

William Henry Fox Talbot, *New Court, St. John's College, Cambridge*, vers 1845, négatif, calotype ciré, 16.8x16.9 cm

## PROCÉDÉS PHOTOGRAPHIQUES

Nassim Daghighian

# Quelques procédés photographiques analogiques

## Une brève introduction

par Nassim Daghighian, historienne de l'art spécialisée en photographie, critique d'art et enseignante

### TABLE DES MATIÈRES

Repères chronologiques	3
Principes de base en photographie	4
Procédés négatifs	4
Procédés positifs monochromes (en bref)	5
Description des procédés monochromes	6
Principes de base de la photographie couleurs	9
Description des procédés polychromes	10

# Repères chronologiques

## A) Procédés monochromes

### POSITIFS DIRECTS

	brevet/usage	support
• héliographie (Niépce)	1822-1827	---METAL
• physautotype (Niépce, Daguerre)	1832-1833	
• daguerréotype (Daguerre)	1839-1860'	
• papier positif direct (Bayard)	1839-1840	---PAPIER
• ambrotype (Le Moyné ; Cutting 1854)	1851-1880	---VERRE
• ferrotype (Martin)	1852-1930'	---METAL

### NÉGATIFS

• dessin photogénique (Talbot)	1834-1840'	---PAPIER
• calotype (Talbot)	1841-1855	
• papier ciré (Le Gray)	1851-1862	---VERRE
• verre albuminé (N. de Saint-Victor)	1848-1860	
• plaque au collodion humide (Archer)	1851-1885	
• " au gélatino-bromure d'argent (Maddox)	1871-1895	---ROULEAU
• film rouleau papier au gbr (Eastman)	1884-1889	
• film cellulose au gbr (Eastman, Kodak)	1889-2000	

### POSITIFS SUR PAPIER

**Chlorure d'argent** (tirage contact, noircissement direct )

• papier salé (Talbot)	1840-1855	---MONOCOUCHE
• papier albuminé (Blanquart-Evrard)	1850-1890	---BICOUCHE
• papier celloïdine, collodion (Wharton-Simpson)	1865-1920'	
• papier citrate, gélatine (Abney)	1882-1930'	Aristotypes 1884

**Bromure d'argent** (contact ou agrandissement, développement )

• papier au gélatino-bromure (Mawdsley)	1873-2000	---BI OU TRICOUCHE
• papier Gaslight, Cl Br (Eder et Pizzighelli)	1884-1910	

**Sels de fer** (tirage contact, développement )

• cyanotype (Herschel)	1842-1910'	---MONOCOUCHE
• platinotype (Willis)	1873-1920'	
• kallitype (Nichol)	1899-1910'	

**Sels de chrome** (dépouillement) : **procédés pigmentaires** (Poitevin 1855)

• papier charbon (Swan)	1864-1910'	---BICOUCHE ou plus POLYCHROMIE possible
• gomme bichromatée (Pouncy)	1894-1920'	
• bromoil, oléobromie (Piper)	1907-1930'	

## B) Procédés polychromes

• théorie de la trichromie (Maxwell 1855-1861, Charles Cros / Ducos du Hauron 1862-1868)		
• héliochromie au charbon (du Hauron)	1869	---METHODE INDIRECTE par synthèse soustractive
• hydrotypie, pinatypie (Cros, Carpentier)	1880	
• photographie interférentielle (Lippmann)	1891	---METHODE DIRECTE, additive
• procédé à réseau ligné (Joly)	1893	---RESEAU LIGNÉ
• ozotypie 1899, ozobromie (Manly) / carbro	1905/1919	---METHODE INDIRECTE
• autochrome sur verre (frères Lumière)	1903/1907	---DIAPOSITIVE image positive directe obtenue par inversion
• kodachrome s/cellulose (Mannes, Godowsky)	1935	
• ektachrome	1943	---DEVELOPPEMENT CHROMOGENE
• agfacolor, kodacolor -/+ ou C-print	1939/1942	
• cibachrome	1958	---DESTRUCTION de colorants
• polacolor (positif direct)	1963	---DIFFUSION de colorants
• dye transfer Kodak (cf hydrotypie)	1970	---TRANSFERT de colorants (imbibition)

