

# Historique des procédés reposant sur une synthèse additive

On distingue trois types de synthèse additive, ou peut-être devrait-on dire plus justement trois manières de la mettre en jeu :

Synthèse **ADDITIVE** - A **SPATIALE**  
- B **OPTIQUE** - B1 **TEMPORELLE**  
- B2 **PARTITIVE**

Par **synthèse spatiale**, on entend une synthèse additive "pure et dure", "à la Maxwell", c'est à dire une synthèse où les trois images primaires, R, V et B, se superposent réellement, spatialement, soit sur un écran, soit directement sur la rétine.

Par **synthèse temporelle**\*, on entend une synthèse additive où les trois images primaires, R, V et B, se projettent l'une après l'autre, très rapidement, soit sur un écran, soit directement sur la rétine.

Par **synthèse partitive**\*\* , on entend une synthèse additive où les trois images primaires, R, V et B, se tiennent ensemble, côte-à-côte, au sein d'une même mosaïque (réseau, grille, maillage, trame...) dont la "finesse" est plus petite (ou parfois juste presque plus petite) que le pouvoir de résolution\*\*\* de vos yeux.

Dans tous les cas\*, pour l'**analyse**, les trois images sont capturées en noir et blanc au travers de filtres colorés RVB. Certains procédés permettent de réaliser ces trois images simultanément, d'autres ne peuvent le faire que successivement.

Dans tous les cas, les trois images primaires, R, V et B, utilisées pour la synthèse se composent de ces trois images noir et blanc auxquelles on superpose leur filtre respectif.

\* parfois appelée "séquentielle"

\*\* parfois simplement appelée "optique"

\*\*\* Larousse : « propriété qu'a un instrument d'optique de permettre la vision distincte de deux points rapprochés »

\* même pour les procédés soustractifs (voir infra)

# A SYNTHÈSE ADDITIVE SPATIALE

## Prokoudine-Gorski

En photographie l'exemple le plus célèbre est un chimiste et photographe russe, Sergueï Mikhaïlovitch Prokoudine-Gorski. Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, il travaille en collaboration avec le chimiste et inventeur allemand **Adolf Miethe** au perfectionnement de la méthode de Maxwell. De 1909 et 1915, il réalise un grand reportage documentaire en parcourant une grande partie de la Russie aux frais de l'empereur.



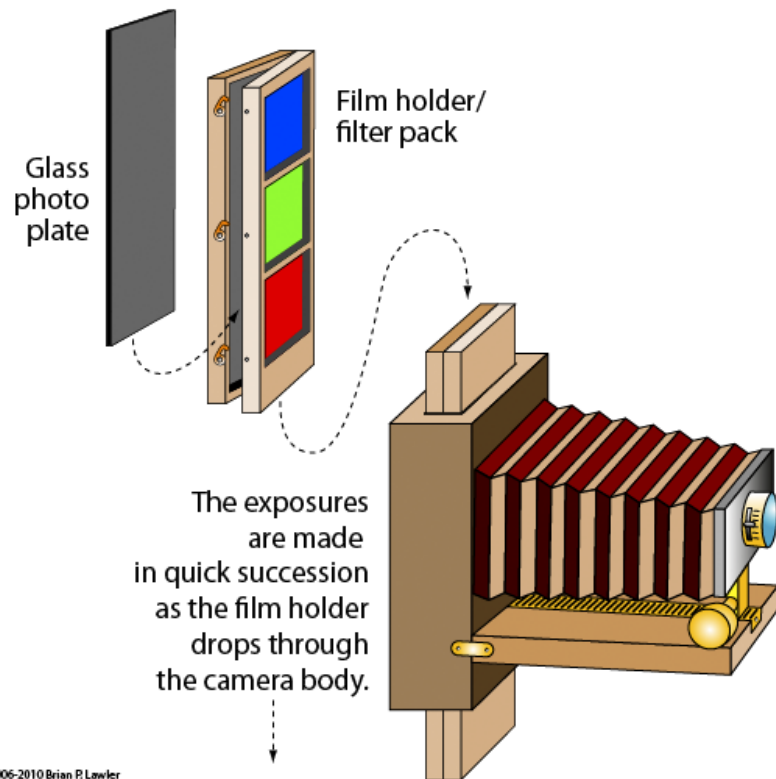
Sergey Prokudin-Gorsky avec son appareil photographique couleur et un assistant, entre 1905 et 1915



Prokoudine-Gorski, Emir de Boukhara, 1911

La plaque photographique **-panchromatique\*** grâce notamment aux travaux d'Adolf Miethe- de son appareil peut accueillir 3 photographies de format carré les unes au dessus des autres. Devant celle-ci prend place un triple filtre RVB. L'ensemble glisse vers le bas, permettant la prise de vue successive des trois images R, V et B.

### The Prokudin Gorskii Three-Color Camera



\* cf. partie 1, p.15.



Appareil photographique, Adolf Miethe, vers 1904

Les trois positifs seront projetés avec un triple projecteur RVB, d'un type sans doute semblable à celui-ci :

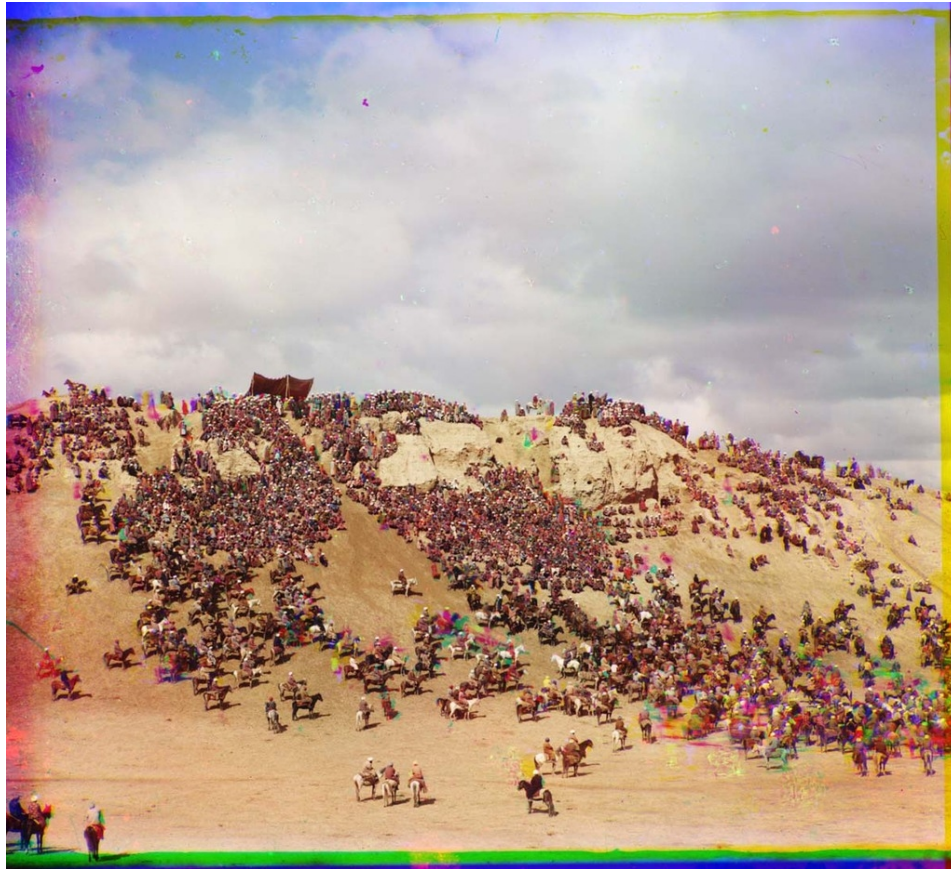


Triple projecteur, Adolf Miethe, vers 1903

Remarquez l'effet bizarre dans les couleurs résultant de la prise de vue successive des trois images RVB sur les objets en mouvement.



Prokoudine-Gorski, le surveillant de l'écluse de Tchernigov, 1909



**Prokoudine-Gorski**, *Bayga Samarkand*, 1905 1915

Encore le décalage des trois images pour les cavaliers en mouvement, avec pour résultat des franges colorées.



**Prokoudine-Gorski**, *Heno*, 1909

Avec une marque triangulaire noire sur le positif correspond au vert.

## Louis Ducos Du Hauron

Louis Ducos Du Hauron, pianiste, scientifique et inventeur français dont on aura l'occasion de reparler (cf. partie 3), prédit dès 1869 de nombreuses solutions pratiques -tant additives que soustractives- à la reproduction des couleurs dans une publication intitulée *Les couleurs en photographie, Solution du problème*.

En 1874 puis en 1885, Du Hauron fait breveter un appareil pouvant à la fois servir d'appareil photographique et de visionneuse.

Leur principe repose toujours sur trois filtres RVB mais aussi sur un jeu complexe de miroirs et de verres semi-réfléchissants (réfléchissant une partie de la lumière et transmettant l'autre partie).

Ce principe permet, lorsque l'appareil est "en mode **appareil photo**", de prendre les trois photographies simultanément (la lumière pénètre alors par l'objectif, est décomposée en trois faisceaux par le jeu de miroirs, filtrés chacun respectivement par les filtres R, V et B et finit par impressionner la plaque photographique).

