed for its protection?

- ☐ yes
- ☐ with a protective glass
 - ☐ without a protective glass
- ☐ no

Contact

Contact information for the artist:

Contact information for the gallery/seller:

• If appropriate, please provide contact information for an assistant or another person familiar with your work who may be consulted regarding questions of conservation:

• Was this questionnaire filled out by the artist?
If not by whom?

☐ yes ☐ no
Date:

Thank you very much for taking the time to fill out this questionnaire!

CONCLUSION

L'étude de l'existant dans les collections partenaires de ce travail, mais aussi notre expérience d'autres collections de photographies contemporaines, confirme la présence, essentiellement depuis les années 2000, de ces nouvelles techniques appelées génériquement impressions numériques. Parmi celles-ci, les plus représentées sont aussi les plus stables chimiquement : les tirages jet d'encre pigmentaire sur papiers pur coton et de manière croissante depuis quelques années leur version sur papiers barytés.

Bien que réputées stables chimiquement, ces techniques réclament des soins particuliers, notamment pour éviter des dégradations d'ordre mécanique ou chimiques imputables à des environnements de conservation inadaptés. La série de tests réalisés dans le cadre de notre recherche appliquée a permis de mieux évaluer les fragilités de ces techniques, et notamment leur sensibilité à des traitements de restauration potentiels. C'est là une première étape qui mériterait d'être approfondie et/ou élargie à d'autres techniques également appréciées des artistes et présentes dans les collections. Nous pensons notamment aux grands et très grands formats réalisés sur bâche avec des encres à solvants, ou avec des encres aqueuses plastifiées, ou encore aux électrophotographies (photocopies et impressions laser) qui posent des problématiques particulièrement intéressantes. Par ailleurs, les techniques de jet d'encre à séchage UV et les techniques de jet d'encre latex ne devraient plus tarder à entrer dans nos collections patrimoniales. Le champs de recherches potentielles sont vastes.

Nous proposons dans l'immédiat une méthode, des outils, pour orienter responsables de collections et restaurateurs à identifier, conserver, restaurer cinq techniques particulièrement représentées, dont la première doit déjà être considérée comme historique : le tirage jet d'encre Iris ; le tirage jet d'encre pigmentaire de type fine art sur papier pur coton ; le tirage jet d'encre pigmentaire de type fine art sur papier baryté ; le tirage jet d'encre sur papier RC multicouches ; le tirage jet d'encre à solvants. Nous espérons par ailleurs que le questionnaire technique (simplifié et mis à jour) et la nomenclature des principales techniques d'impression numérique (y compris celles que nous n'avons pas pu étudier de près dans le cadre de ce travail), permettront d'identifier plus clairement les œuvres à leur arrivée dans les collections. Ces outils nécessiteront naturellement une mise à jour régulière pour intégrer les nouveautés.

BIBLIOGRAPHIE ET RESSOURCES SUR L'IDENTIFICATION ET LA CONSERVATION DES IMPRESSIONS NUMERIQUES

BERTON, 2004.

BERTON, Marine, *Influence d'un encollage superficiel des papiers Beaux-Arts sur la stabilité à la lumière des impressions à jet d'encre*, Paris, mémoire de l'Ecole nationale supérieure Louis Lumière, 2004.

BOURGUET, 2001.

BOURGUET, Marie, *Optimisation, par encollage de surface du rendu des épreuves jet d'encre réalisées sur papier beaux-arts*, Paris, mémoire de l'Ecole nationale supérieure Louis Lumière, 2001.

BRIEND, 2003.

BRIEND, Julia, *Etude comparative de protocoles de vieillissement accéléré d'impressions à jet d'encre en enceinte de conditionnement*, Paris, mémoire de l'Ecole nationale supérieure Louis Lumière, 2003.

BUGNER et al. 2003.

BUGNER, Douglas ; ARTZ, Peter, « An Update on the Comparison of the Image Stability of Digital Photographic Prints Produced by Various Desktop Output Technologies » dans *Conference Proceeding of the Second International Conference on Preservation and Conservation Issues Related to Digital Printing and Digital Photography*, Edinburgh, 3P'Group of the Institute of Physics, 2003, p. 115-119.

BRIEND, 2003.

BRIEND, Julia ; GILLET, Martine, « Etude du protocole de tests de vieillissement accéléré d'impressions à jet d'encre en enceinte de conditionnement », dans *Support Tracé*, n°3, 2003.

BURGE et al. 2010a.

BURGE, Daniel ; RIMA, Lindsey, « Selecting Suitable Enclosures for Digitally Printed Materials », dans *4th International Conference on Preservation and Conservation Issues in Digital Printing and Digital Photography*, London, The Institute of Physics, May 27–28, 2010.
Consultable sur le site du DP3 Project : <http://www.dp3project.org/preservation.shtml>

BURGE et al. 2010b.

BURGE, Daniel ; GORDELADZE, Nino ; BIGOURDAN, Jean-Louis ; NISHIMURA, Douglas, « Effects of Ozone on the Various Digital Print Technologies : Photographs and Documents », dans *4th International Conference on Preservation and Conservation Issues in Digital Printing and Digital Photography*, London, The Institute of Physics, May 27–28, 2010.
Consultable sur le site du DP3 Project : <http://www.dp3project.org/preservation.shtml>

BURGE et al. 2010c.

BURGE, Daniel ; SCOTT, Jessica, « Further Studies Toward Assessing the Risk of Damage to Digital Prints During Flood Events », dans *Journal of Imaging Science and Technology*, n° 54(2), 2010. Consultable sur le site du DP3 Project : <http://www.dp3project.org/preservation.shtml>

BURGE et al. 2009a.

BURGE, Daniel ; NISHIMURA, Douglas, « Summary of the DP3 Project Survey of Digital Print Experience within Libraries, Archives, and Museum », dans *IS&T's Archiving 2009 : Preservation Strategies and Imaging Technologies for Cultural Heritage Institutions and Memory Organizations : final program and proceedings*, May 4-7 2009 Arlington, VA, p. 133-136. Consultable sur le site du DP3 Project : <http://www.dp3project.org/preservation.shtml>

BURGE et al. 2009b.

BURGE, Daniel ; NISHIMURA, Douglas ; ESTRADA, Mirasol, « What Do You Mean When You Say 'Digital Print' ? », dans *Archival Outlook*, mars/avril 2009, p. 6,24,25. Consultable sur le site du DP3 Project : <http://www.dp3project.org/preservation.shtml>

BURGE et al. 2007.

BURGE, Daniel ; VENOSA, Gene ; SALESIN, Eugene ; ADELSTEIN, Peter ; REILLY, James ; « Beyond Lightfastness : Some Neglected Issues in Permanence of Digital Hardcopy » dans *IS&T'S 23rd International Conference on Digital Printing Technologies, Final Program and Proceeding, The Society for Imaging Science and Technology*, Anchorage, Alaska, 2007. Consultable sur le site du DP3 Projekt : <http://www.dp3project.org/preservation.shtml>

CARTIER-BRESSON, 2008a.

CARTIER-BRESSON, Anne (sous la direction de), *Vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008.

CARTIER-BRESSON, 2008b.

CARTIER-BRESSON, Anne, « Photographies : les enjeux de la préservation » dans *Artpress* n°350, novembre 2008, p. 60-66.

FISCHER, 2006.

FISCHER, Monique, « Creating Long-lasting Inkjet Prints », dans *ICOM working group photographic materials Newsletter*, octobre 2006 et consultable sur Internet à la même date : <http://www.thepaintershandbook.org/forums/showthread.php?p=351>

GADOMSKI, 2009.

GADOMSKI, Tessa, « Appropriate Techniques for Surface Cleaning Inkjet Prints » in *Topics in Photographic Preservation*, Photographic Materials Group of The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, Vol. 13, 2009, p. 209-220.

GANDOLFO, 2008.

GANDOLFO, Jean-Paul, « Les impressions numériques » ainsi que les notices sur « l'électrophotographie, l'impression à jet d'encre, la sublimation thermique », dans CARTIER-BRESSON, Anne (sous la direction de), *Vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008.

GRATAN, 2000.

GRATAN, David, *The Stability of Photocopied and Laser-Printed Documents and Images : General Guidelines*, Technical Bulletin n°22, Ottawa, Canadian Conservation Institut, 2000.

GREGORY, 2003.

GREGORY, Peter, « Current Colorant Trends for Photograde Ink Jet Printing » dans *Conference Proceeding of the Second International Conference on Preservation and*

Conservation Issues Related to Digital Printing and Digital Photography, Edinburgh, 3P'Group of the Institute of Physics, 2003, p. 86-89.

HAYASHI et al. 2006.

HAYASHI, Masafumi ; YOSHIDA, Kazuha, « Recent Developments in Thermal Dye Transfer Prints », dans *22nd International Conference on Digital Printing Technologies Final Program and Proceedings*, Society for Imaging Science and Technology, Denver, Colorado, 2006.