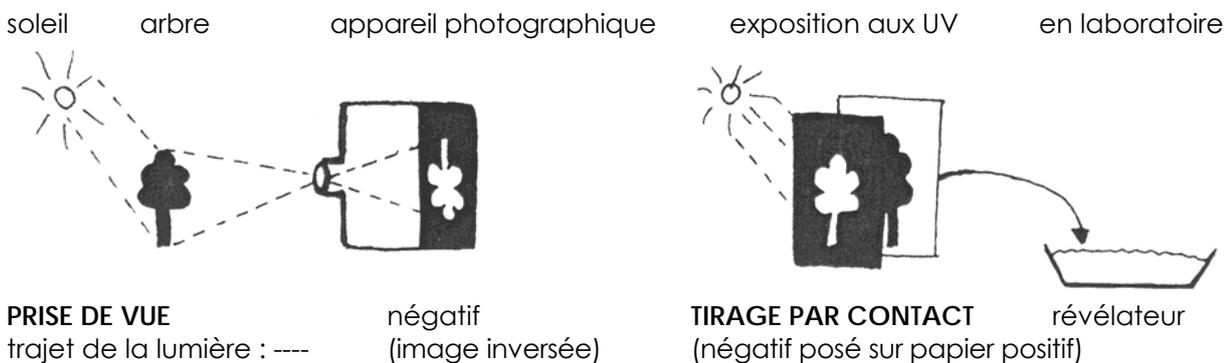
# Principes de base en photographie

Les deux étapes principales de la réalisation d'une photographie sont généralement :  
- la **prise de vue** à l'aide de l'appareil photographique (camera obscura = chambre noire)  
- le **développement** et le **tirage** de l'image en laboratoire (chambre noire, à nouveau)

Le principe fondamental est l'action de la lumière qui agit sur toute substance **photosensible** telle que les sels d'**argent** (l'argent noirci lorsqu'il est exposé à la lumière), sels de **fer** ou sels de **chrome** (le bichromate durcit sous l'effet de la lumière).

A la prise de vue, généralement une image négative se forme dans l'appareil, alors qu'au tirage, il s'agit d'inverser l'image pour obtenir un positif. Un positif est donc la photographie d'une photographie négative !

Le premier moyen utilisé par les pionniers de la photographie est le tirage par contact : on place le papier photosensible directement sous le négatif, le tout est exposé à la lumière du soleil (rayons UV). Les zones opaques du négatif empêchent la lumière de passer, ce qui correspond aux zones claires de l'image. Les zones transparentes du négatif laissent passer beaucoup de lumière, qui noircit les parties les plus sombres de l'image.



## Procédés négatifs

### A) PAPIER

- ◇ calotype ou talbotype (1834-35, dessins photogéniques ; 1841, William Henri Fox Talbot)
- ◇ papier ciré sec (1851, Gustave Le Gray)

### B) VERRE

- ◇ niepcéotypie ou négatif à l'albumine (1847, Abel Niepce de Saint-Victor)
- ◇ collodion humide (1851, Frederick Scott Archer)
- ◇ collodion sec (1855, J.-M. Taupenot)
- ◇ plaque sèche au gélatino-bromure d'argent (1871, Richard Leach Maddox)

### C) SUPPORT SOUPLE

- ◇ gélatino-bromure sur papier (1884, George Eastman)
- ◇ gélatino-bromure sur celluloïd : nitrate de cellulose, 1877 (Hannibal Goodwind) ;  
diacétate de cellulose, 1923 ; triacétate de cellulose, 1948 ; polyester, 1955

En général, la date indiquée est celle du brevet ou de la commercialisation du procédé.

# Procédés positifs monochromes

## Procédés de tirage sur papier à partir d'un négatif

### A) IMAGE APPARENTE À NOIRCISSEMENT DIRECT (printing-out paper)

Procédés au chlorure d'argent (AgCl) ; tirage par contact

- ◇ papier salé (sel marin et nitrate d'argent :  $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 > \text{AgCl}$ )
- ◇ papier albuminé (albumine=blanc d'œuf ; sel de cuisine et nitrate d'argent)
- ◇ papier citrate au gélatino-chlorure d'argent (aristotype à la gélatine sur baryte, P.O.P.)
- ◇ papier à la celloïdine au collodio-chlorure d'argent (aristotype au collodion, P.O.P.)

### B) IMAGE SEMI-VISIBLE DEVELOPPABLE (developing-out paper)

Procédés aux sels de fer ( $\text{Fe}^{3+}$ ferrique >  $\text{Fe}^{2+}$ ferreux) ; tirage par contact

- ◇ cyanotype (ferricyanure de potassium, citrate d'ammonium ferrique)
- ◇ platinotype ou épreuve au platine (chloroplatinite de potassium, oxalate ferrique ; révélateur : oxalate de potassium)
- ◇ kallitype (oxalate ferrique, acide oxalique, nitrate d'argent)

### C) IMAGE LATENTE DEVELOPPABLE (developing-out paper)

Procédés au bromure d'argent (AgBr) ; tirage par contact ou agrandissement

- ◇ papier au gélatino-bromure d'argent (AgBr précipité dans gélatine sur baryte)
- ◇ papier *Gaslight* au gélatino-chloro-bromure d'argent (tirage par contact)