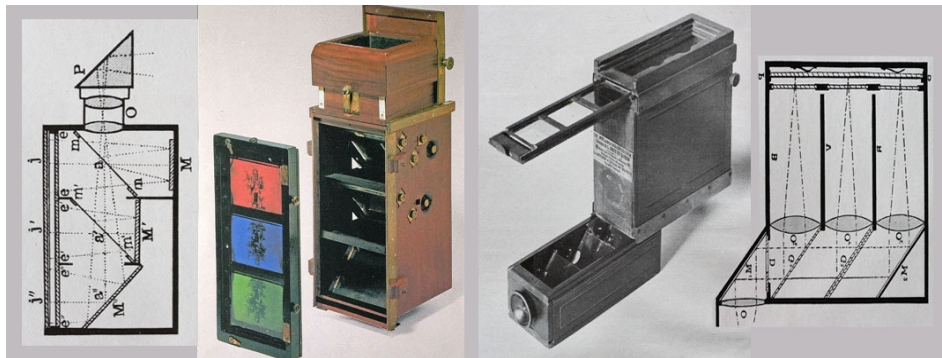
Lorsque l'appareil est "en mode **visionneuse**", il permet de superposer les trois images (la lumière pénètre alors par les trois positifs transparents superposés à leur filtres respectifs, puis le jeu de miroirs et de verres semi-réfléchissants additionne les trois faisceaux et l'image recomposée finit dans l'œil de l'observateur).

Il nomme le premier appareil le **Chromographoscope** (un premier sera construit en 1897) et le deuxième le **Mélanochromoscope** (en production dès 1899).

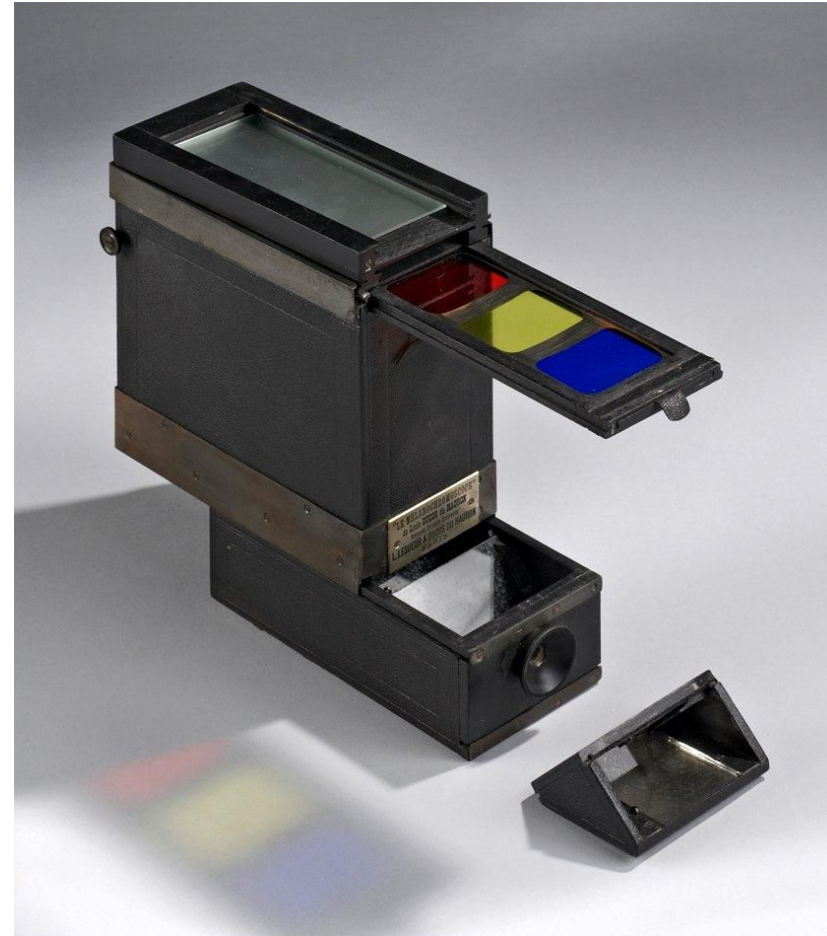


Louis Ducos du Hauron lors d'une démonstration à la Société française de Photographie en 1897. Il procède à la mise au point sur son *Chromographoscope*.

Les deux appareils et le schéma de leur fonctionnement interne. Le *Chromographoscope* est à gauche et le *Mélanochromoscope* à droite :



**Mélanochromoscope**, avec un miroir et deux verres semi-réfléchissants, Ducos du Hauron & Lesueur, Paris, 1899.



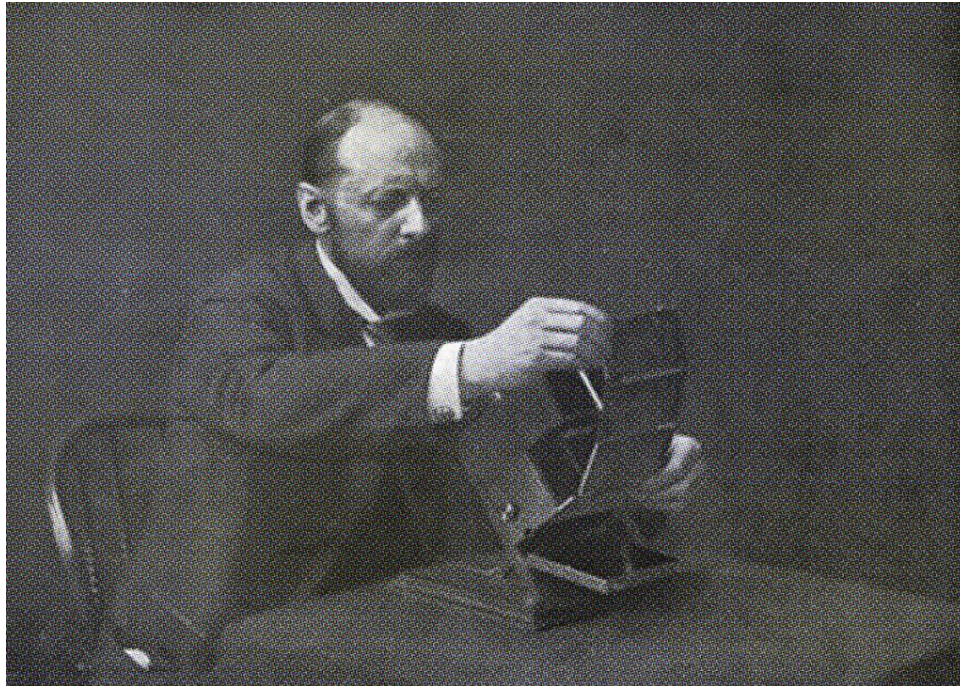
**Mélanochromoscope**, Ducos du Hauron & Lesueur, Paris, 1899

Remarquez les filtres Rouge, Jaune et bleu (plutôt que RVB). La question des primaires additives est encore un peu floue chez Du Hauron.

L'image du *Chromographoscope* montre des filtres RVB mais est-ce une réalité historique ou une "reconstitution" un peu anachronique ? C'est la seule image du *Chromographoscope* disponible sur le web, elle provient du livre Jack H. Coote, *The Illustrated History of Colour Photography*, Fountain Press, 1993.

## Frédéric Eugène Ives

Frédéric Eugène Ives, un inventeur américain, également pionnier dans le domaine de l'impression par trame (cf. partie 3), développe une visionneuse proche du Mélanochromoscope, le **Kromskop**. Il le commercialise en Angleterre en 1897, et aux États-Unis l'année suivante.

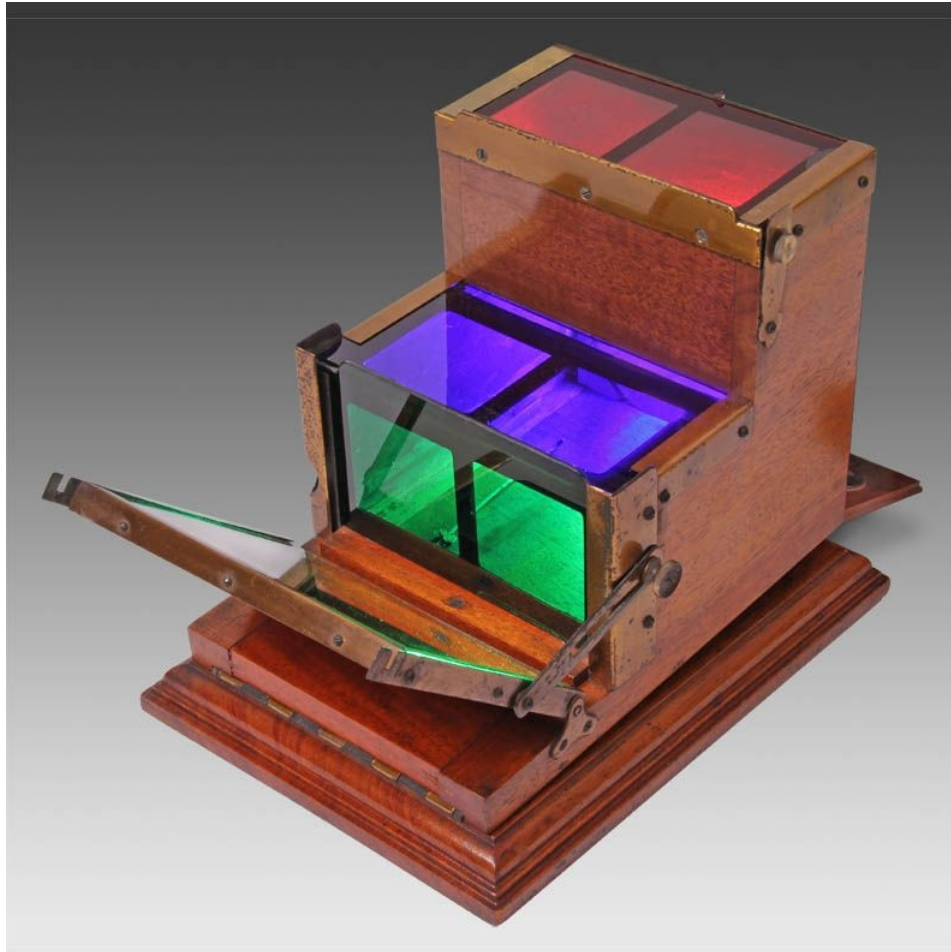


En plus d'être en couleur, les images vues dans le Kromskop sont "3D", la visionneuse d'Ives fonctionne en effet avec des images stéréoscopiques\*.