HOFMANN, 2007.

HOFMANN, Rita, « Die Beständigkeit digitaler Druckmedien » in *Rundbrief n°2*, 2007, p. 5-8.

HODGSON, 2003.

HODGSON, Alan, « The Factors Influencing the Dark Stability of Ink Jet Images » dans *Conference Proceeding of the Second International Conference on Preservation and Conservation Issues Related to Digital Printing and Digital Photography*, Edinburgh, 3P'Group of the Institute of Physics, 2003, p. 96 à 101.

IMAGE PERMANENCE INSTITUTE, 2004a.

IMAGE PERMANENCE INSTITUTE (IPI), *A Consumer Guide to Traditional and Digital Print Stability*, Rochester, 2004. Ce document est consultable en version pdf sur le site de l'IPI : <http://www.rit.edu/ipi/>

IMAGE PERMANENCE INSTITUTE , 2004b.

IMAGE PERMANENCE INSTITUTE (IPI), *A consumer Guide for the Recovery of Water-Damaged Traditional and Digital Prints*, Rochester, 2004, consultable en version pdf sur le site de l'IPI : <http://www.rit.edu/ipi/>

ISO 18902 : 2007

ISO 18902 : 2007, *Matériaux pour image – Matériaux pour image après traitement – Albums, cadrage et matériaux d'archivage*.

ITAYA, 2002.

ITAYA, Masahiko, « High Quality Digital Printing with Finer Toners » dans *Program and Proceedings ICIS'02, International Congress of Imaging Science*, Tokyo, 2002, p. 515-516.

JAEGER, 2002.

JAEGER, Wahne, « Phase Change Ink-jet Printing Developments » dans *Program and Proceedings ICIS'02, International Congress of Imaging Science*, Tokyo, 2002, p. 501-502.

JOHNSON, 2003.

JOHNSON, Harald, *L'impression numérique, réaliser des tirages de qualité*, Paris, Eyrolles, 2003.

JÜRGENS, 2009.

JÜRGENS, Martin, *The Digital Print, Identification and Preservation*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, septembre 2009.

JÜRGENS, 2007.

JÜRGENS, Martin, « The History and Conservation of Digital Prints – Research in Progress » in *Conservation, The Getty Conservation Institute Newsletter*, Vol. 22, n°3, Los Angeles, 2007, p. 4-9.

JÜRGENS, 1999.

JÜRGENS, Martin, *Preservation of Ink Jet Hardcopies*, for the Capstone Project, Cross-Disciplinary Studies, RIT, Rochester NY , 1999.

KANAZAWA et al. 2004.

KANAZAWA, Yukihioka ; SEOKA, Yoshio ; KISHIMOTO, Shinzou ; MURO, Naotsugu, « Indoor Pollutant Gas Concentration and the Effect on Image Stability », dans *IS&T'S 20nd International Conference on Digital Printing Technologies, Final Program and Proceeding*, The Society for Imaging Science and Technology, Salt Lake City, Utah, 2004, p. 748-752.

KODAK, 1993.

KODAK, *Environmental Effects on the Stability of Images on Kodak Thermal Print and Transparency Material*, Technical Information Data Sheet T12080, Rochester, Eastman Kodak Company, 1993, revised 5-97.

KÖHLER et al. 2004.

KÖHLER, Berthold ; AHLERS, Michael ; « Chitosan for Dye Fixation of Highly Lightfast Gelatine Coatings », dans *IS&T'S 20nd International Conference on Digital Printing Technologies, Final Program and Proceeding*, The Society for Imaging Science and Technology, Salt Lake City, Utah, 2004, p. 964-968.

LAVEDRINE et al. 2001.

LAVEDRINE, Bertrand ; GILLET, Martine ; GARNIER, Chantal ; MAES, Herman, « Stabilité à la lumière d'impressions à jet d'encre Iris », dans *Support Tracé*, n°1, 2001, p. 32-33.

LAVEDRINE et al. 2000.

LAVEDRINE, Bertrand ; GANDOLFO, Jean-Paul ; MONOD, Sibylle, *Les collections photographiques. Guide de conservation préventive*, Paris, ARSAG, 2000, p.255-258.

LAVEDRINE et al. 1997.

LAVEDRINE, Bertrand ; GILLET, Martine ; GARNIER, Chantal ; LEROY, Martine, « Etude de la stabilité photochimique d'impressions couleurs à jet d'encre », dans *Nouvelles de l'ARSAG*, n°13, décembre 1997, p. 16-18.

LAVERY, 2003.

LAVERY, Aidan ; BARCOCK, Richard ; SIEGERS, Harald, « The Durability of Digital Photographic Ink Jet Prints », dans *Conference Proceeding of the Second International Conference on Preservation and Conservation Issues Related to Digital Printing and Digital Photography*, Edinburgh, 3P'Group of the Institute of Physics, 2003, p. 30-44.

PLOYE et al. 2009a.

PLOYE, Françoise ; PERREUX, Aurélie ; CANNARELLA, Fabien ; RIOU, Antonin, *Séminaires sur l'identification et la conservation des impressions numériques à l'Institut national du patrimoine : compte rendu des travaux effectués en 2007 et 2008 avec le soutien de l'Arcp et du Cnap*, Paris, 2009, document téléchargeable ici : http://francoise.ploye.free.fr/impressions_numeriques.html

PLOYE et al. 2009b.

PLOYE, Françoise ; HELY, Kristen ; BLANC, Maud, « Le suivi spécifique de conservation : une solution pour la collection de photographies du Fonds municipal d'art contemporain de la Ville de Paris », dans *Actes des 13^{es} journées d'étude de la Sfiic : Art d'aujourd'hui – Patrimoine de*

demain – Conservation et restauration des œuvres contemporaines, Paris, 24-26 juin 2009, p. 244-252.

PLOYE, 2008.

PLOYE, Françoise, « Fragilités et conservation des impressions numériques – Un état des lieux », dans CARTIER-BRESSON, Anne (sous la direction de), *Vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008, p. 460-462.

PLOYE et GANDOLFO, 2008.

PLOYE, Françoise ; GANDOLFO, Jean-Paul, « Les impressions numériques » dans CARTIER-BRESSON, Anne (sous la direction de), *Vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008, p. 321-323.

SALESIN et al. 2010.

SALESIN, Eugene ; BURGE, Daniel ; NISHIMURA, Douglas ; GORDELADZE, Nino, « Short-Term High Humidity Bleed in Digital Reflection Prints », dans *IS&T'S 26nd International Conference on Digital Printing Technologies, Final Program and Proceeding, The Society for Imaging Science and Technology*, Austin, Texas, 2010.

SALESIN et al. 2009.

SALESIN, Eugene ; BURGE, Daniel ; ADELSTEIN, Peter ; REILLY, James, « Brittleness of Digital », dans *IS&T'S 25nd International Conference on Digital Printing Technologies, Final Program and Proceeding, The Society for Imaging Science and Technology*, Louisville, Kentucky, 2009.

SALESIN et al. 2008.

SALESIN, Eugene ; SCOTT, Jessica ; NISHIMURA, Douglas ; ADELSTEIN, Peter ; REILLY, James ; BURGE, Daniel, « Abrasion of Digital Reflection Prints » dans *IS&T'S 24nd International Conference on Digital Printing Technologies, Final Program and Proceeding, The Society for Imaging Science and Technology*, Pittsburgh, Pennsylvania, 2008.

THOMSON, 1998.

THOMSON, Bob, « Digital Imaging Techniques and Materials » dans *Printing Materials : Science and Technologie*, Surrey, UK, Pira International, 1998.

TREMBLAIS, 2008.

TREMBLAIS, Alice, « Modification de l'aspect de surface et amélioration de la conservation des tirages jet d'encre pigmentaire par application d'une couche transparente », dans *Support Tracé*, n°8, 2008, p. 107-119.

TREMBLAIS, 2007.

TREMBLAIS, Alice, *Modification de l'aspect de surface et amélioration de la conservation des tirages à jet d'encre pigmentaire par application d'une couche transparente*, Paris, mémoire de l'Ecole nationale supérieure Louis Lumière, 2007.

WILHELM, 2006.

WILHELM, Henry, « A 15-Year History of Digital Printing Technology and Print Permanence in the Evolution of Digital Fine Art Photography – From 1991-2006 », dans *IS&T'S 22nd International Conference on Digital Printing Technologies, Final Program and Proceeding, The Society for Imaging Science and Technology*, Barcelone, 2006.

WILHELM, 2002.

WILHELM, Henry, « *How Long Will They Last ? An Overview of the Light-Fading Stability of Inkjet Prints and Traditional Color Photographs* », IS&T'S 12th International Symposium on Photofinishing Technology, 2002, version consultée http://www.wilhelm-research.com/pdf/is_t/WIR_ISTpaper_2002_02_HW.pdf

WILHELM, 1993.