Procédé au chlorure d'argent :

- ◇ papier au gélatino-chlorure d'argent à image latente (aristotype à la gélatine ; contact)

### D) IMAGE LATENTE DEPOUILLABLE (pigment prints)

Procédés pigmentaires aux sels de chrome (bichromate de potassium :  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) ; tirage par contact ou agrandissement ; dépouillement (wash-off)

- ◇ épreuve au charbon (gélatine, bichromate de potassium ; noir de charbon pulvérisé ; contact)
- ◇ épreuve à la gomme bichromatée (gomme arabique ; bichromate de potassium ; pigment d'aquarelle ; contact)
- ◇ épreuve au bromoil ou oléobromie (matrice : photo au gélatino-bromure d'argent par contact ou agrandissement ; blanchiment ; encrage avec pigment à l'huile)
- ◇ woodburytype ou photoglyptie (procédé d'impression photomécanique en creux aux tons continus : matrice de collodion et gélatine bichromatée tannée ; moule en plomb ; encrage avec gélatine pigmentée)

# Description des procédés monochromes

Les papiers photographiques commercialisés aujourd'hui sont généralement recouverts de gélatino-bromure d'argent. Il s'agit d'une couche de gélatine contenant des sels d'argent, qui noircissent lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Cependant, au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, les pionniers de la photographie avaient découvert de nombreux autres procédés de fabrication d'un tirage photographique. A partir d'un négatif réalisé dans l'appareil photographique, ils effectuaient des tirages positifs avec divers composants photosensibles (comme le bichromate ou les sels de fer) et parfois sur du verre ou du métal plutôt que du papier. Dans la majorité des procédés anciens, le négatif translucide est directement posé sur le papier, puis le tout est exposé à la lumière qui forme l'image positive: c'est le tirage par contact (sans agrandisseur). Les procédés sont ici présentés selon l'ordre chronologique.

## Le papier salé

La photographie sur papier salé fut mise au point entre 1834 et 1841 par l'un des inventeurs de la photographie, William Henry Fox TALBOT. Son principe repose sur la sensibilité du chlorure d'argent à la lumière : le papier est traité dans un bain de sel marin (chlorure de sodium) puis dans une solution de nitrate d'argent. Ancêtre des papiers photographiques actuels, il en diffère essentiellement par le fait que l'image apparaît déjà en cours d'exposition sans l'aide d'un révélateur (noircissement direct). Ce procédé fut le premier de l'histoire de la photographie à prendre le papier comme support. Dans les débuts, il s'agit d'un tirage par contact à partir d'un négatif sur papier (calotype) puis, dès 1851, d'un négatif sur verre au collodion humide (coton poudre, alcool, éther, iodure de potassium). L'image est mate et relativement imprécise, les fibres du papier étant apparentes, car les sels d'argent pénètrent en profondeur.

## Le positif direct

L'un des premiers procédés photographiques, découvert en 1839 par Hippolyte BAYARD, qui offre la particularité de produire une image sur papier directement dans l'appareil photo-graphique, sans passer par l'intermédiaire d'un négatif. Bayard utilisait comme Talbot du papier salé au chlorure d'argent, qu'il exposait d'abord à la lumière pour le noircir complètement. Le papier était traité au iodure de potassium et placé dans l'appareil pour la prise de vue. L'image obtenue avait une teinte jaunâtre et semblait comme voilée ou immergée. Il est possible d'adapter ce principe aux papiers actuels, le résultat obtenu étant fort différent.

## Le cyanotype

John HERSHEL, célèbre astronome, physicien et chimiste (il a découvert l'hyposulfite de sodium qui sert de fixateur) a inventé ce procédé en 1842. Basé sur la photosensibilité des sels de fer, ce procédé est peu coûteux et facile à mettre en œuvre. La feuille de papier est enduite au pinceau d'une solution de citrate d'ammonium ferrique et de ferricyanure de potassium. Après séchage, elle est exposée au soleil sous le négatif (tirage par contact). Après lavage, l'image constituée de sels ferreux a des teintes d'un bleu turquoise - le cyan - qui donne son nom au procédé. Une variante fut longtemps utilisée pour les plans et dessins d'architectes.

## L'épreuve à l'albumine

Inventé en 1850 par Louis-Desiré BLANQUART-EVRARD, c'est le principal procédé utilisé entre 1855 et 1890. Le papier est mis à flotter dans un bain de blanc d'œuf (albumine) contenant du chlorure de sodium (sel marin). La sensibilisation du papier se fait dans un bain de nitrate d'argent, avec la formation de chlorure d'argent. Le tirage par contact est réalisé en général avec un négatif au collodion, par noircissement direct. Comme l'albumine recouvre les fibres du papier, l'image satinée et contrastée a une meilleure définition que dans les photographies sur papier salé. Dès 1855, les épreuves à l'albumine sont souvent virées au chlorure d'or, ce qui enrichit les teintes : normalement brun-rougeâtre et jaunâtre dans les hautes lumières, elles peuvent alors tendre vers le brun-violet. Le virage donne de la profondeur à l'image et augmente sa stabilité.