\* Les images stéréoscopiques reproduisent la perception de la profondeur à partir de deux images légèrement différentes, destinée chacune à un des deux yeux de l'observateur.

Face arrière d'un Kromskop. On voit les trois zones transparentes où vont se déposer les trois (ou les plutôt les six) positifs transparents du *Kromogram* (cf. p. suivante) :

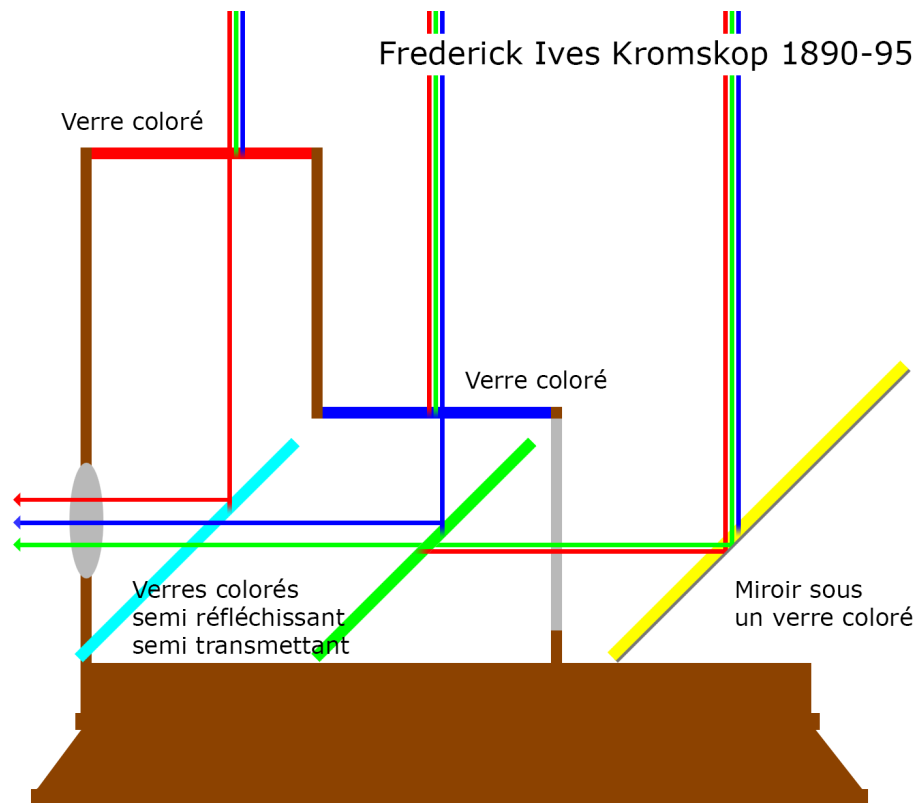


Un *Kromogram* complet qui sera déroulé le dos de la visionneuse Kromskop. À l'exception du vert (en bas), les images sont inversées horizontalement et verticalement pour être visualisées via le dispositif interne comprenant deux verres semi-réfléchissants :

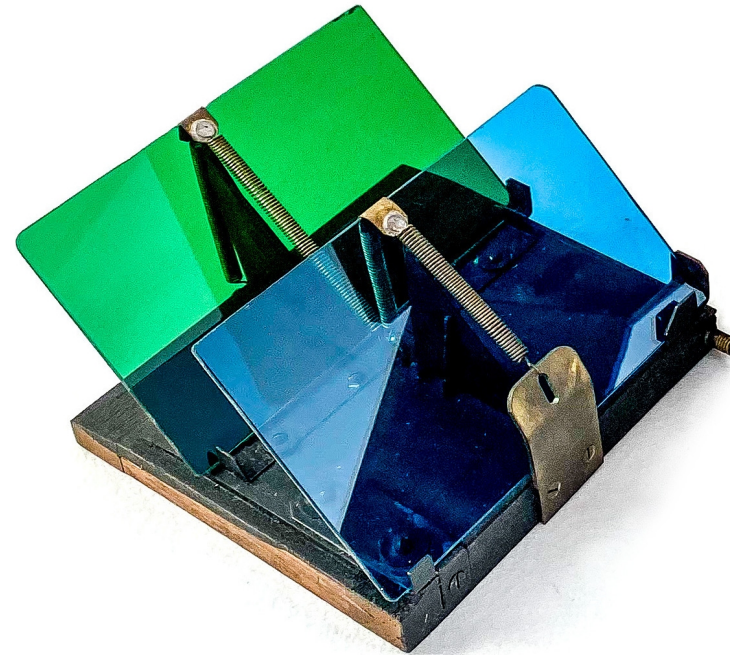


Par rapport au Mélanochromoscope, les chemins optiques sont plus courts, introduisant moins d'erreurs optiques entre les trois images. Les deux verres semi-réfléchissants sont colorés, l'un en cyan (pour l'image rouge), l'autre en vert (pour l'image bleue) pour supprimer par absorption la deuxième réflexion (ennuyante car provoquant une image double, rendant l'ensemble un peu flou) qui se fait sur la surface arrière du verre.

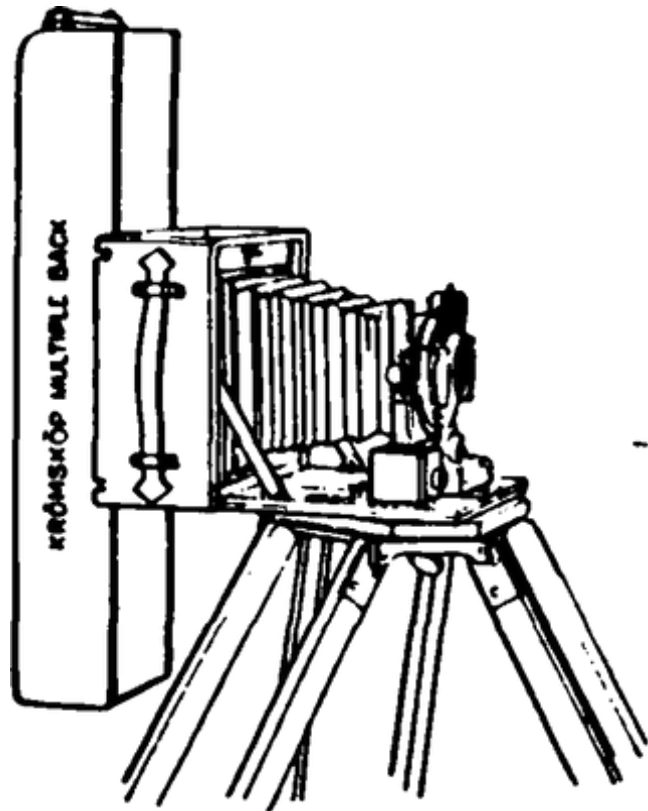
Le verre semi-réfléchissant vert sert aussi de filtre coloré au positif "vert". Un miroir jaune dirige aussi la lumière incidente vers le positif vert, orienté verticalement.