WILHELM, Henry, *The Permanence and Care of Color Photographs: Traditional and Digital Color Prints, Color negatives, Slides, and Motion Pictures*, Grinnell, Iowa, U.S.A., Preservation Publishing Company, 1993.

WILHELM Imaging Research, Inc. Grinnelle, Iowa, U.S.A. actualise régulièrement ses tests sur les nouvelles encres et papier : www.wilhelm-research.com. Les indications sur la stabilité des impressions sont intéressantes pour comparer le comportement d'un type d'impression à l'autre.

WÜLLER, 2008.

WÜLLER, Dietmar, « L'évaluation de la stabilité des impressions numériques », dans CARTIER-BRESSON, Anne (sous la direction de), *Vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008.

WÜLLER, 2007.

WÜLLER, Dietmar, « Wie lange hält ein Foto ? » dans *Fine Art Printer*, 04/2007. Version consultée en novembre 2007 : <http://www.image-engineering.de>

Les conférences annuelles organisées par The Society for Imaging Science and Technology (IS&T) sur les technologies d'impressions numériques (International Conference on Digital Printing Technologies) sont consultables sur le site www.imaging.org

Le site Internet de l'IPI et notamment :

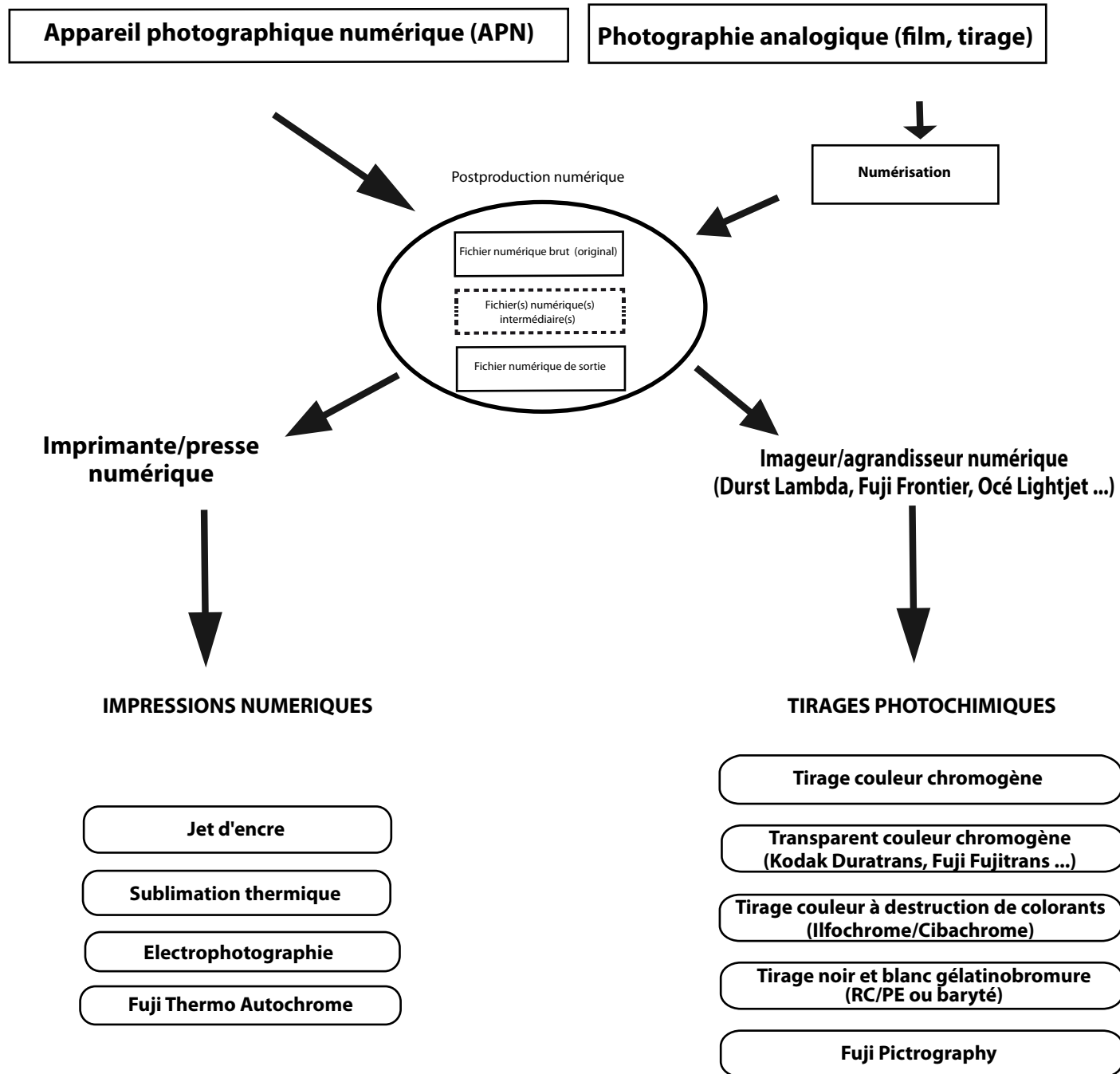
- The DP3 Project : Digital Print Preservation Portal : <http://www.dp3project.org>
- Le site d'aide à la caractérisation et à l'identification : digitalsamplebook.com

Les sites Internet des producteurs : HP, Epson, Canon, Fuji, Kodak, etc., qui mettent de nombreuses fiches techniques à disposition.

ANNEXE N°I

Schéma du flux de production des tirages numériques (VTP, 2008, p. 323)

Flux de production des tirages numériques



ANNEXE N°2

Compte rendu : *Séminaires sur l'identification et la conservation des impressions numériques à l'Institut national du patrimoine. Compte rendu des travaux effectués en 2007 et 2008.* Paris, <http://francoise.ploye.free.fr/publications.html>, 2009.

Séminaires sur l'identification et la conservation des impressions numériques à l'Institut national du patrimoine

Compte rendu des travaux effectués en 2007 et 2008 avec le soutien de l'Arcep et du Cnap

Auteurs : Françoise Ploye¹, Aurélie Perreux², Fabien Cannarella et Antonin Riou³

Abstract

Two research sessions about the identification, the susceptibility and the cleaning of inkjet prints have been conducted in 2007 and 2008 by Françoise Ploye and followed by students of the INP program in photographs conservation, thanks to the initiative of Anne Cartier-Bresson.

The study concentrates on several inkjet printing processes which are currently used on the amateur and professional marketplace. Each sample was exposed to several mechanical and chemical actions involving erasers, cotton swab and rough paper rubbing, as well as solvents. The tests results intend to provide some insight to prospective treatment needs.

The sample responses appear to vary dramatically according to the constitutive ink, receiving layer and surface gloss of each printing technique:

- All samples are very sensitive to abrasion (dry abrasion or abrasion with water and organic solvent) and to toluene;
- Fine Art inkjet prints appear to show little or no sensitivity to water, water-ethanol mixture, ethanol and acetone, provided that the amount of solvent, as well as the rubbing, stays minimal;
- Organic solvent-based treatments will be hazardous to undertake on RC and baryta coated prints. A treatment with the same solvent on the same type of ink will result in an erratic reaction depending on the characteristics of the paper employed. As for the Fine Art prints, a careful treatment with a little amount of water may however be feasible on these supports.

Most importantly, these first results need to be confirmed with extended experiments and observations. The ink characteristics should not be taken in account solely, and moreover the composition of the receiving layer may have a predominant role in the stability of the image materials.

Furthermore, the 2008 session shows that the stability of the prints has improved in regard to the tested samples in 2007.

Introduction

L'image photographique est aujourd'hui en pleine mutation technologique. Les impressions numériques, effectuées à partir de fichiers numériques sur des systèmes d'imprimantes très sophistiqués, sont en train de supplanter une grande partie de la photographie dite « traditionnelle ». Depuis les années 1990, de nombreux artistes utilisent ces nouvelles techniques et ces dernières arrivent en nombre croissant dans nos collections. Le jet d'encre est très largement dominant, suivi de l'électrophotographie et de la sublimation thermique, pour citer les familles les plus représentées. Les premiers travaux consacrés à la conservation des impressions numériques montrent que leurs modes de dégradation se distinguent notablement des autres techniques graphiques et photographiques.

¹ Françoise Ploye est restauratrice de photographies indépendante et enseignante à l'Inp. Elle dirige les cours et les séminaires de recherche dédiés aux impressions numériques à l'Inp depuis 2006 et bénéficie en outre d'une allocation d'étude du Centre national des arts plastiques pour la soutenir dans sa recherche : « Connaître et conserver les impressions numériques ».

² Aurélie Perreux est restauratrice de photographies à l'Atelier de conservation et de restauration des photographies de la Ville de Paris (ARCP). Elle a participé à ce travail en 2007, en tant qu'étudiante à l'Inp.