## L'épreuve au charbon (transfert de gélatine pigmentée)

Il s'agit d'un procédé pigmentaire inventé en 1855 par Alphonse POITEVIN, amélioré en 1858 par John POUNCY puis Joseph Wilson SWAN en 1864. L'image étant formée de pigments, elle est inaltérable. Le papier est recouvert d'une épaisse couche de gélatine contenant du bichromate de potassium (sensible à la lumière) et un pigment (souvent du charbon, ce qui explique son appellation). Le bichromate durcit et insolubilise la gélatine dans les parties exposées à la lumière, gardant prisonnières les particules de pigment. Lors du dépouillement de l'image sous l'eau chaude (élimination de la gélatine soluble), le papier devient visible dans les zones claires de la photographie et seules les parties sombres conservent une part importante de pigments. Pour que cette opération se passe correctement, il faut au préalable transférer l'image sur un nouveau support. Une photographie en couleur peut être réalisée grâce à ce procédé (voir la partie consacrée aux procédés polychromes).

## L'épreuve à la gomme bichromatée

Proche dans son principe du tirage au charbon, ce procédé pigmentaire a également été découvert en 1855 par Alphonse POITEVIN et amélioré par John POUNCY, mais il ne devint populaire qu'à partir de 1894 grâce à A. ROUILLÉ-LADÉVÈZE. Une feuille de papier est rendue sensible à la lumière par un mélange de gomme arabique, de bichromate de potassium et d'un pigment. Le choix du pigment permet d'obtenir des images aux teintes variées et inaltérables. La photographie ne présente pas de fins détails, elle ressemble plutôt à un dessin au fusain ou à la sanguine. En effectuant des tirages successifs sur la même feuille, avec différents pigments, il est alors possible d'obtenir une image qui restitue les couleurs naturelles du sujet photographié (gomme bichromatée quadrichrome, selon le principe de synthèse soustractive utilisé en imprimerie, voir plus loin).

## Le woodburytype (la photoglyptie)

Walter Bentley WOODBURY a breveté en 1864 ce procédé d'impression photomécanique de reproduction d'une photographie. Malgré la difficulté d'application, il fut en vogue jusque vers 1900, en raison de l'extrême qualité de l'image finale. Une matrice en collodion et en gélatine bichromatée est exposée à la lumière sous le négatif. La gélatine durcit en proportion de la lumière reçue et résiste alors au lavage. Un moule en plomb est réalisé par pression contre la matrice. Les creux du moule sont emplis de gélatine pigmentée (encrage) et le passage sous presse transfère l'image sur le papier. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une photographie, l'image est très proche de l'original car elle en reproduit la continuité de ton (nuances de "gris"). Bien que toute teinte soit possible selon le choix du pigment, la préférence va au sépia.

## L'épreuve au gélatino-bromure d'argent

Ce procédé est dû à Peter MAWDSLEY, 1873. Peu après l'invention de la plaque sèche au gélatino-bromure d'argent (négatif sur verre) par Richard Leach MADDOX en 1871, apparaissent dans le commerce des papiers recouverts de gélatine contenant des sels de bromure d'argent. Ceux-ci étant beaucoup plus sensibles à la lumière que le chlorure d'argent, il est possible d'effectuer un tirage par agrandissement du négatif. Après exposition du papier sous l'agrandisseur, l'image latente (invisible) n'apparaît qu'une fois le papier plongé dans le révélateur. Le développement est suivi du fixage de l'image à l'hyposulfite de sodium (ou thiosulfate de sodium). Courant dès 1880, le gélatino-bromure d'argent remplace tout à fait le tirage à l'albumine en 1895. C'est le procédé encore en usage aujourd'hui pour la majorité des photographies noir et blanc (tons neutres en mat ou en brillant).

## L'épreuve au platine (platinotype)

Le platinotype a été inventé en 1873 par William WILLIS et commercialisé dès 1879. Le procédé est basé sur la photosensibilité des sels de fer. Le papier est imbibé de sels de platine et de sels de fer avant d'être exposé à la lumière. Dans le révélateur, une image de platine se forme alors que les résidus de fer sont éliminés dans un bain de clarification. Ce procédé permet de réaliser des photographies très stables et d'une grande subtilité dans les variations tonales. Sans liant, l'image s'incruste directement dans le papier dont les fibres restent visibles.