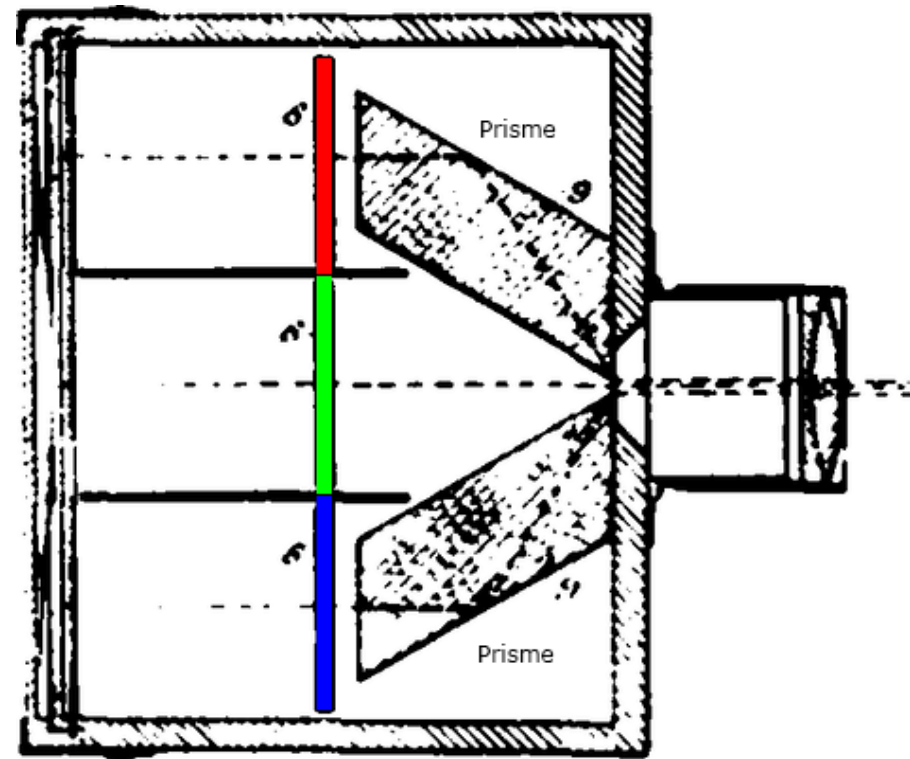
Les deux verres semi-réfléchissants, cyan et vert :



Les photographies destinées au Kromskop peuvent être prise avec un appareil du type de celui utilisé par Prokoudine-Gorski, avec un dos coulissant ("multiple back"), et donc avec une prise de vue successive des trois images R, V et B.



Mais Ives invente aussi un appareil photo ingénieux où la prise de vue des trois images R, V et B est simultanée :



Deux prismes y sont disposés de telle sorte que leurs bords avant intérieurs recouvrent partiellement une ouverture rectangulaire dans le système optique. L'indice de réfraction plus élevé du verre compense le trajet optique plus long et donc les trois images sont nettes.

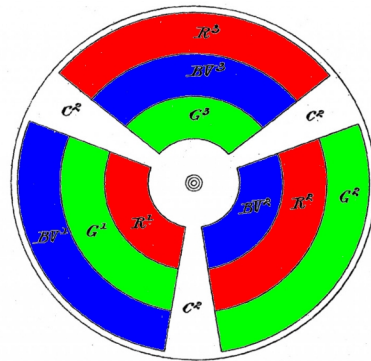
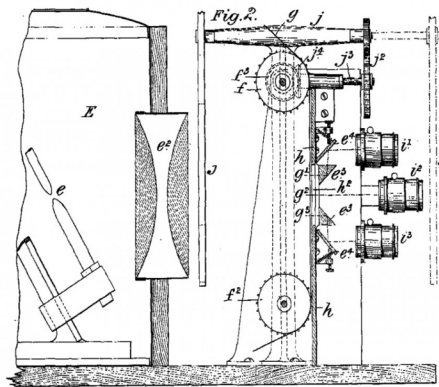
L'ensemble du dispositif (objectif, prismes, etc.) est doublé pour les images stéréoscopiques.

## Turner & Lee

C'est en Angleterre, au début du 20<sup>ième</sup> siècle (1901 ou 1902), qu'un photographe et inventeur, Edward Raymond **Turner**, obtient les premiers résultats concluants de cinéma en couleur.

Les travaux de Turner sont financés par Frederick Marshall **Lee** un joueur de cricket professionnel.

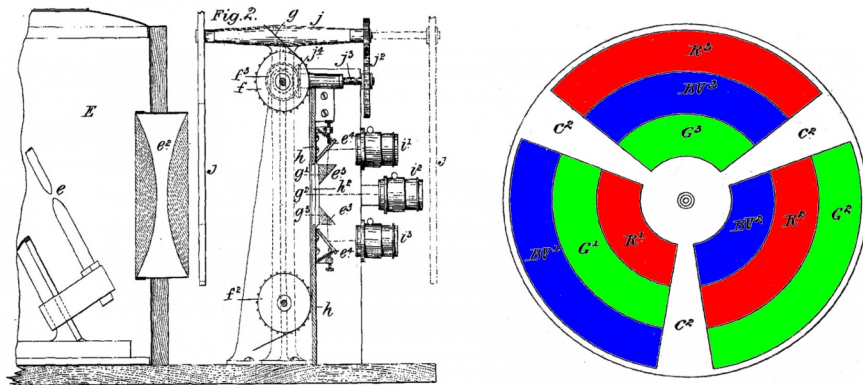
À la prise de vue (analyse), des filtres R, V et B disposés sur trois secteurs d'un disque tournant devant l'objectif de la caméra permettent de constituer une pellicule de film où s'enchaînent les trois images R, V et B.



À la projection (synthèse), un disque muni de filtre R, V et B d'un modèle un peu plus compliqué tourne devant un triple projecteur dont les trois lentilles sont disposées verticalement.

L'ensemble permettait de projeter trois images à la fois et de les superposer sur l'écran.

Chaque image était projetée trois fois, une première fois via la première lentille, une deuxième fois via la deuxième lentille et une troisième fois via la troisième, et ces trois projections se faisaient à chaque fois, grâce à l'ingéniosité du disque tournant, au travers d'un filtre de la couleur (R, V ou B) lui correspondant.



Les défis techniques sont évidemment nombreux. Le principal étant l'obtention d'une pellicule parfaitement panchromatique. Turner a précédemment travaillé avec Frédéric Eugène Ives, notamment sur cette question.

Le défaut principal, comme on le voit sur la restauration (lien ci-dessous), provient de la prise de vue non simultanée des trois images RVB : dès qu'un objet est en mouvement, les trois images ne placent pas exactement les choses aux mêmes endroits, avec pour résultat des franges colorées bien visibles.

Une **vidéo** sur la restauration numérique de ces quelques poignées de secondes en couleur par le National Science and Media Museum de Bradford : [The First Colour Moving Pictures](#)

Une autre **vidéo**, fragment d'un film en trichromie réalisé à Brighton à la même époque (entre 1902 et 1904) par William Davidson et Benjamin Jumeaux, avec un système de miroirs proche dans son principe du *Mélanochromoscope* de Du Hauron ou du *Kromskop* de Ives, film lui aussi ramené à la vie numériquement : [Davidson and Jumeaux](#)

Remarquez que, comme la prise de vue des trois images RVB est simultanée, il n'y a pas ici de franges colorées.

À l'image, le danseur arborescène utilise les 4 couleurs élémentaires.

Turner meurt en 1903, ses brevets sont rachetés par Charles Urban qui va engager George Albert Smith, un réalisateur, producteur et inventeur britannique pour poursuivre le travail d'expérimentation autour du film en couleur. Ce qui donnera le jour au **Kinémacolor**, premier procédé trouvant une exploitation et un succès commercial (voir infra, Synthèse optique temporelle).

Sur la page suivante les deux images montrent le triple projecteur et le filtre tournant particulier au système de Turner & Lee :



## Technicolor n°1

Au USA, en 1915, Herbert Kalmus, un ingénieur américain, fonde la société Technicolor avec deux de ses camarades du MIT.

La société va mettre au point quatre versions successives du procédé Technicolor. Seule cette première version utilise une synthèse additive. Toutes les versions suivantes seront basées sur la synthèse soustractive et la quatrième version en sera l'aboutissement, rencontrant un succès retentissant dès les années trente.

Mais, en 1917, le Technicolor n°1 se pose vis à vis du leader du cinéma en couleur de l'époque, le **Kinemacolor** (voir infra, Synthèse optique temporelle).

Le Kinémacolor, en vue de simplifier les problèmes techniques, a réduit le nombre de primaires à deux. L'idée semble absurde aujourd'hui mais à l'époque la gamme de couleur forcément réduite\* obtenue avec **seulement deux primaires** semble assez satisfaisante, du moins comparée au cinéma en noir & blanc.

Les deux couleurs sont souvent décrites comme étant du **rouge** et du **vert**, mais, d'après certaines restaurations, le vert semble parfois tirer assez fort sur le cyan.

Le Technicolor n°1 va lui aussi se limiter à deux primaires, rouge et vert.

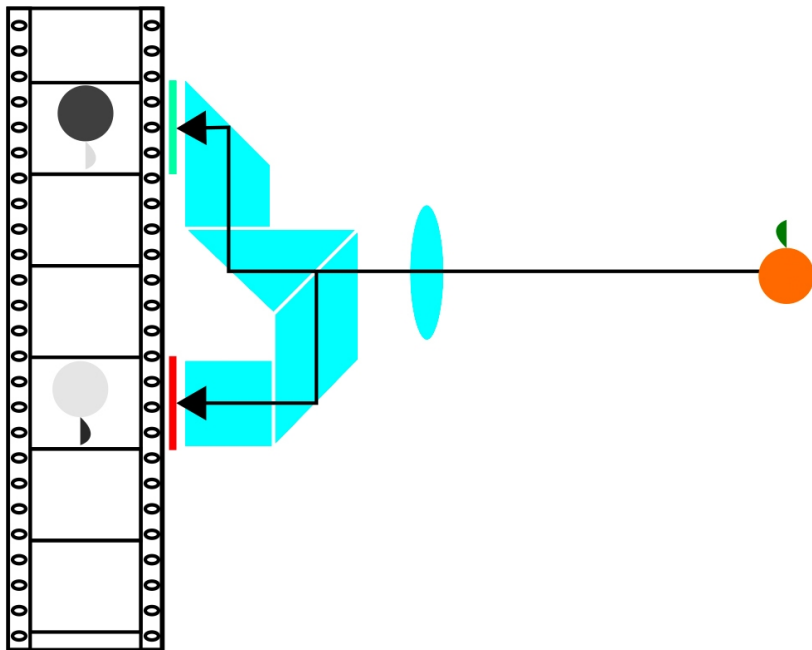


Une image du seul film tourné en Technicolor n°1, *The Gulf Between* (1917), film presque entièrement perdu.