³ Fabien Cannarella et Antonin Riou sont élèves restaurateurs en 5^e année à l'Inp, ils ont contribué à ce travail en 2008.

Des cours dédiés à la conservation des impressions numériques sont proposés depuis 2006 aux élèves restaurateurs de photographies de l'Institut national du patrimoine (Inp), à l'initiative de Anne Cartier Bresson, responsable de la section restauration des photographies.

Nous avons souhaité que cet enseignement s'adapte au dynamisme propre à l'univers du tirage numérique. Qualité et durabilité sont très variées d'une technique à l'autre et le monde de l'impression numérique est soumis à des évolutions extrêmement rapides. Par ailleurs, la connaissance dans ce domaine est émergente et souvent difficile à décoder. Savoir conserver ces œuvres devient un enjeu important qui exige l'analyse régulière des nouveaux produits. C'est pourquoi nous avons souhaité que l'enseignement de cette matière inclue un séminaire de recherche qui permette aux étudiants de se familiariser avec la complexité de ces techniques et de contribuer à l'avancée des connaissances.

Objectifs des travaux

Les objectifs de nos travaux étaient les suivants :

- apprendre à reconnaître les différentes catégories d'impressions numériques, c'est-à-dire à les distinguer les unes des autres ou à les distinguer de la photographie « traditionnelle » ;
- cerner les fragilités de ces différentes catégories et notamment évaluer les marges de manœuvre lors d'un traitement de restauration.

Nous présentons ici une sélection des travaux effectués en 2007 et en 2008 sur différents types de tirages jet d'encre (encres pigmentaires et à base de colorants sur les principales catégories de papiers représentés sur le marché). Ce travail est volontairement dénué de tout jugement de valeur concernant les qualités de telle impression ou de telle autre. Nous ne souhaitons en aucun cas recommander une technique, ou une marque, au détriment d'une autre, chacune ayant ses domaines d'application propres, ses points forts et ses points faibles. Il s'agit plutôt d'apprendre à connaître les fragilités spécifiques de ces nouveaux objets patrimoniaux pour savoir les conserver avec discernement.

Les échantillons testés ont été réalisés avec des imprimantes et des papiers utilisés sur les marchés amateur et professionnel⁴. Différents couples papier/imprimante ont été sélectionnés comme échantillons à tester. Les familles de papier ont été choisies parmi les plus répandues et les plus couramment utilisées actuellement, à savoir les papiers pur coton, les papiers dits « barytés » et les papiers multicouches plastifiés de type RC à couche réceptrice microporeuse ou polymère. Ces échantillons ont subi des contraintes mécaniques de frottement et de gommage et ont été mis en contact avec une sélection de solvants⁵. Les résultats des tests ont été appréciés visuellement⁶ et qualitativement⁷ : changement d'aspect de surface (matité, brillance, rayures, abrasions), perte de matière colorée et enfin éventuel transfert d'encre sur les matériaux mis en contact.

TRAVAUX 2007

Objectifs

- Se familiariser avec le comportement des tirages jet d'encre face à l'abrasion et à de potentiels produits de restauration.
- Evaluer les différences de sensibilité entre des tirages réalisés avec la même imprimante (c.a.d. les mêmes encres et paramètres d'impression) sur différents papiers.
- Evaluer les différences de sensibilité entre les tirages pigmentaires et les tirages à base de colorants.

⁴ Les tirages testés ont été réalisés par le Studio Franck Bordas ; Jean-Paul Gandolfo, responsable du Laboratoire photographique de l'Ecole nationale supérieure Louis Lumière ; Jean-Philippe Boiteux, responsable de la section reproduction à l'Atelier de restauration et de conservation des photographies de la Ville de Paris.

⁵ Les tests sélectionnés ont simulé des dommages accidentels: frottements d'un papier, griffures, projection de solvants sur la surface des images, etc. Ils se proposaient d'autre part de simuler des traitements de restauration potentiel : gestes et produits habituellement utilisés par les restaurateurs pour la restauration des photographies : le gommage, l'application de solvants, pour les traitements de nettoyage, par exemple.

⁶ A l'oeil nu et observation sous loupe binoculaire puis microscope.

⁷ Selon une échelle d'évaluation prédéfinie : nulle, faible, moyenne, importante, extrême.

Echantillons

Les échantillons soumis aux tests de sensibilité sont les suivants :

- 12 tirages réalisés sur deux imprimantes jet d'encre piézoélectrique à base de colorants (Epson et Canon) sur différents papiers (papiers multicouches comportant des couches réceptrices en polymère et microporeuse sur support RC ; papiers purs coton ; papiers couchés).
- 6 tirages réalisés sur deux imprimantes jet d'encre piézoélectrique pigmentaire (Epson et Canon) sur un papier pur coton.
- 4 tirages réalisés sur une imprimante jet d'encre thermique pigmentaire (Hewlett-Packard) sur différents papiers (papiers multicouches RC comportant des couches réceptrices en polymère et microporeuse ; papiers purs coton)

Protocole de tests

Tous les échantillons ont été soumis aux tests suivants :

- Abrasion à la gomme : abrasion par frottements légers verticaux et horizontaux à l'aide d'une gomme utilisée habituellement en restauration de photographies.
- Abrasion au papier : par frottements circulaires à l'aide d'un papier rugueux non encollé.
- Abrasion à l'ongle : frottement rapide et sec d'un ongle contre la surface.
- Enfoncement : réalisé suivant une ligne droite à l'aide d'un plioir.
- Transfert d'encre : une feuille de polyester a été posée et brunie sur la surface.
- Test à la goutte : application au pinceau fin d'une goutte de solvant (eau ; eau-éthanol 1 :1 ; éthanol ; acétone). L'effet de ces solvants sur les éléments constitutifs du couple encre/papier a été observé.
- Application de ces mêmes solvants à l'aide d'un coton, par mouvements circulaires. L'effet combiné du frottement et du solvant a été observé.
- Cycle de variations hygrométriques : les échantillons ont été placés dans une chambre humide à 90% d'humidité relative (HR) pendant 1h30, puis placés dans une atmosphère à 40% HR pendant 2h. Ce cycle a été répété trois fois.

Résultats et interprétation

Observations générales

- Tous les échantillons présentent une sensibilité à l'abrasion plus ou moins marquée. Les tirages sur papier pur coton, dont les encres sont posées sur le papier ou sur la couche d'enduction, ne réagissent pas forcément plus mal aux tests à l'abrasion que les tirages dont les encres sont « protégés » dans une couche réceptrice. La gomme laisse des marques blanchâtres plus ou moins prononcées en surface. Le frottement du papier rugueux abrase certains couples papier/encre, retirant visiblement de la matière colorée et/ou rayant la couche réceptrice (ill. 2). Il nous a semblé que les tests mécaniques effectués sur les papiers pur coton présentaient des résultats visuellement plus acceptables que les mêmes tests sur les papiers RC multicouches. Cette appréciation peut s'expliquer par le fait que l'abrasion sur ces derniers trouble davantage la lecture de l'image.
- Tous les échantillons marquent beaucoup à l'ongle.
- Aucun transfert d'encre après brunissement de la surface avec un morceau de polyester n'a été constaté. En revanche ce dernier peut rayer la surface de l'image.

Observations sur les papiers pur coton

- Les papiers pur coton sont tous sensibles à l'abrasion. Cependant, les papiers lisses et souples accrochent mieux l'encre alors que les papiers rugueux et à grain fort la fixent moins bien, ce qui rend ces derniers plus fragiles à l'abrasion.
- De manière générale, il ne semble pas se produire de solubilisation de l'encre sur les papiers pur coton, quelque soit le solvant appliqué à la goutte. Une perte de matière colorée est en revanche constatée lors de l'action combinée du frottement, même très léger, et de l'apport de solvant. L'eau favorise le plus le drainage des encres et provoque par conséquent la perte de matière la plus notable.
- Aucune modification sur les échantillons soumis aux cycles de variations hygrométriques n'a été constatée.

Observations sur les papiers RC multicouches (couches réceptrices microporeuses ou à base de polymère)

- Les papiers multicouches sont globalement très fragiles et très salissants : la surface est facilement marquée de traces de doigts et la poussière y adhère particulièrement, procurant rapidement un effet « sale » qui gêne beaucoup la lecture de l'image.
- La fragilité à l'abrasion s'exprime sous forme de rayures de la couche réceptrice et/ou de retrait de l'encre dans le cas d'un système pigmentaire.
- La couche réceptrice des papiers microporeux est plus cassante sous le passage du plioir : on constate des arrachages de la couche minérale.
- Tous les échantillons réagissent à un ou plusieurs des solvants testés sans qu'une logique particulière par type de couche réceptrice ou d'encre n'ait pu être constatée. Les réactions sont fortes (ill. 1) : retrait de l'encre, déplacement de celle-ci au sein de la couche réceptrice et parfois solubilisation de la couche réceptrice avec un ou plusieurs des solvants testés. Une même encre peut être soluble sur une couche microporeuse et insoluble sur une couche réceptrice à base de polymère, ou inversement. La solubilisation est toujours aggravée par le frottement.
- Un léger tuilage des papiers RC après le cycle de variations hygrométriques est constaté. Ce tuilage disparaît progressivement.