## L'épreuve au bromoil (oléobromie)

Le procédé fut inventé en 1907 par G. Welborne PIPER et repose sur le même principe que la lithographie: la répulsion de l'eau et de l'huile (ou de toute encre grasse). Une photographie au gélatino-bromure d'argent (souvent un agrandissement) subit un blanchiment dans une solution contenant du bichromate de potassium. L'image argentique disparaît totalement et le bichromate durcit la gélatine proportionnellement à la quantité d'argent constituant l'image primitive (donc surtout dans les zones qui ont été fortement exposées). Le tirage encore humide sert de matrice pour l'encrage au pinceau: la gélatine durcie, relativement plus sèche, accepte l'encre grasse alors que les parties les plus lumineuses de l'image la repoussent.

# Principes de base de la photographie en couleur

## Théorie de la trichromie

Selon la théorie de la trichromie, toute couleur peut être obtenue par le mélange de trois couleurs de base, dites couleurs primaires, selon des proportions variables et spécifiques à la couleur désirée. Il est important de faire une distinction entre deux types de mélange possible, appelés synthèse additive et synthèse soustractive des couleurs. Cette dernière, la plus courante, est utilisée en peinture et en imprimerie, alors que la première s'effectue dans l'œil ou lors de la combinaison de faisceaux lumineux colorés. La photographie peut faire appel à l'une ou l'autre des synthèses chromatiques. Voir schéma ci-dessous.

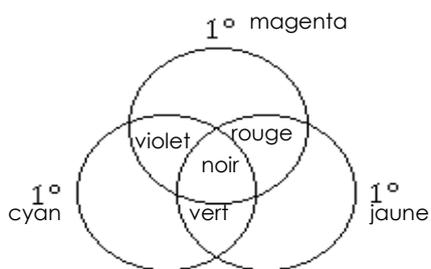
Il revient à l'écossais James Clark MAXWELL d'avoir présenté en 1861 la première photographie en couleur dans une démonstration expérimentale basée sur la théorie de la trichromie (qu'il étudie dès 1855). Etablissant un lien entre l'Art et la Science, Maxwell réunit les diverses connaissances acquises dans les domaines de la physique optique, des mathématiques, de l'anatomie, de la physiologie de la vision, de la peinture et de la photographie. Il se réfère notamment au cercle des couleurs de Newton, au triangle de Young et à la théorie des vecteurs de Grassmann, et établit un diagramme triangulaire qui illustre la théorie de la trichromie.

En France, deux recherches parallèles simultanées (entre 1862 et 1868) aboutissent à des propositions de photographie trichrome en 1869 par Charles CROS et Louis DUCOS DU HAURON. Ce dernier a produit des épreuves au charbon polychromes d'après trois négatifs de sélection.

Ce n'est qu'en 1904 que Louis LUMIÈRE pose un brevet pour l'autochrome, premier procédé couleur commercialisé dès 1907. En 1935 Kodak lance le premier film négatif couleur mais jusqu'aux années 1970, les professionnels et les artistes restent très méfiants vis-à-vis des procédés couleur souvent peu stables.

## Synthèse soustractive

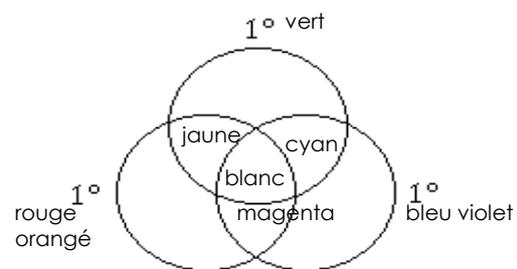
(pigments de peinture ; imprimerie)



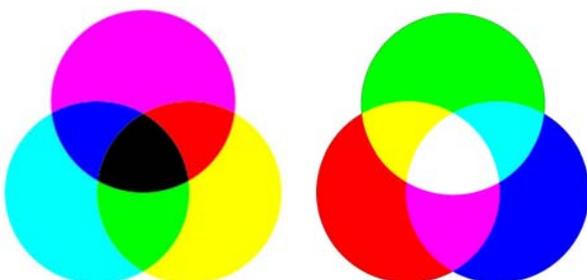
Le noir résulte du mélange des trois couleurs primaires soustractives, cyan, jaune et magenta. La combinaison de deux couleurs 1° donne une couleur 2° (jaune+cyan=vert). Un couple complémentaire (une 1° et la 2° vis-à-vis sur le schéma) donne aussi le noir par synthèse soustractive (vert+magenta=noir). Le blanc est l'absence de toute couleur.