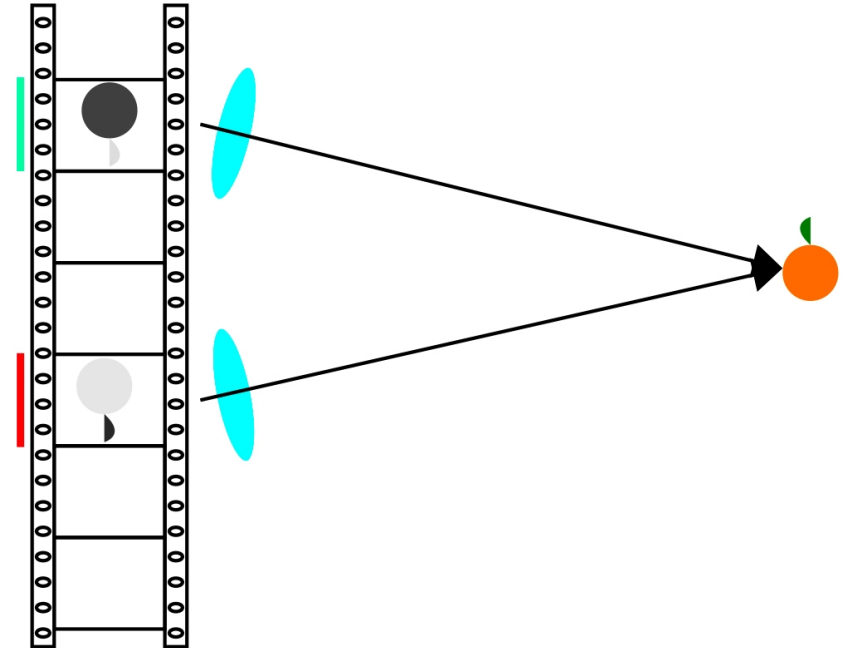
\* Avec deux primaires, on obtient une ligne plutôt qu'un triangle dans le diagramme de chromaticité (cf. reproduction partie 1, p.13).

Là où le Technicolor n°1 innove, c'est à la prise de vue. Dans le procédé du Kinemacolor, la prise de vue des deux images R et V est successive, non simultanée. Avec pour résultat, comme chez Turner & Lee, l'apparition de franges colorées pour les personnages et les objets en mouvement.

Pour capter les deux images simultanément le Technicolor n°1 utilise un "**beamsplitter**", un séparateur de faisceau, constitué de plusieurs prismes de verre. La lumière, l'image, provenant de la lentille est divisée en deux, les deux "faisceaux" suivant deux chemins différents, l'un menant à un filtre rouge, l'autre à un filtre vert :

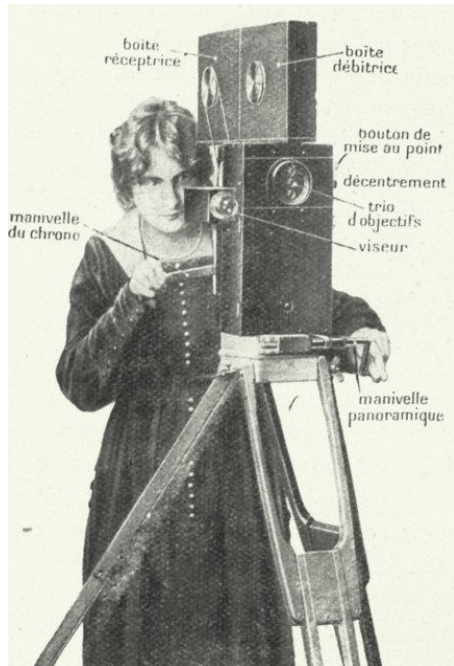


La projection nécessitait un projecteur spécial équipé de deux ouvertures contenant des filtres rouge et vert et de deux lentilles orientables permettant de superposer les deux images sur l'écran.



Dans la pratique, cependant, il s'est avéré très difficile d'aligner les deux images lors de la projection. La première de *The Gulf Between* fut d'ailleurs très décevante.

## Chronochrome Gaumont



En France, Léon Gaumont s'attaque aussi au problème de la prise de vue simultanée. Dès 1912 en bichromie rouge et vert (ou bleu-vert) puis en **trichromie RVB** pour le procédé appelé *Chronochrome*. Pour réaliser cette prise de vue simultanée, le Chronochrome utilise une technique différente du beamsplitter (cf. ci-dessus *Technicolor n°1*). La solution reposait sur un système à trois objectifs qui captaient chacun simultanément la scène à travers des filtres de couleur RVB. Pour que les trois images soient quasi-identiques (superposables), il fallait que les **objectifs** soient **extrêmement proches les uns des autres**, réduisant ainsi l'écart de parallaxe entre les trois images.

Ci contre, Caméra trichrome film 35 mm gaumont de 1912, on voit les trois objectifs équipés de filtres.



« Le projecteur est équipé, comme la caméra, de trois filtres et de trois objectifs (plus grands que ceux utilisés dans la caméra). Deux objectifs réglables horizontalement et verticalement encadrent l'objectif du centre qui reste fixe. Il faut faire converger ces trois axes pour que les trois images colorées se superposent sur l'écran. Les filtres sont disposés de haut en bas dans l'ordre vert, rouge, bleu. Le moindre défaut de parallaxe provoque des bavures amplifiées à la projection. On adjoint donc au projecteur quatre servomoteurs à arbres métalliques, montés sur pivots et reliés aux objectifs réglables. Commandés par un observateur situé dans la salle, les servomoteurs corrigent mécaniquement la superposition des trois images. Une lampe à arc très puissante étant utilisée pour traverser les filtres, une cuve à eau est installée dans l'axe lumineux pour refroidir le faisceau et empêcher que le film nitraté ne s'enflamme. Gaumont exploite le Chronochrome dans diverses salles à Paris (dont le Gaumont-Palace et le GaumontColor) et le présente également à New York. Ce système complexe et délicat à régler ne connaîtra cependant jamais une grande expansion »

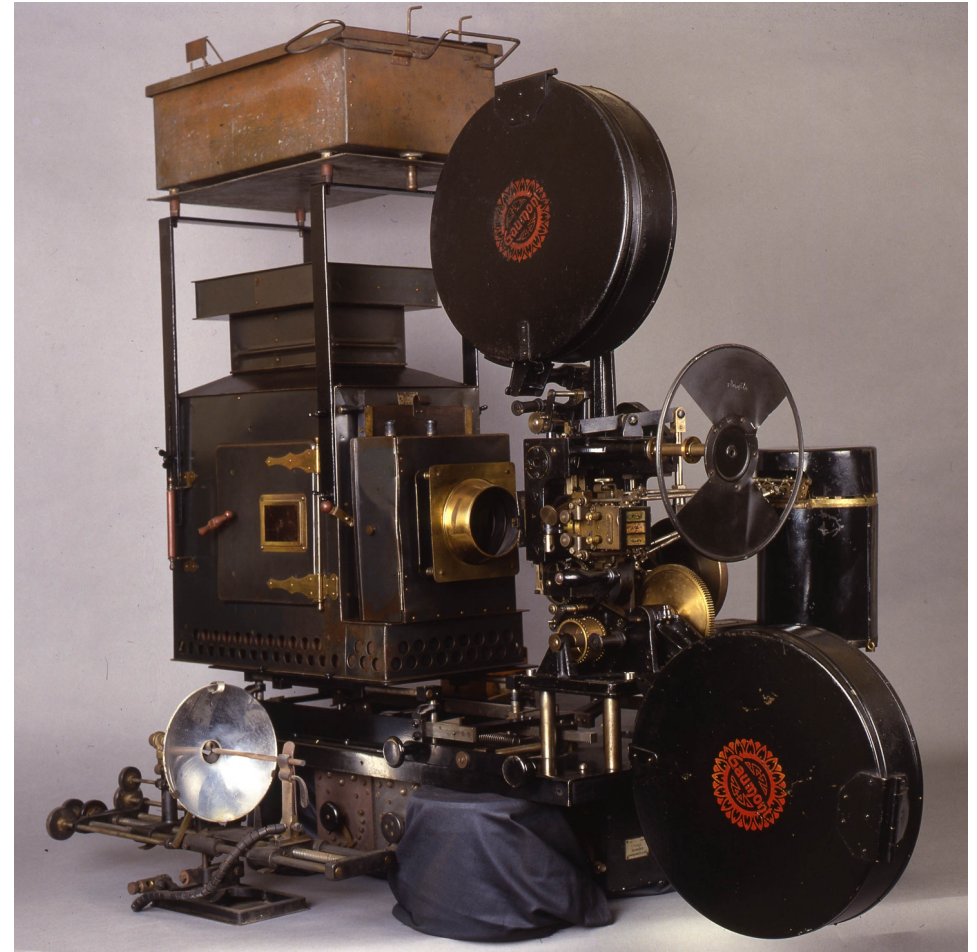
**Laurent Mannoni**, *La Machine cinéma*, Paris, Liénart, 2016, p. 94.