Observation sur les encres

- Sur les couches réceptrices en polymère, les colorants résistent mieux au frottement à sec que les pigments : la gomme et le papier rugueux ne les retirent pas de la surface. Ce point s'explique par le fait que les colorants pénètrent mieux le polymère que les pigments. C'est pourquoi les papiers polymères sont généralement préconisés en combinaison avec des encres à base de colorants. Les pigments associés à cette famille de papier sont, quant à eux, très sensibles à l'abrasion. Ils sont retirés de la surface par le passage de la gomme.
- Aucune logique de réactivité aux solvants des encres pigmentaires d'une part et des encres à base de colorants d'autre part n'a été constatée. Les encres à base de colorants testées sont cependant a priori plus sensibles à l'eau que les encres pigmentaires mais ne diffusent pas à la goutte comme on aurait pu s'y attendre.
- Une même encre présente une réactivité aux solvants variable en fonction du papier d'impression utilisé : une encre peut par exemple être insoluble à l'éthanol sur un papier pur coton et devenir soluble à ce même solvant dans une couche réceptrice microporeuse ou à base de polymère (ill. 1). Nous considérons ce point comme particulièrement important et problématique dans le cadre d'un traitement de restauration.

Conclusion des tests 2007

Les résultats de ces premiers tests ont permis de mieux cerner les fragilités des tirages jet d'encre et de constater à quel point ils se comportent différemment des tirages photographiques « traditionnels ».

En 2007, les tirages sur papiers pur coton semblent être les plus aboutis : au delà de leur meilleure stabilité face aux agents de dégradation environnementaux (pollution et lumière)⁸, ils sont certes fragiles à l'abrasion, mais pas plus que les papiers multicouches. Ces derniers, qui visent à imiter le rendu des tirages photochimiques « traditionnels », sont plus sensibles aux salissures et leur réaction aux solvants testés s'avère assez perturbante dans la mesure où elle semble imprévisible. Il semblerait que les tirages sur papier coton réagissent mieux aux solvants testés, à condition qu'aucune action mécanique de frottement ne soit exercée.

⁸ Pour plus d'information sur ce sujet, se reporter aux ouvrages et articles cités dans la bibliographie.

Objectifs

1. Affiner les méthodes de reconnaissance des techniques de jet d'encre.
2. Evaluer les sensibilités des couples encres pigmentaires / papiers couramment utilisés aujourd'hui pour leur qualité esthétique et/ou pour leur durabilité à la lumière et aux polluants.

1. Identification des techniques de jet d'encre

Observation d'encres à base de colorant et d'encres pigmentaires sur différents supports

L'observation à l'œil nu ne permet pas de distinguer ces deux types d'encres alors que leur comportement face aux agents de dégradation est différent⁹. Nous avons donc cherché à les reconnaître par des observations non destructives sous loupe binoculaire et sous microscope optique¹⁰. Quatre éclairages ont été utilisés : lumière normale et lumière normale rasante puis lumière spéculaire et lumière spéculaire rasante.

Papiers RC brillants ou satinés comportant une couche réceptrice en polymère ou microporeuse :

- Encres pigmentaires : les observations des gouttes en lumière spéculaire et spéculaire rasante montrent des irisations qui s'accompagnent d'un léger relief en surface. On voit que les gouttes se superposent les unes sur les autres dans les hautes densités tandis que leur distribution est plus espacée dans les basses densités, laissant voir le support à nu. Ces gouttes paraissent légèrement aplaties et on observe des différences de pénétration suivant les papiers. L'irisation du liant ou de la résine des encres pigmentaires est d'autant plus visible que la surface est lisse (ill. 3, 4, 5).
- Encres à base de colorants : aucune irisation n'est visible. Les colorants pénètrent dans la couche réceptrice. On n'observe par conséquent aucun relief de goutte en surface (ill. 6).

Papiers pur coton et papiers mats :

- Les encres pigmentaires n'irisent pas sur ce type de support. Les gouttes diffusent latéralement dans le support et semblent plus intimement liées aux fibres du papier (ill. 7, 8). Nos observations n'ont donc pas permis de distinguer les pigments des colorants sur les papiers ne comportant pas de surface lisse.

Observation des couches réceptrices en polymère et microporeuse

L'observation à l'œil nu ne permet pas de distinguer avec certitude ces deux types de couches réceptrices alors que leurs propriétés et comportement face aux agents de dégradations sont différents¹¹. Nous avons donc cherché des moyens de les identifier sous loupe binoculaire et sous microscope optique.

- Aucun signe distinctif entre ces deux types de couche réceptrice n'a pu être mis en évidence.
- Nous restons par conséquent sur les moyens courants de distinction : une plus grande brillance et saturation des couleurs avec les couches en polymères et l'inverse pour les couches microporeuses. Cependant, ces indices ne nous paraissent pas pleinement satisfaisants : on peut en effet obtenir de très bons effets de brillance avec des papiers microporeux (plus exactement nanoporeux) et de très bons états de surface mate avec des papiers polymères. En revanche, il est souvent possible d'identifier la nature des couches réceptrice grâce aux informations fournies dans les fiches techniques des papiers : les papiers « instant dry » et ceux dédiés aux encres pigmentaires comportent généralement des couches poreuses. Les papiers dont les fiches techniques insistent sur un rendu « ultra brillant » comportent plus probablement une couche réceptrice en polymère.

Observation des papiers dits « barytés » imitant l'esthétique des papiers barytés argentiques

Les observations des coupes transversales¹² permettent de voir la base fibreuse et la couche blanche intermédiaire, puis la couche microporeuse en surface du tirage (ill. 14). Cette couche poreuse possède

⁹ Voir supra les Test 2007 et se reporter aux ouvrages et articles cités dans la bibliographie.

¹⁰ Ces observations ont été effectuées au laboratoire de l'Inp.

¹¹ Pour plus d'informations concernant les couches réceptrices, se reporter aux ouvrages et articles cités dans la bibliographie.

des caractéristiques physiques différentes suivant les papiers. Nous trouvons soit une couche poreuse brillante, soit une couche poreuse très mate et friable. Cette dernière semble absorber les encres pigmentaires en quantité plus importante : aucun relief n'est visible en lumière rasante et aucune irisation n'est visible en lumière spéculaire.

2. Tests de sensibilité

Les tests effectués en 2008 sur une gamme d'échantillons ont permis de compléter les tests réalisés en 2007. La recherche s'est concentrée sur le jet d'encre pigmentaire, procédé aujourd'hui majoritaire sur le marché professionnel. Les associations papier/imprimante ont été choisies parmi les combinaisons couramment employées par les tireurs et les photographes professionnels¹³. Les protocoles retenus pour cette série de tests ont permis d'évaluer les fragilités des échantillons à l'action mécanique et à celle des solvants.

Echantillons

Les échantillons soumis aux tests de sensibilité sont les suivants :

- 13 variétés de papiers tirées sur deux imprimantes jet d'encre piézoélectrique pigmentaire (Epson) : 3 papiers pur coton ; 4 papiers dits « barytés » mats et brillants comportant très probablement des couches réceptrices microporeuses ; 4 papiers multicouches RC microporeux.
- 3 variétés de papiers tirés sur une imprimante jet d'encre thermique pigmentaire (Hewlett-Packard) : 1 papier pur coton ; 1 papier RC microporeux et 1 papier RC polymère déclaré comme adapté à tous types d'encres.

Protocole de tests

Tous les échantillons ont été soumis aux tests suivants :

- Abrasion à la gomme : abrasion par frottements légers verticaux et horizontaux à l'aide d'une gomme utilisée habituellement en restauration de photographies.
- Abrasion au papier : par frottements circulaires à l'aide d'un papier rugueux non encollé.
- Abrasion à l'ongle : frottement rapide et sec d'un ongle contre la surface.
- Enfoncement : réalisé suivant une ligne droite à l'aide d'un plioir.
- Application, sans frottement, sur la surface testée d'une balle de coton imbibée de différents solvants (eau à pH 5, 7 et 9; eau-éthanol 1 :1 ; éthanol ; acétone ; toluène¹⁴). L'effet du solvant sur les éléments constitutif du couple imprimante/papier a été observé.
- Application de ces mêmes solvants à l'aide d'un coton, par mouvements circulaires. L'effet combiné du frottement et du solvant a été observé.