## Synthèse additive

(vision ; lumières colorées TV / vidéo)



Le blanc résulte du mélange des trois couleurs primaires additives, vert, bleu, rouge. Un objet noir absorbe toutes les couleurs alors qu'un objet blanc les réfléchit toutes. Un objet rouge absorbe toutes les couleurs sauf le rouge qu'il réfléchit. Un objet jaune absorbe sa complémentaire bleu-violet, réfléchit le vert et le rouge qui par synthèse additive forment le jaune pour l'œil. En photographie, un filtre de sélection vert ne réfléchit que le vert et laisse passer les autres couleurs qui donnent une image de la couleur complémentaire magenta.



# Description des procédés polychromes

## Photographie couleur interférentielle de Lippmann

Gabriel Lippmann (F, 1845-1921) publie en 1891 la description de la photographie interférentielle, basée sur sa théorie ondulatoire de la lumière, pour laquelle il reçoit le prix Nobel en 1908. Chaque image, unique, reproduit les couleurs avec exactitude. Relativement complexe, lent et coûteux, le procédé est peu diffusé. C'est l'un des rares à utiliser la méthode directe de synthèse additive. Sans colorant, la photographie Lippmann est très stable et les lumières colorées produites ont un effet saisissant (bien que la lisibilité de l'image exige un angle de vue précis et un bon éclairage). Le phénomène d'interférence a lieu dans la nature (l'opale ; certains insectes ou oiseaux) ou dans les hologrammes 3D.

Une émulsion photographique noir et blanc de haute définition est déposée sur un miroir. L'exposition et le développement du film interférentiel sont identiques à ceux d'une photographie ordinaire. L'image formée dans l'appareil photographique (onde lumineuse incidente) interfère avec sa propre réflexion dans le miroir (onde lumineuse réfléchi), engendrant des ondes stationnaires perpendiculaires au plan de la photographie. Ces ondes varient selon un pas de  $\lambda/2n$  ( $\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière, soit environ 380 nm). Ainsi il se crée un complexe réseau d'ondes dans l'épaisseur de l'émulsion en fonction des couleurs du sujet (le bleu a une longueur d'onde d'environ 440 nm, le vert 500 nm, le rouge 760 nm). Le film enregistre une séquence de zones sombres et transparentes (sorte d'encodage spécifique aux lumières colorées) et devient une sorte de filtre sélectif (le miroir n'est plus nécessaire). Lorsqu'on observe une photographie Lippmann en lumière blanche, le film interférentiel ne réfléchit que les rayons identiques à ceux qui l'ont frappé en chacun de ses points, donc renvoie les couleurs spécifiques au sujet photographié. Plus l'émulsion est fine (1  $\mu\text{m}$ ), plus le spectre chromatique enregistré est large ; le résultat s'approche mieux de la réalité que n'importe quel procédé trichrome. Une plaque de verre couverte d'une laque noire brillante sert de support de fond au film. Un prisme de verre (angle de 10°) est collé au baume Canada sur la photographie pour éviter certaines réflexions parasites (réflexion non-sélective de l'interface air-film). Chaque image est unique.

## L'autochrome

Louis LUMIÈRE dépose en 1904 le brevet du procédé découvert avec son frère et commercialisé dès 1907 (jusqu'aux années 1940). L'autochrome est une image transparente couleur unique sur plaque de verre. Il doit être observé dans un diascope ou en projection, en lumière transmise par transparence (source lumineuse derrière la plaque). C'est en quelque sorte l'ancêtre de la diapositive.

La plaque de verre est couverte d'abord d'un vernis collant sur lequel est appliquée une couche pigmentée translucide. Cette couche est constituée de féculés de pomme de terre (amidon) finement broyés, divisés en trois lots égaux et teintés en rouge-orangé, violet ou vert. Le mélange aléatoire des trois types de pigments dans le réseau serré de féculés de pomme de terre permettra de recréer toutes les couleurs du sujet photographié, selon la théorie de la trichromie. L'ensemble est recouvert d'un autre vernis et d'une émulsion au gélatino-bromure d'argent orthochromatique (sensible à toutes les couleurs du spectre lumineux).

La plaque autochrome est placée dans l'appareil photographique, le verre en avant pour que la lumière passant par l'objectif traverse la couche d'amidon avant de parvenir à l'émulsion de gélatino-bromure d'argent. La mosaïque pigmentée constituée par l'amidon trichrome agit comme un filtre, de sorte que l'émulsion est exposée sélectivement à la lumière colorée. La plaque est développée et lavée. Le négatif ainsi obtenu subit une inversion pour parvenir à un positif : bain de blanchiment, exposition à la lumière blanche, développement, fixage, lavage et verni protecteur.

## L'épreuve C-print

Procédé par développement chromogène à colorants incorporés.

