

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 dédiées 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.

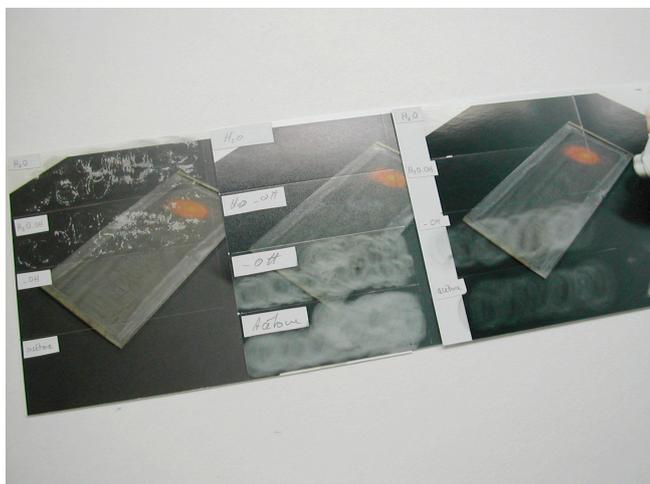
Réaction aux solvants organiques

- 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 ?

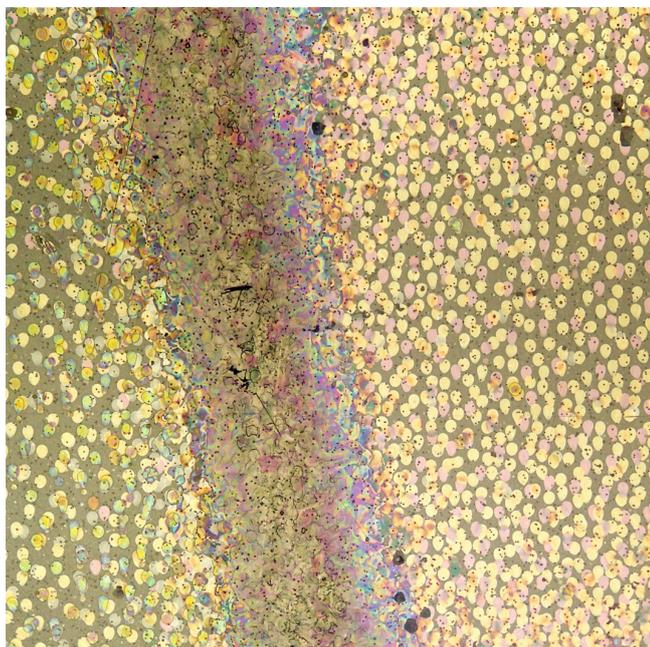
Illustrations



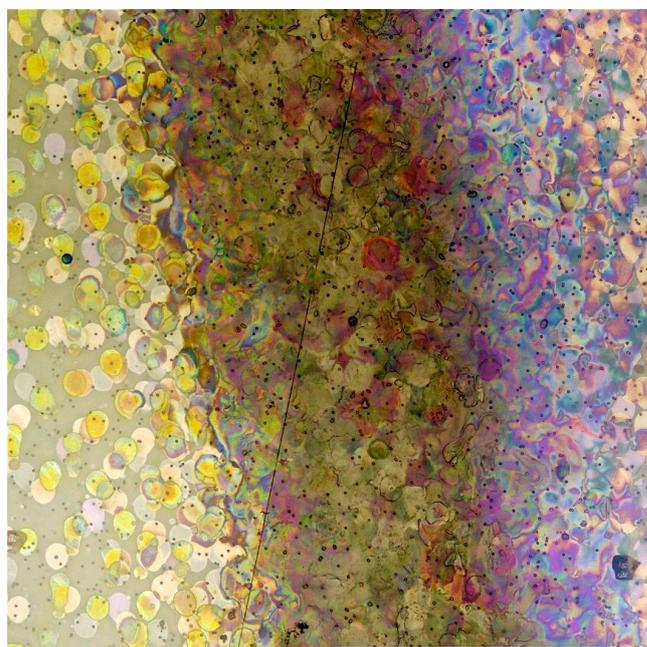
III. 1 : Tests 2007, tirages jet d'encre sur différents papiers, réactions aux solvants par frottement léger avec un bâtonnet de coton.