Le Chronochrome doit faire face aux mêmes défis que le Technicolor n°1 :

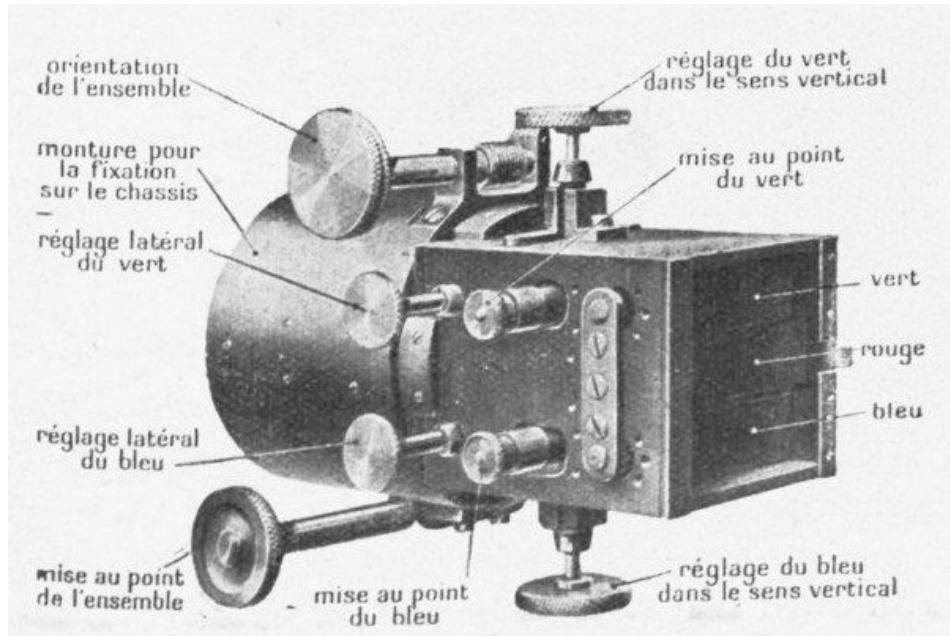
- disposer d'une pellicule panchromatique. C'est George Eastman (Kodak) qui leur en crée une spécifique.
- parvenir, à la projection, à une superposition parfaite des trois images. Il utilise donc, comme tous les procédés de cinéma additifs, un projecteur spécifique.

Le procédé rencontre aussi le problème de la vitesse de défilement du film. Comme le film doit avancer de trois images à la fois, la vitesse devait être triplée par rapport à un projecteur noir & blanc. Pour réduire cette vitesse, la solution du Chronochrome a été d'adopter des images moins hautes, d'un format plus panoramique.

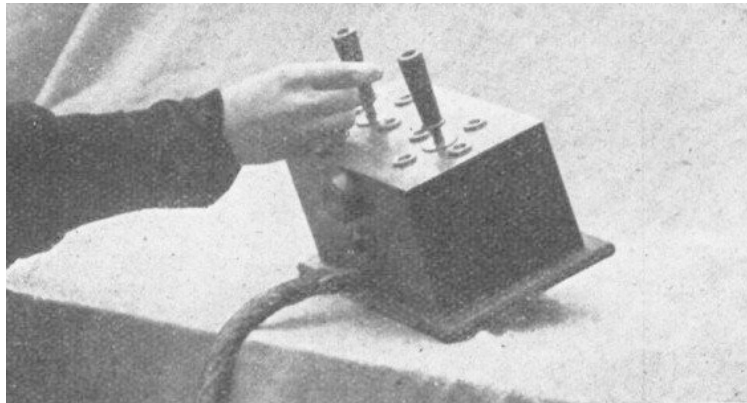
Le Chronochrome se limitera à des projections de démonstration dans des salles prestigieuses, vitrines du savoir faire de Gaumont. Il ne s'attaquera jamais aux films de fiction.



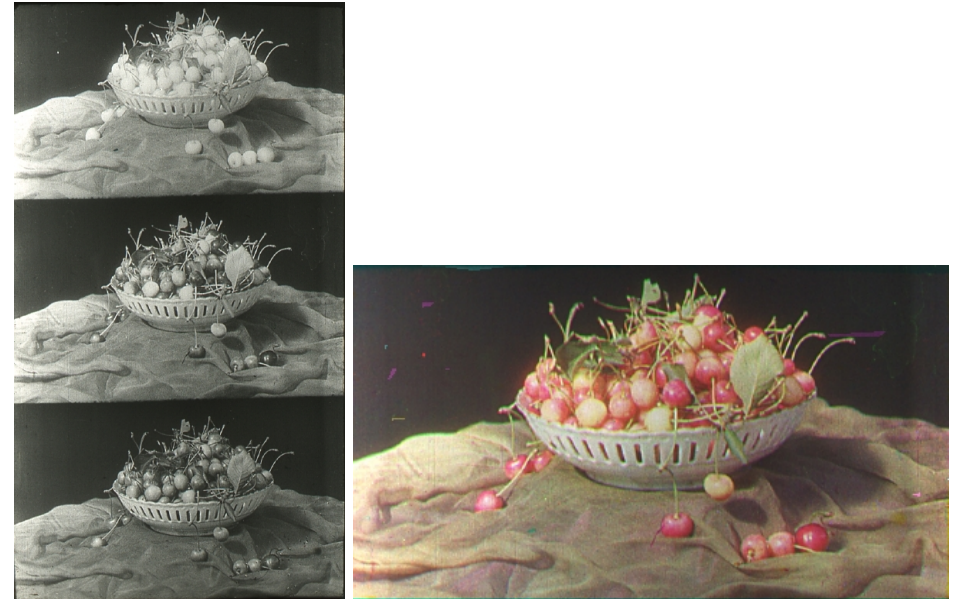
Projecteur trichrome film 35 mm Gaumont de 1912, on voit les trois filtres, les trois objectifs. Sur ce modèle, il n'y a pas encore les servomoteurs pour le réglage des objectifs vert et bleu, juste des vis micrométriques.



Chronochrome, détail des réglages manuels des objectifs du projecteur.



Chronochrome, boîtier de contrôle à distance des réglages des objectifs



Trois images successives sur un film Chronochrome, la rouge en haut, la verte et la bleue. Reconstitution de leur projections via Photoshop.

Une **vidéo** d'un des premiers film Chronochrome : ***Fleurs*** (1912), très certainement "filmé" image par image.

« La présentation de cette nouvelle merveille parfaitement mise au point s'est faite le 6 décembre dernier, au Cinéma-Théâtre que les établissements Gaumont possèdent au 7, boulevard Poissonnière. [...] Parmi les spécimens qui ont été présentés, on a pu remarquer de magnifiques vues de fleurs, prises dans les établissements de MM. Vilmorin Andrieux et Cie ; ces fleurs, que le cinématographe montre tournant avec les vases qui les contiennent, donnent, grâce à ce mouvement de rotation et à la couleur même, un merveilleux effet stéréoscopique [...] »

Périodique *La Mise au Point*, n° 2, janvier 1913

# B1 SYNTHÈSE OPTIQUE TEMPORELLE

## Kinemacolor (Kinémacolor)

Lorsque Charles Urban rachète les brevets de Turner & Lee, il confie à George Albert Smith, la mission de mettre au point un procédé de cinéma en couleur susceptible d'une exploitation commerciale.

Smith va faire au plus simple :

- Il décide de se limiter à deux primaires, le rouge et le vert (ou vert-bleu), une *bichromie* donc.
- Il décide de prendre les deux images successivement, donc de se passer d'un dispositif optique complexe du type verres semi-réfléchissants, beamsplitter (Technicolor) ou objectifs très proches (Chronochrome).
- Et surtout, il décide d'utiliser la **synthèse temporelle**, c'est à dire de projeter l'une après l'autre l'image verte et l'image rouge.

Un disque avec un secteur muni d'un filtre vert et un autre secteur muni d'un filtre rouge tournera tant devant la caméra (pour l'analyse) que devant le projecteur (pour la synthèse). Sur le film, les images "rouges" alternent avec les images vertes.

Les seules difficultés techniques tiendront à la synchronisation du défilement du film et du disque, au doublement de la cadence de défilement du film (32 images par seconde au lieu des 16 alors en vigueur), ainsi qu'à la mise au point d'une pellicule panchromatique qui n'est toujours pas la norme.

Une première présentation publique du procédé avec 21 films courts a lieu à Londres en 1909. Le public et la critique sont conquis. Ni la gamme de couleur réduite, ni les franges colorées sur les objets en mouvement ne semblent les gêner.

Le Kinémacolor a connu un grand succès en Europe. De 1910 à 1915, plus d'une centaine de film seront tournés en Kinémacolor. Puis la guerre et une série de procès pour violation de brevet avec William Friese-Greene (un inventeur lui aussi de la première heure) ont eu raison de ce premier procédé en "couleurs naturelles"\*.