Ce procédé couleur est obtenu par la méthode indirecte de synthèse soustractive (théorie de la trichromie). L'épreuve C-print est réalisée par tirage à partir d'un négatif couleur. C'est le procédé « standard » le plus utilisé aujourd'hui, bien qu'il ait la réputation de ne pas être d'une grande stabilité, en raison des impuretés chimiques des colorants. Il existe depuis 1942 aux Etats-Unis (système Kodacolor) et son utilisation en Europe est courante dès les années cinquante. Le support varie : papier, triacétate de cellulose et polyester.

Le papier C-print (C pour couleur, "print" épreuve) est recouvert de trois couches d'émulsion au gélatino-bromure d'argent, chacune étant sensibilisée à l'une des couleurs primaires soustractive (cyan, magenta, jaune) et protégée par un filtre correspondant de la couleur complémentaire (rouge dans la couche supérieure, vert dans la couche intermédiaire et bleu-violet dans la couche inférieure). Ainsi, chaque couche enregistre une information différente de la composition chromatique de l'image. Durant l'exposition du papier à la lumière, à travers le négatif couleur, une image argentique incolore se forme dans chaque couche d'émulsion.

Le papier subit ensuite un développement chromogène (mot d'origine grecque, qui signifie formateur de couleur). Après un développement initial des trois images argentiques, suit un développement en plusieurs étapes au cours desquelles des composés chimiques, des colorants, sont introduits dans chacune des couches. Ces produits incolores s'associent aux produits du premier développement afin de former des colorants spécifiques à chaque couche d'émulsion. Plus précisément, aux endroits où l'argent se dépose, le révélateur oxydé réagit avec les colorants pour former le colorant.

Les trois images superposées se composent de colorants jaune, magenta et cyan. Les différentes couches étant translucides et disposées sur un fond de papier blanc, elles paraissent comme une seule image couleur. Ensuite, un bain de blanchiment, suivi d'un bain de fixage, éliminent l'argent résiduel et l'image finale est constituée uniquement de colorants.

## Le cibachrome / Ilfochrome

Procédé par blanchiment ou décoloration (silver dye bleach process)

Epreuve par destruction de colorant (dye destruction print)

Il s'agit d'un procédé couleur selon la méthode indirecte de synthèse soustractive (théorie de la trichromie). Ce procédé par décoloration (blanchiment) implique la destruction sélective des colorants.

L'épreuve couleur est obtenue à partir d'un transparent (diapositive) ou d'un négatif couleur. Le matériel photosensible est constitué d'au moins trois couches d'émulsion aux sels d'argent. Chaque couche est sensibilisée à l'une des trois couleurs additives : rouge-orangé, vert, bleu-violet, et contient un colorant de la couleur primaire complémentaire : cyan, magenta, jaune.

Lors de l'exposition à la lumière à travers le négatif ou la diapositive originale, une image d'argent se forme dans chaque couche. L'épreuve est développée et blanchie : une partie des colorants associés est détruite catalytiquement aux endroits où se forme l'argent métallique (destruction sélective). Après d'autres manipulations chimiques, l'argent métallique est dissout, l'épreuve est fixée et lavée. Les trois couches d'émulsion comportent alors trois images constituées uniquement de colorants (cyan, magenta et jaune) dont la superposition donne l'impression d'une seule image multicolore (synthèse soustractive).

Le cibachrome/Ilfochrome, produit par Ilford en 1958, possède une grande netteté et une richesse (intensité) chromatique due à l'utilisation de colorants métalliques. A l'origine il était extrêmement brillant mais existe aujourd'hui en version velours ou semi-mat (satiné). Il a une meilleure stabilité que les procédés à développement chromogène (C-print) mais n'égale pas le procédé du dye transfer.

## Le Polaroid

Épreuve de transfert par diffusion interne de colorant.

Le procédé Polaroid est inventé par Edwin LAND qui le commercialise dès 1948 (noir et blanc) et en 1963 pour la couleur (Polacolor). Positif direct, l'image couleur unique est réalisée en quelques instants après la prise de vue. L'émulsion contient trois couches principales, chacune sensibilisée à l'une des trois couleurs additives primaires (rouge-orangé, vert, bleu-violet). Chaque couche est en contact avec une couche associée contenant le colorant complémentaire (respectivement cyan, magenta et jaune) et un agent de développement. Ces couches, ainsi qu'une couche finale de fond, comprennent ainsi à la fois le positif (couleurs soustractives) et le négatif (couleurs additives). L'ensemble est contenu dans une sorte d'enveloppe qui comporte également une pochette contenant d'autres agents chimiques (c'est le bord inférieur, plus large, du Polaroid petit format).