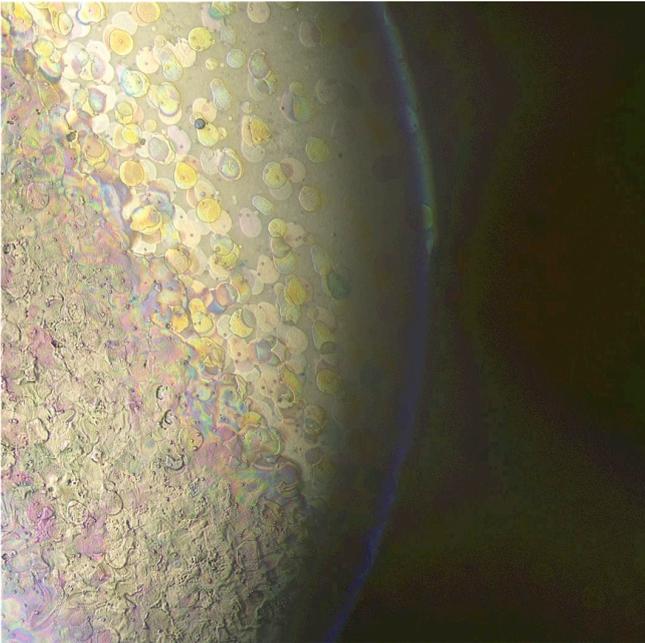
III. 2 : Tests 2007, tirages jet d'encre sur papiers pur coton, réactions au frottement avec un papier rugueux.



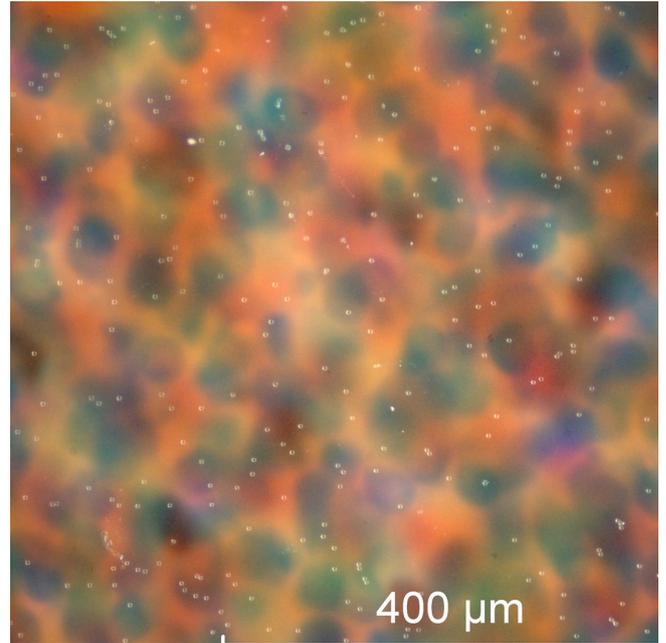
III. 3 : Irisation de gouttes d'encre pigmentaire sur un papier RC microporeux en lumière spéculaire. Grossissement 35x.



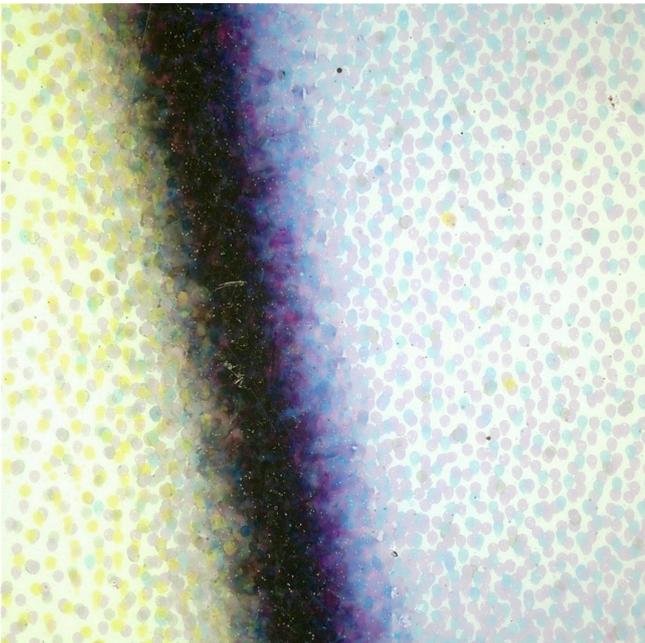
III. 4 : idem ill.3. Grossissement 70x.



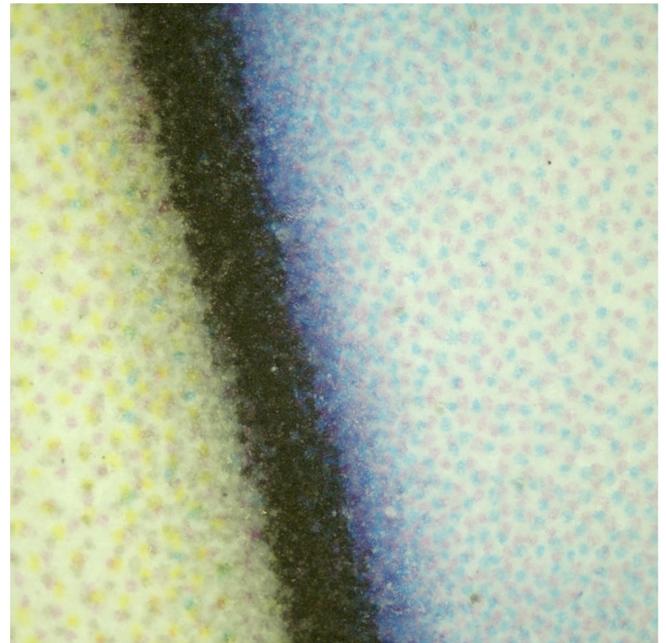
III. 5 : Irisation de gouttes d'encre pigmentaire sur un papier RC microporeux en lumière spéculaire rasante. Grossissement 70x.