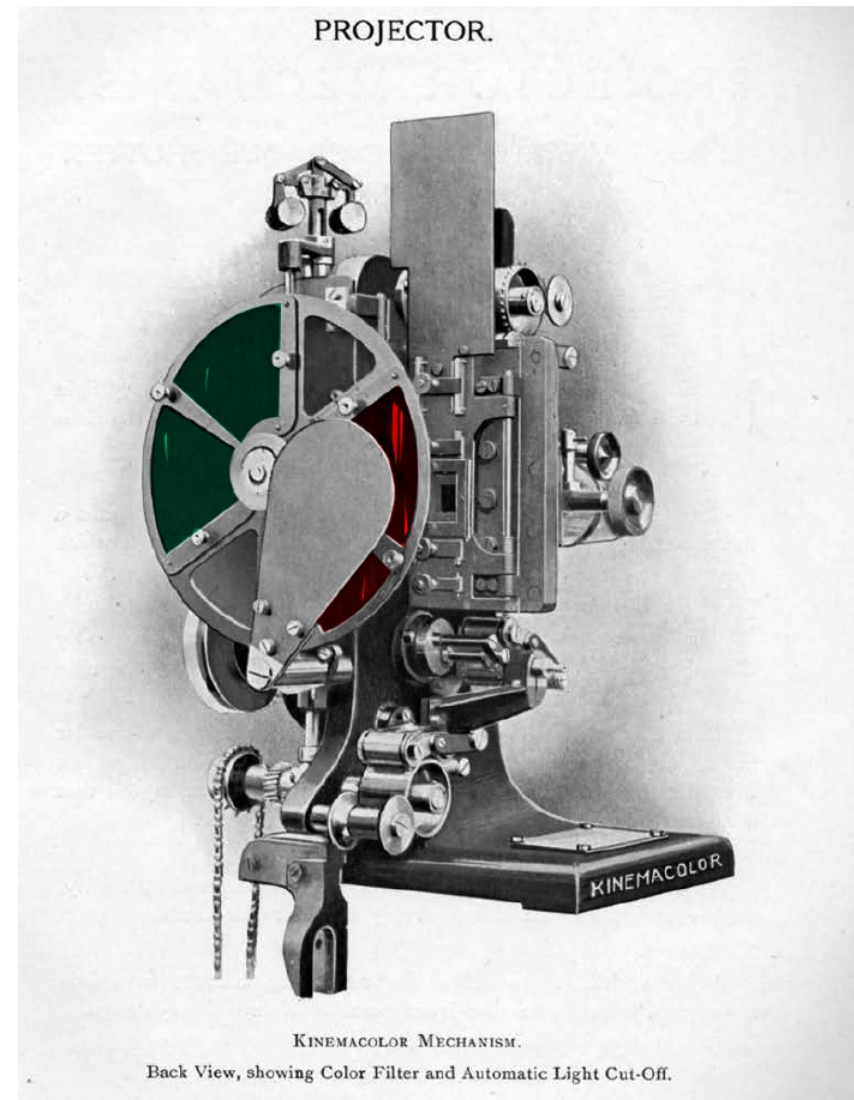
**Charles Urban**, *With Our King and Queen Through India*, 1912. Remarquez qu'un véritable arrêt sur image ne devrait montrer que le rouge ou le vert.

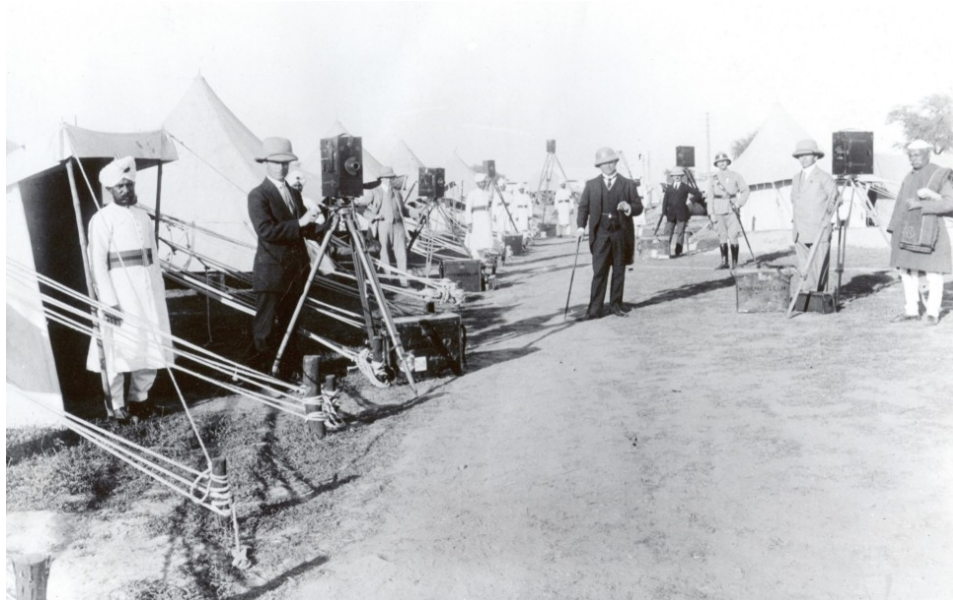
\* La société de Charles Urban se nomme la **Natural Color** Kinematograph Company.

Un caméra Kinemacolor équipée d'un filtre rotatif rouge/vert. (La plaque avant et l'objectif ont été retirés pour permettre de voir la roue à filtres) :



le projecteur Kinemacolor (l'illustration ne comporte pas le boîtier de la lampe)





Charles Urban, cinq caméras Kinemacolor et 5 opérateurs à Delhi en 1911 pour le tournage du film documentaire *With Our King and Queen Through India*\*.

Une **vidéo** de la reconstitution d'un autre film documentaire tourné en 1911 en Egypte : [\*Banks of the Nile\*](#)



L'alternance des images correspondant au vert et au rouge, **Charles Urban**, *King George V Coronation*, 1911. Le fragment en **vidéo** : [\*King George V coronation\*](#)

\* Le film documentait le couronnement de George V en tant qu'empereur des indes.

## Field Sequential Color System de CBS

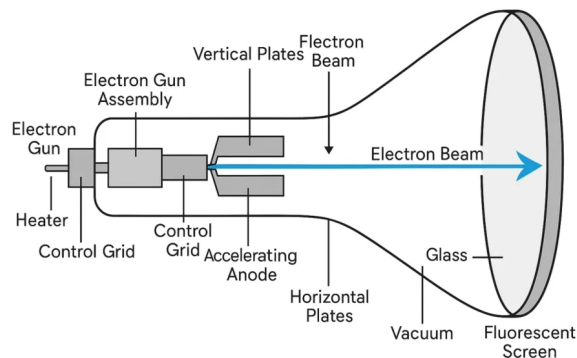
Plus encore que le cinéma, la télévision est par essence un dispositif temporel, puisqu'à la succession des images s'ajoute leur affichage par *balayage*.

### Le balayage

Les premier écrans (ceux d'avant la technologie LCD) étaient constitués essentiellement d'un tube cathodique (écran *cathodique* ou **CRT**, *cathode-ray tube*) dont la face avant constitue l'écran. Dans le tube, un faisceau d'électrons vient frapper une couche luminescente située derrière l'écran qui réagit au choc des électrons en produisant de la lumière.

Le faisceau d'électrons parcourt l'écran extrêmement rapidement en allant de gauche à droite le long de lignes horizontales qui se succèdent de haut en bas (tout en faisant varier l'intensité du flux d'électrons et donc l'intensité lumineuse du spot). C'est ce qu'on appelle le balayage. Pour créer une image, toute la face du tube est parcourue. Puis le faisceau s'éteint et recommence en haut à gauche pour l'image suivante.

Dès les années 30, le balayage utilisé en télévision est **entrelacé** : il balaye successivement deux "demi-images" ou **champs**, l'un comprenant les lignes impaires, l'autre les paires. Le faisceau s'éteint ainsi entre chaque champ plutôt qu'entre chaque image -deux fois plus vite donc- ce qui diminue l'impression de scintillement.

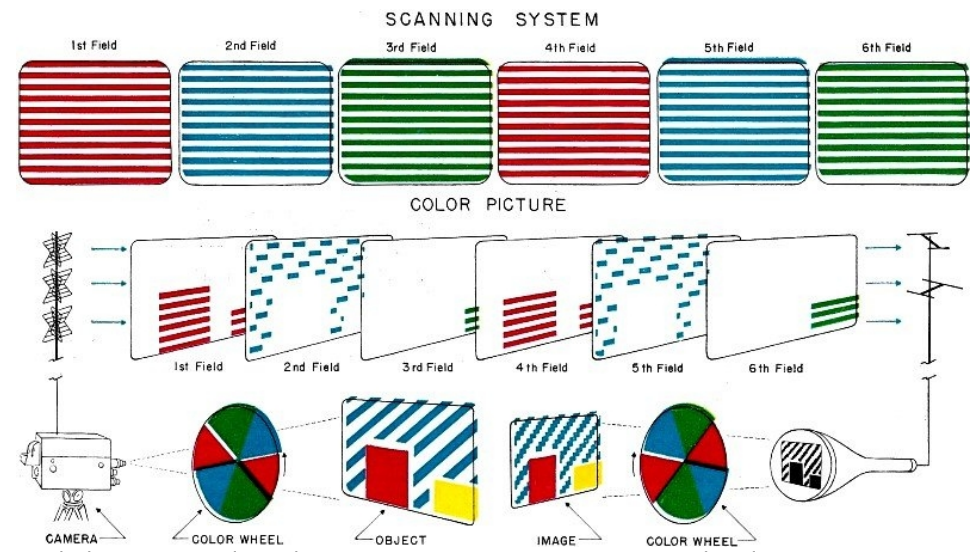


Un **GIF animé**, illustrant le **balayage entrelacé**.