Après exposition, la pochette s'ouvre pour amorcer le processus de développement et de coloration. Les colorants qui constituent l'image diffusent, ils migrent de leur position originelle à travers les couches de l'émulsion, jusqu'à la couche de fond où se forme l'image finale. La feuille opposée de l'enveloppe, où sont situés les matériaux négatifs, est ensuite détachée du positif, qui constitue la photographie couleur unique. Bien qu'elle soit encore valable pour le Polaroid professionnel, cette dernière opération n'est plus nécessaire dans la version commerciale du procédé : le négatif reste inclus mais invisible dans l'épreuve finale. Malheureusement, les produits chimiques inutilisés du négatif rendent le Polaroid moins stable que l'ancienne version.

## L'épreuve dye transfer (ou dye imbibition print)

Epreuve par imprégnation et transfert de colorants

Ce procédé de tirage couleur fut commercialisé par Kodak en 1946. Le dye transfer Technicolor fut introduit en 1926 après plusieurs années de recherches et utilisé pour le cinéma. Il s'agit d'une adaptation moderne de l'hydropotypie, mise au point par Charles Gros et Carpentier en 1880. Le dye transfer est d'une grande stabilité car il ne contient pas de sels d'argent. Le tirage long et coûteux consiste à transférer trois couches de colorants superposées sur un support gélatiné. L'avantage du procédé est de permettre un ajustement de chaque couleur et un contrôle précis du résultat final. La théorie de la trichromie et le principe de la synthèse soustractive des couleurs sont à la base de cette technique. Il s'agit donc d'une méthode indirecte d'obtention d'une image couleur.

Afin de séparer les informations concernant chaque couleur primaire, il est nécessaire de réaliser trois négatifs de sélection noir et blanc, en utilisant des filtres de couleurs complémentaires. Le filtre rouge-orangé permettra d'obtenir l'image cyan, le filtre vert l'image magenta, et le filtre bleu-violet l'image jaune. Un quatrième négatif, correspondant à une image noire, améliore la qualité du résultat. Ces négatifs de sélection sont réalisés soit à la prise de vue, soit à partir d'un transparent (diapositive) couleur.

Chaque négatif est tiré au format désiré sur une matrice. Il s'agit d'un film couvert de gélatine qui, une fois développée dans une solution contenant un agent tannant, durcit dans les zones exposées à la lumière. On procède alors au dépouillement : l'excès de gélatine est lavé, dégageant un relief qui constitue une sorte de moule. Suit l'imprégnation ("imbibition" en anglais) : chaque matrice est plongée dans un bain de colorant spécifique, correspondant à la couleur primaire complémentaire du filtre utilisé pour le négatif de séparation (colorants jaune, cyan et magenta).

Les colorants des trois matrices sont déchargés sur du papier baryté et gélatiné. Ce transfert des colorants demande soin et habileté. Il est indispensable d'aligner avec précision les matrices, afin que les trois images de couleurs primaires superposées ne forment qu'une seule et même image couleur.

## Les procédés pigmentaires

Les procédés pigmentaires sont non seulement les premiers à avoir permis la réalisation de photographies couleur dès 1869, mais aussi les plus stables, et ils trouvent actuellement la faveur de nombreux artistes.

L'utilisation de pigments plutôt que de colorants assure la permanence de l'image. Le principe est toujours le même : trois négatifs de sélection noir et blanc permettent de réaliser trois images cyan, jaune et magenta que l'on superpose afin de constituer une photographie couleur. Le liant, transparent, est généralement la gélatine ou la gomme arabique. La substance photosensible est le bichromate qui durcit à la lumière (Alphonse Poitevin, 1855) et emprisonne les pigments dans les zones les plus exposées. Le dépouillement permet d'éliminer les excès de pigments et de laver tout résidu jaunâtre de bichromate.

Les épreuves au charbon polychromes (Cros, Ducos Du Hauron, 1869) et à la gomme bichromatée quadrichrome (Rouillé-Ladévèze, 1894) ont un certain succès à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle auprès des photographes pictorialistes (Demachy, Steichen), avant d'être rivalisées par l'autochrome, simple et commercialisé.

En 1899, Théodore Henri FRESSON propose une variante de l'épreuve au charbon (transfert de pigment), dont le secret est transmis à Pierre Fresson qui lance en 1951 la quadrichromie Fresson. Très appréciée pour sa stabilité et ses teintes, elle présente un aspect "pointilliste" proche de l'autochrome ou d'un tirage à l'imprimante jet d'encre.

En 1993, Charles BERGER lance l'ultrastable, procédé de transfert pigmentaire quadrichrome qui devrait assurer une permanence de l'image couleur sur cinq cents ans.



SOUS LA DIRECTION DE  
ANNE CARTIER-BRESSON

# LE VOCABULAIRE TECHNIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE

MARVAL

PARIS  
musées

Pour en savoir plus :

CARTIER-BRESSON, Anne, éd., *Le vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008