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



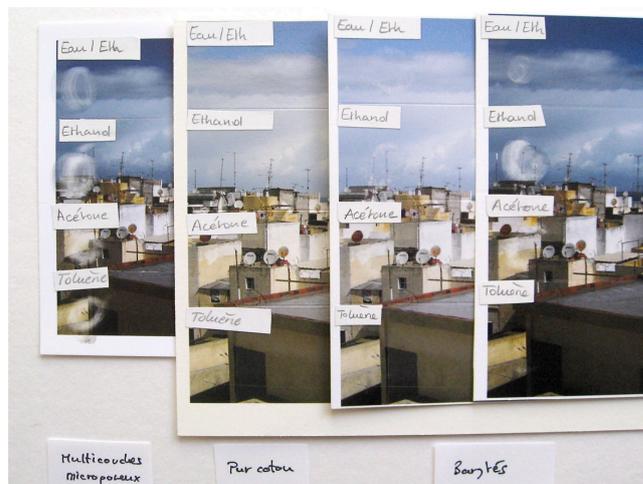
III. 7 : Gouttes d'encres pigmentaires sur un papier multicouches RC microporeux en lumière normale. Grossissement 35x.



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.



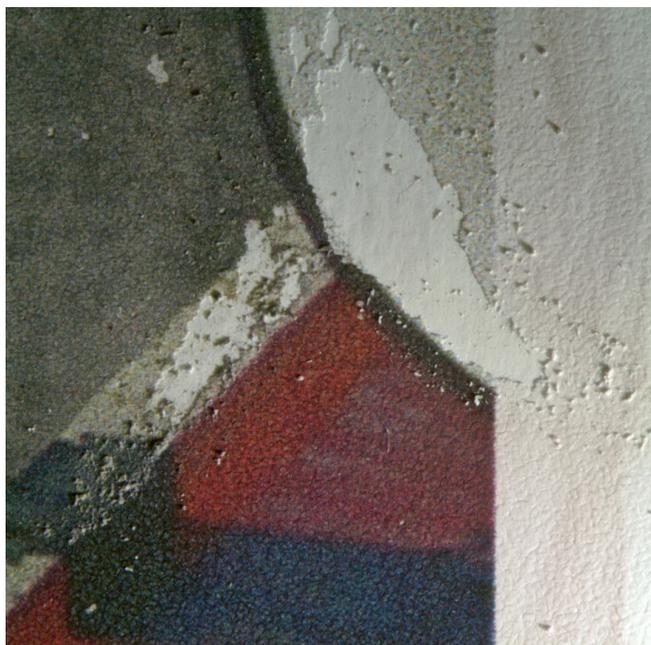
III. 10 : Tests 2008, exemple de réactions de solvants sur quatre échantillons. Même encre pigmentaire sur différents papiers, de gauche à droite : un papier RC multicouche, un papier pur coton puis deux papiers barytés.



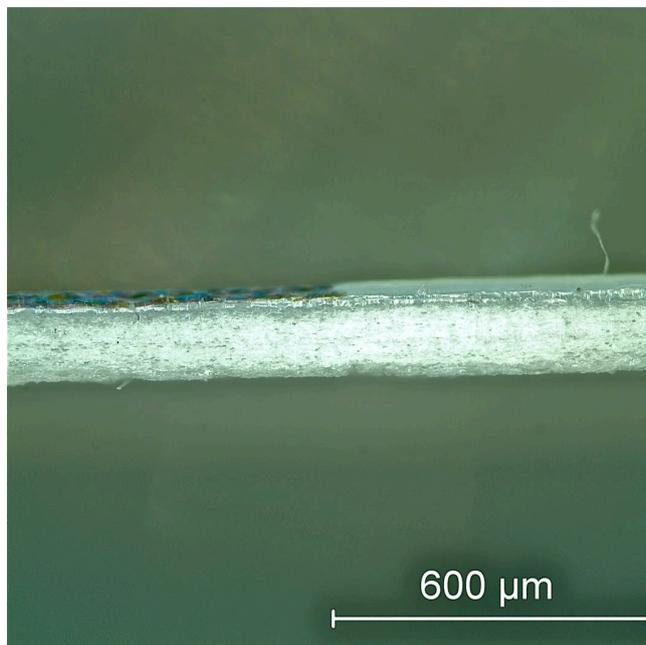
III. 11 : Tests 2008, action du frottement d'un papier rugueux sur deux tirages jet d'encre pigmentaire sur papier baryté. Pas d'abrasion visibles à l'œil nu.



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'Arcep et Jean-Philippe Boiteux, responsable de la section reproduction de l'Arcep.
- 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.