Résultats et interprétation

A. Papiers pur coton dits « Fine art »

- Les papiers Fine art sont sensibles à toutes les formes d'abrasion. Le passage du plioir écrase les fibres et les gouttes d'encres en surface. Le frottement du papier ou bien le passage de la gomme créent des pertes de matière colorée plus ou moins importantes.
- Les tests de tamponnage des solvants organiques et de l'eau sur les échantillons ont montré que les encres pigmentaires sont peu solubles. Seul le toluène a provoqué une coloration jaune avec l'apparition d'une auréole au verso de l'épreuve.

¹² La technique de réalisation des coupes utilisée dans cette étude est une adaptation d'une technique de coupe simple réalisée chez Ilford. Cette méthode a l'avantage de ne pas nécessiter de microtome mais ne permet pas d'obtenir un plan de coupe aussi régulier. L'irrégularité du plan pose notamment des problèmes de profondeur de champ lorsqu'on observe les coupes à grossissement élevé.

¹³ Les échantillons testés ont été réalisés par les mêmes partenaires qu'en 2007.

¹⁴ La gamme de solvants choisie doit permettre d'évaluer dans quelle mesure le pH, la polarité et la mouillabilité influencent l'action des solvants sur les matériaux constitutifs des échantillons.

- Associés au frottement, les solvants provoquent des pertes de matière colorée lorsqu'on insiste. Dans ces cas, il semblerait que ce ne soit pas une solubilisation des encres à proprement parler mais que la couche d'enduction soit drainée avec les pigments. Associée au frottement, l'eau provoque les pertes de matière colorée les plus importantes.

B. Papiers barytés à couche réceptrice microporeuse, également qualifiés de « Fine art »

- Ces papiers barytés, dont l'usage se développe dans le secteur « Fine art » depuis début 2008, montrent une sensibilité à l'abrasion variable dont la gravité semble dépendre de l'état de surface et des constituants de la couche réceptrice. Ainsi le papier baryté mat testé s'est avéré particulièrement vulnérable au passage du plioir et à tout frottement avec des solvants : la couche réceptrice s'effrite par blocs, laissant apparaître la couche de baryte (ill. 13). Les papiers plus brillants semblent avoir une meilleure résistance, notamment au frottement avec un papier rugueux (ill. 11).

- Cette famille de papiers a montré des comportements variables face à l'action des solvants :

Le papier mat est très altéré par l'action de l'eau et du frottement, tandis que les solvants organiques semblent avoir moins d'impact sur la friabilité de cette couche.

Les encres sur papiers brillants réagissent bien à l'eau mais sont dégradées sous l'action des solvants organiques, notamment à l'éthanol et à l'acétone, alors que la surface ne semble pas être modifiée.

- Le papier baryté mat présente des caractéristiques proches des papiers pur coton, avec une friabilité accrue de la couche réceptrice. Cette dernière pourrait être de composition proche de la couche d'enduction qui reçoit l'encre sur les papiers pur coton. Dans ce cas, sa tendance à la friabilité serait imputable à un manque d'adhérence entre la couche de baryte et la couche réceptrice minérale et/ou être liée à un rapport charge/liant déséquilibré en faveur de la matière minérale.

C. Papiers RC multicouches à couche réceptrice microporeuse

- Les échantillons sur papier RC multicouches microporeux ont révélé une bonne résistance mécanique aux tests de frottement avec un papier rugueux, ce dernier ne retirant que de rares traces de matière colorée. Des modifications importantes apparaissent avec la gomme : l'encre pigmentaire est retirée de la couche réceptrice, notamment quand la surface présente un relief.

Avec l'ongle, la surface est simplement brunie.

Le test de l'enfoncement au plioir montre quant à lui un brunissement encore plus important de la surface, et on observe un déplacement latéral de la matière colorée, voire une rupture de la surface dans certains cas.

- Les solvants organiques ont provoqué pour chaque échantillon, et ce, quelque soit le mode d'application (frottement ou tampon), une modification des couleurs. Le tamponnage montre une diffusion des encres, notamment dans le cas des papiers brillants, tandis que le frottement provoque le drainage ou la solubilisation complète des encres.

Conclusion des tests 2008

Comportement aux actions mécaniques.

- Le brunissement par l'ongle est constaté sur tous les papiers (ill. 12).

- La gomme retire une partie importante de matière colorée sur tous les papiers et laisse des traces blanches plus ou moins marquées.

- Le papier baryté mat et les papiers pur coton sont plus sensibles à l'abrasion que les papiers microporeux (plastiques ou barytés) brillants (ill. 11). Les papiers lisses montrent en général une meilleure résistance à l'abrasion. Les papiers texturés offriraient un angle d'attaque à l'abrasion plus important.

- Le test à l'enfoncement montre un degré de fragilité élevé des papiers RC microporeux (non barytés) ainsi que du papier baryté mat. La couche réceptrice a une forte tendance à la rupture caractérisée par une fragmentation de la surface. Les papiers pur coton et la majorité des papiers barytés à surface brillante ou texturée ne subissent quant à eux que peu de perte de matière colorée lors du test à l'enfoncement, tout juste un écrasement des pigments et des fibres.

Comportement aux solvants et à l'eau

Réaction à l'eau

- Par tampon, l'eau ne semble pas solubiliser les encres, quelque soit le pH. On remarque que les papiers pur coton et le papier baryté mat ont tendance à gonfler.
- La perte de couleurs survenant lorsqu'on frotte un bâtonnet de coton humidifié semble être davantage provoquée par une dégradation de la couche d'enduction que par la solubilisation des encres elles-mêmes.
- On note parfois une modification de la couleur à l'état humide, qui disparaît après séchage ou évaporation de la goutte d'eau.

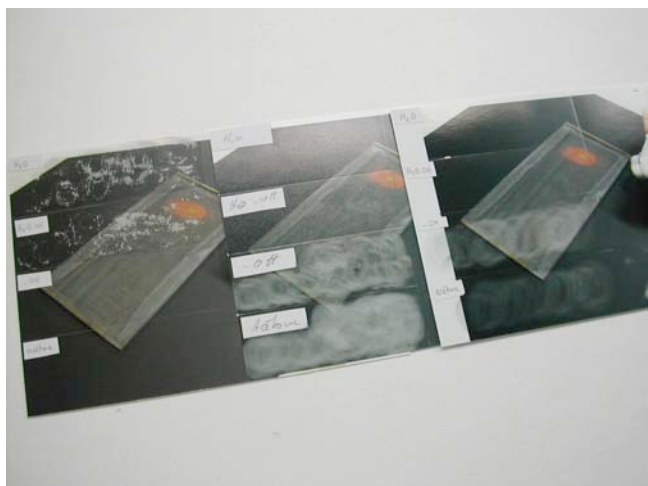
Réaction aux solvants organiques

- Par tampon, les solvants organiques dégradent l'image sur les papiers barytés brillants et les papiers RC microporeux. Le solvant semble rester en surface et dissoudre les encres.
- A l'inverse, les encres sur papiers pur coton et le papier baryté mat ne semblent pas être dissoutes, bien qu'une auréole jaune puisse apparaître dans le cas du toluène. Les solvants semblent pénétrer dans l'épaisseur du papier plus rapidement, par capillarité, sans nécessairement dissoudre les encres. Le frottement accroît sensiblement la perte de matière colorée. Les papiers pur coton et les papiers barytés mat sont épidermés notamment sur les crêtes des surfaces texturées, mais de manière moins marquée qu'avec un bâtonnet de coton humide. (ill. 9, 10)

Conclusion finale

- En comparant les échantillons testés en 2007 et 2008, nous constatons une nette amélioration de la résistance aux actions mécaniques et à la salissure pour tous les types de papiers, notamment pour les papiers barytés et les papiers RC multicouches. Les traitements de restauration sur ce type de support restent cependant très complexes et délicats.
- On peut néanmoins conclure que les réactions à l'eau sans frottement semblent bonnes, ce qui ouvrirait un certain nombre de possibilités de traitement, à condition cependant de limiter au maximum la quantité et la durée de l'apport d'eau. L'usage d'autres solvants, notamment des mélanges eau / éthanol ou éthanol pourrait être envisagé, sans frottement, mais uniquement pour les papiers pur coton. Il serait cependant prudent de confirmer ces premières observations visuelles par des essais de traitements spécifiques faisant l'objet d'un suivi colorimétrique, ou d'autres mesures plus précises, avant et après traitement.
- Concernant les papiers RC multicouches et les papiers barytés brillants, les possibilités de traitement semblent très limitées à cause des réactions inconstantes d'une même encre à un même solvant organique, selon le type de papier utilisé. Il serait nécessaire d'éclaircir le comportement des couches réceptrices pour mieux comprendre et mieux prévoir l'effet des solvants. A l'issue de ces tests, nous nous posons les questions suivantes :
 - Est-ce la couche réceptrice qui est partiellement solubilisée et qui entraîne l'encre avec elle, même si l'aspect de surface (brillance) semble inchangé à l'œil nu ?
 - L'effet des solvants organiques serait-il plus prononcé sur les papiers multicouches présentant une rétention des solvants supérieure à celle des papiers pur coton ?
 - La composition finale de l'encre, et par conséquent sa solubilité, varierait-elle en fonction de la nature de la couche réceptrice ? La composition chimique ou la structure de l'encre seraient-elles modifiées lorsque cette dernière rentre en contact avec la couche réceptrice ?

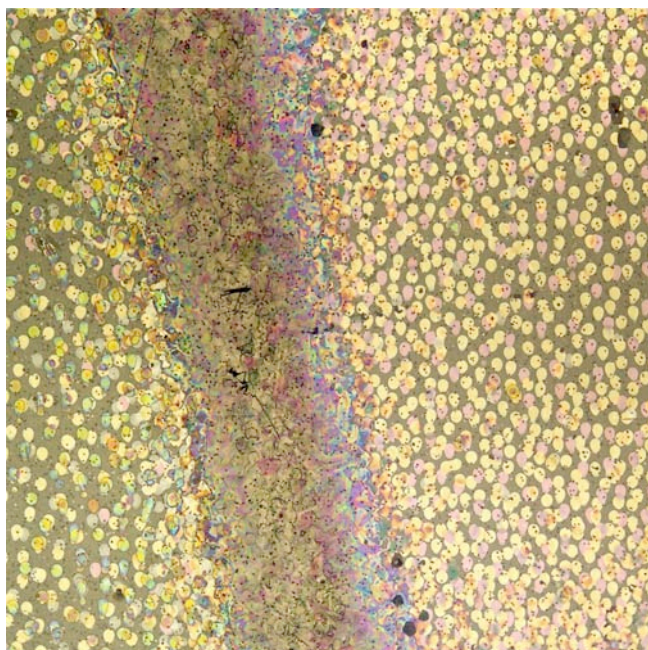
Illustrations



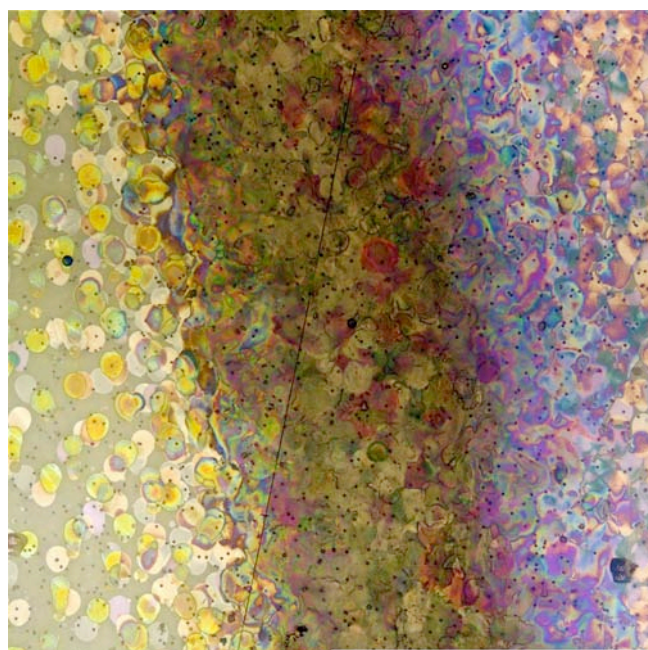
III. 1 : Tests 2007, tirages jet d'encre sur différents papiers, réactions aux solvants par frottement léger avec un bâtonnet de coton.



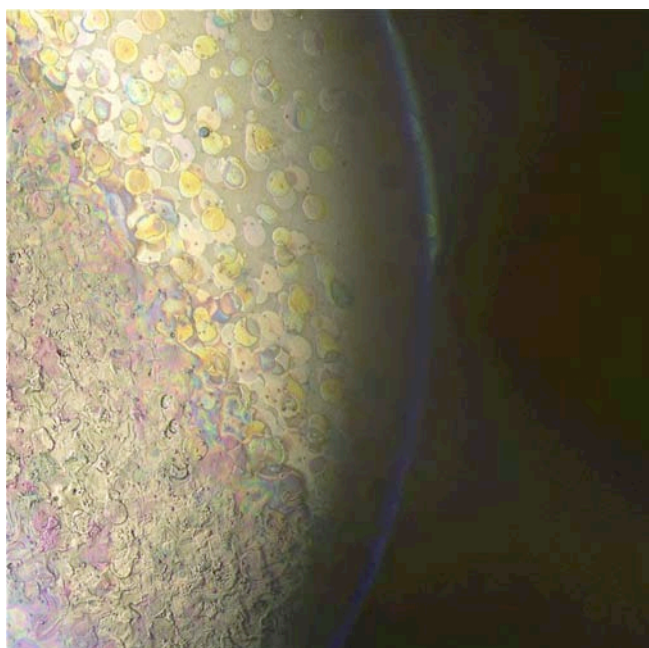
III. 2 : Tests 2007, tirages jet d'encre sur papiers pur coton, réactions au frottement avec un papier rugueux.



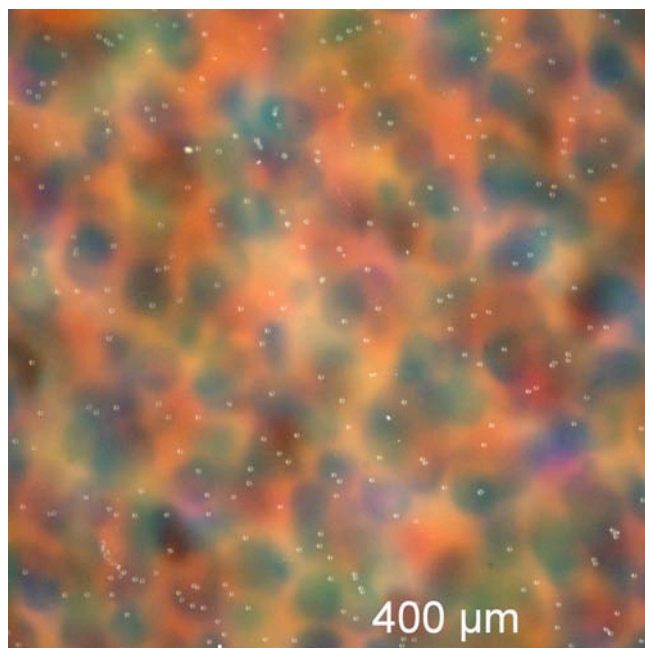
III. 3 : Irisation de gouttes d'encre pigmentaire sur un papier RC microporeux en lumière spéculaire. Grossissement 35x.



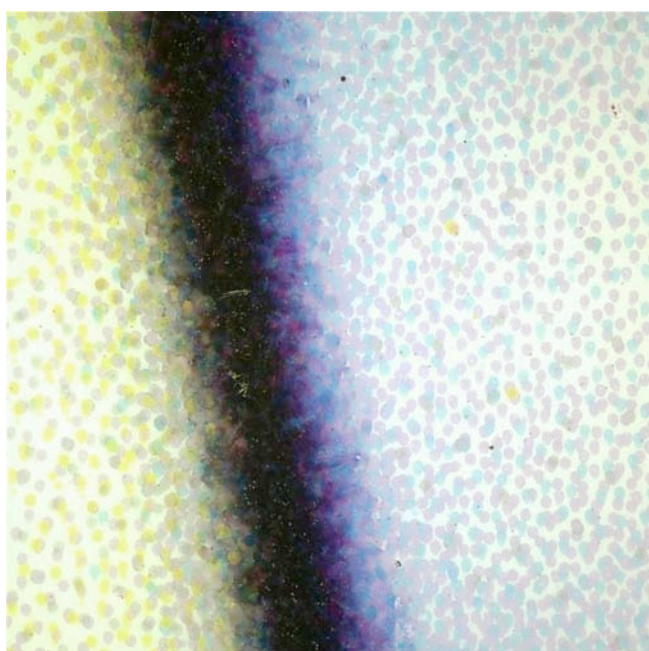
III. 4 : idem III.3. Grossissement 70x.



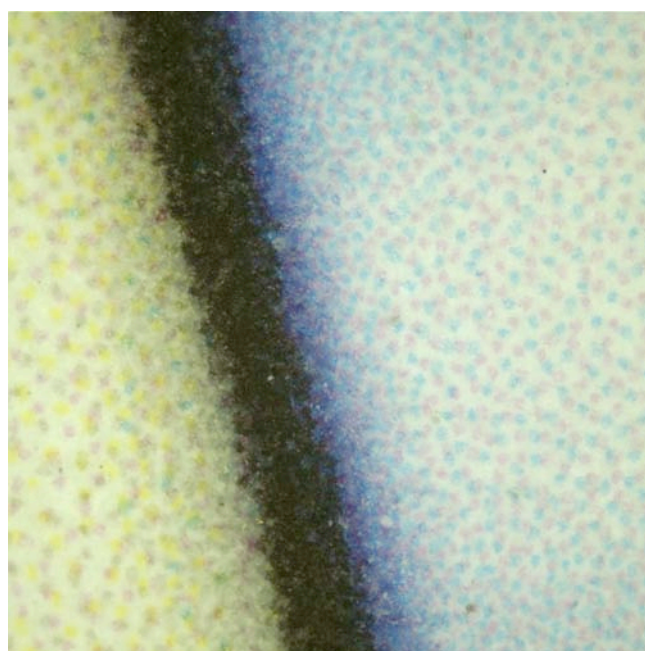
III. 5 : Irisation de gouttes d'encre pigmentaire sur un papier RC microporeux en lumière spéculaire rasante. Grossissement 70x.



III. 6 : Colorants dans la couche réceptrice microporeuse d'un papier RC en lumière spéculaire. Grossissement 70x.



III. 7 : Gouttes d'encres pigmentaires sur un papier multicouches RC microporeux en lumière normale. Grossissement 35x.



III. 8 : Gouttes d'encres pigmentaires sur un papier pur coton en lumière normale. Grossissement 35x.



III. 9 : Tests 2008, application d'un solvant avec un bâtonnet de coton sur un échantillon. Le coton est bleu.



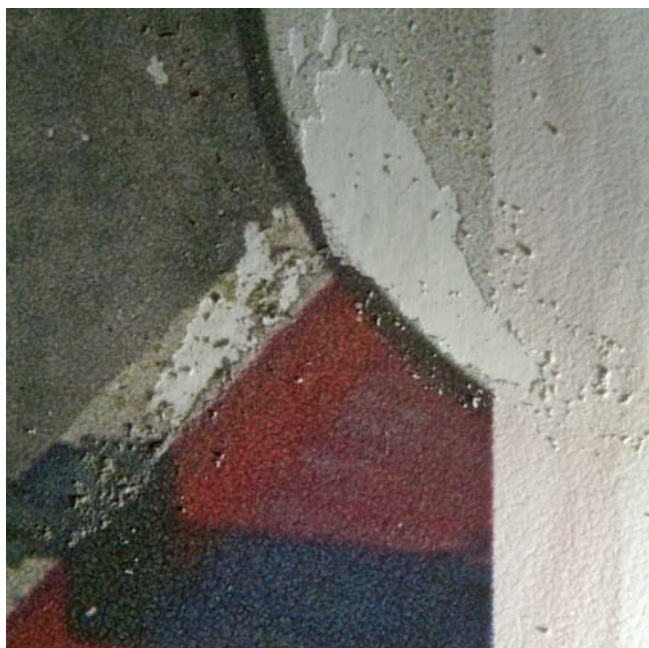
III. 10 : Tests 2008, exemple de réactions de solvants sur quatre échantillons. Même encre pigmentaire sur différents papiers, de gauche à droite : un papier RC multicouche, un papier pur coton puis deux papiers barytés.



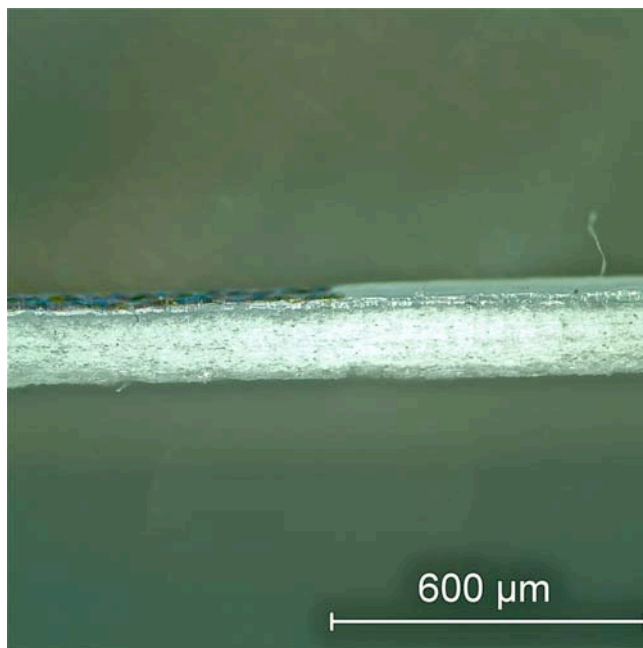
III. 11 : Tests 2008, action du frottement d'un papier rugueux sur deux tirages jet d'encre pigmentaire sur papier baryté. Pas d'abrasion visibles à l'œil nu.



III. 12 : Tests 2008, marques d'ongles sur la surface de tirages jet d'encre pigmentaire sur papier pur coton. Tous les types de papiers testés « marquent » à l'ongle.



III. 13 : Tests 2008, faible résistance à l'abrasion du papier baryté mat testé : la couche réceptrice s'effrite. Grossissement 20x.



III. 14 : Coupe d'un papier baryté. On distingue les trois couches de bas en haut : le support en papier pur coton, la fine couche de baryte et la couche réceptrice. Grossissement 35x.

Bibliographie

CARTIER-BRESSON Anne, « Photographies : les enjeux de la préservation », dans *Artpress* n°350, novembre 2008, p. 60-66.

FISCHER, Monique, « Creating Long-lasting Inkjet Prints », dans *ICOM working group photographic materials Newsletter*, octobre 2006 et consultable sur le site internet du NEDCC : <http://www.nedcc.org>

GANDOLFO, Jean-Paul, « Les impressions numériques » ainsi que les notices sur « l'électrophotographie, l'impression à jet d'encre, la sublimation thermique », dans CARTIER-BRESSON, Anne (sous la direction de), *Vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008.

IMAGE PERMANENCE INSTITUT, *A Consumer Guide to Traditional and Digital Print Stability*, Rochester, 2004 et consultable sur le site de l'IPI : <http://www.imagepermanenceinstitute.org>

IMAGE PERMANENCE INSTITUT, *A consumer Guide for the Recovery of Water-Damaged Traditional and Digital Prints*, Rochester, 2004, et consultable sur le site de l'IPI : <http://www.imagepermanenceinstitute.org>

JÜRGENS, Martin C., *Preservation of Ink Jet Hardcopies*, for the Capstone Project, Cross-Disciplinary Studies, RIT, Rochester NY, 1999, version consultée le 16 avril 2009 www.knaw.nl/ecpa/publ/jurgens.html

JÜRGENS, Martin C., « The History and Conservation of Digital Prints – Research in Progress » in *Conservation, The Getty Conservation Institute Newsletter*, Vol. 22, n° 3, Los Angeles, 2007, p. 4-9.

LAVEDRINE, Bertrand ; GILLET, Martine ; GARNIER, Chantal ; LEROY, Martine, « Etude de la stabilité photochimique d'impressions couleurs à jet d'encre », dans *Nouvelles de l'ARSAG*, n°13, décembre 1997, p. 16-18.

LAVEDRINE, Bertrand ; GILLET, Martine ; GARNIER, Chantal ; MAES, Herman, « Stabilité à la lumière d'impressions à jet d'encre Iris », dans *Support Tracé*, n°1, 2001, p. 32-33.

PLOYE, Françoise, « Les impressions numériques » ainsi que la notice « Fragilités et conservation des impressions numériques », dans CARTIER-BRESSON, Anne (sous la direction de), *Vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008.

WILHELM, Henry, « A 15-Year History of Digital Printing Technology and Print Permanence in the Evolution of Digital Fine Art Photography – From 1991-2006 », dans *IS&T'S 22nd International Conference on Digital Printing Technologies, Final Program and Proceeding*, The Society for Imaging Science and Technology, Barcelone, 2006.

WÜLLER, Dietmar, « L'évaluation de la stabilité des impressions numériques », dans CARTIER-BRESSON, Anne (sous la direction de), *Vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008.

Voir aussi sur le site de l'IPI : <http://www.imagepermanenceinstitute.org>

- The DP3 Project : Digital Print Preservation Portal
- Le site d'aide à la caractérisation et à l'identification : digitalsamplebook.com

Nous remercions vivement les personnes qui apportent leur contribution à ce projet :

- Anne Cartier-Bresson, responsable de la section photographie du département des restaurateurs de l'Inp et directrice de l'Arçp et Jean-Philippe Boiteux, responsable de la section reproduction de l'Arçp.
- Jean-Paul Gandolfo, responsable du Laboratoire photographique de l'Ecole nationale supérieure Louis Lumière.
- Franck Bordas, directeur du Studio Bordas et son assistante, Alice Tremblais, ingénieur image.
- Marie-Christine Papillon responsable du laboratoire de l'Inp et son équipe : Anne Genachte-Le Bail et Gaël-François Jeannel.

Tous nos remerciements vont également à Jürgen Ketterer / Ilford ; Ryan Boatright / IPI ; Martin Jürgens pour les informations qu'ils nous ont fournies pour la réalisation de coupes stratigraphiques.