Toutefois, ce n'est que durant une très courte période, 1950-1951, qu'un "découpage temporel" non pas seulement de l'image mais aussi de la couleur sera utilisé en télévision : Il s'agit du premier système de télévision en couleur adopté aux USA. Il est proposé par CBS, et il est dit "**field sequential**".

Tout à fait comparable dans son principe au Kinemacolor, bien qu'en trichromie, il s'agit du principe de télévision en couleur le plus simple :

- pour l'analyse, un disque rotatif RVB tourne devant la caméra, captant successivement les images R, V et B
- pour la synthèse, un même disque rotatif RVB tourne devant un écran de télévision noir et blanc alternant les images correspondant chacune à R, V ou B.



Fred Shunaman, *Color Television Systems*, in January 1951 *Radio-Electronics*

Le disque RVB tournant devant l'écran est divisé en **6** secteurs (RVBRVB) puisque, en réalité, l'écran affiche alternativement des **champs** (des "demi-images", cf. encadré à gauche) et non des images.

Les disques tournant devant la camera sont parfois divisés en un plus grand nombre de secteurs (15 sur l'image ci-dessous).



Les inconvénients du système sont les franges colorées (pour les objets en mouvement très rapide) et la taille conséquente du disque rotatif ainsi que le bruit qu'il engendre. Il faut évidemment une parfaite synchronisation des champs et du disque.

Mais surtout, le signal transmis n'était pas compatible avec les télévisions noir et blanc existantes, ce qui entraînera son abandon rapide au profit d'un système différent mis au point par RCA (voir infra, Synthèse optique partitive). Seuls une centaine de téléviseurs CBS-Columbia 12CC2 seront vendus, puis rachetés par Columbia pour être détruits.



CBS-Columbia 12CC2, sur l'image montrant l'intérieur de dos, on voit l'arrière du tube cathodique et l'axe de rotation du disque.



Démontage de la face avant d'un convertisseur Colortone de 1951 très similaire à celui utilisé dans les récepteurs CBS 12CC2. Il était vendu avec les composants électroniques nécessaires pour décrypter le signal CBS. On voit le **disque RGB à 6 secteurs** et la zone de l'écran. La taille du disque explique la taille du meuble.

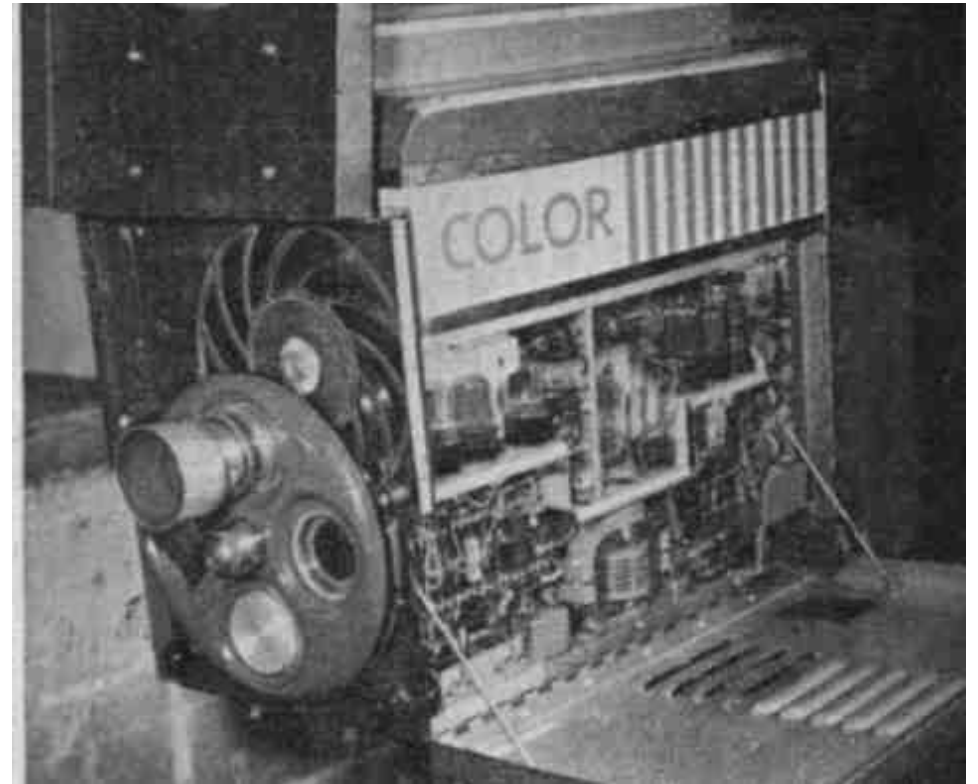
Un téléviseur couleur DuMont 12 1/2 basé sur la technologie field sequential, conçu pour fonctionner en circuit fermé dans un contexte industriel :



La face arrière du disque RVB à 6 secteurs du même téléviseur :



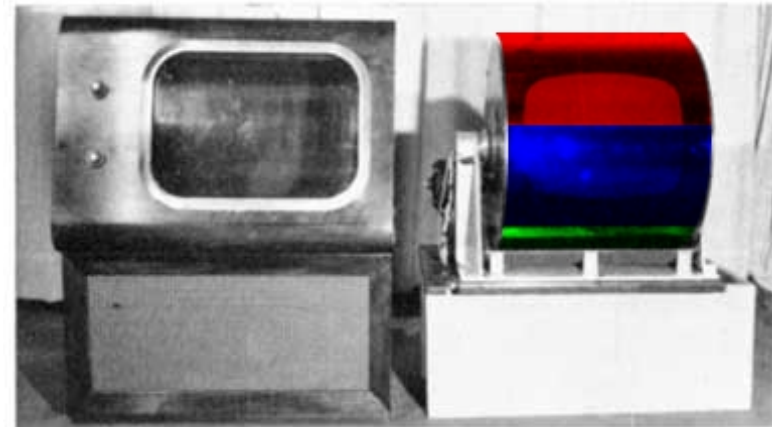
Une des quatre caméras noir et blanc RCA TK30 modernisées que CBS a utilisées dans le cadre de son système field sequential. Remarquez le **disque RGB à 15 secteurs** qui tourne derrière la tourelle de l'objectif :



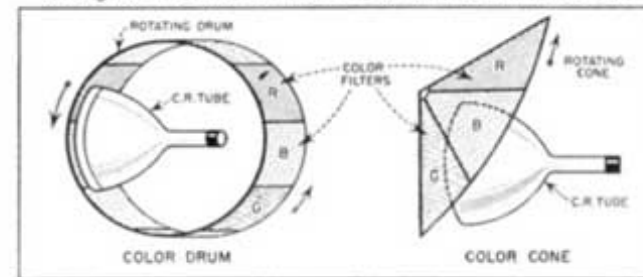
Allen B. Du Mont présente le disque RVB de 1,80 mètre qui serait nécessaire pour utiliser le système field sequential sur les nouveaux téléviseurs à écran de 30 pouces récemment mis au point par ses laboratoires. Plutôt compliqué à faire rentrer dans le salon !



En réponse à ces attaques, CBS a aussi expérimenté un cylindre de filtres RVB tournant autour du tube cathodique, ou encore un cône :



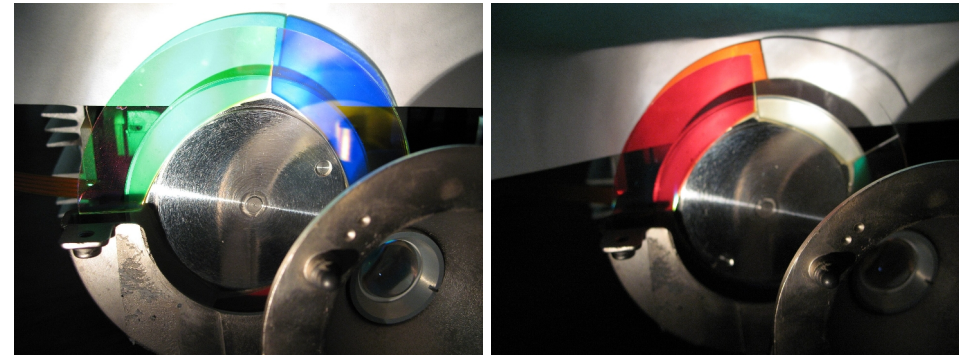
CBS's new color filter drum receiver. Visible through the drum is a 17 inch rectangular tube. The drum consists of nine color filter sections.



Sketches courtesy of Aerovox Corp.

## Projecteurs DLP (Digital Light Processing)

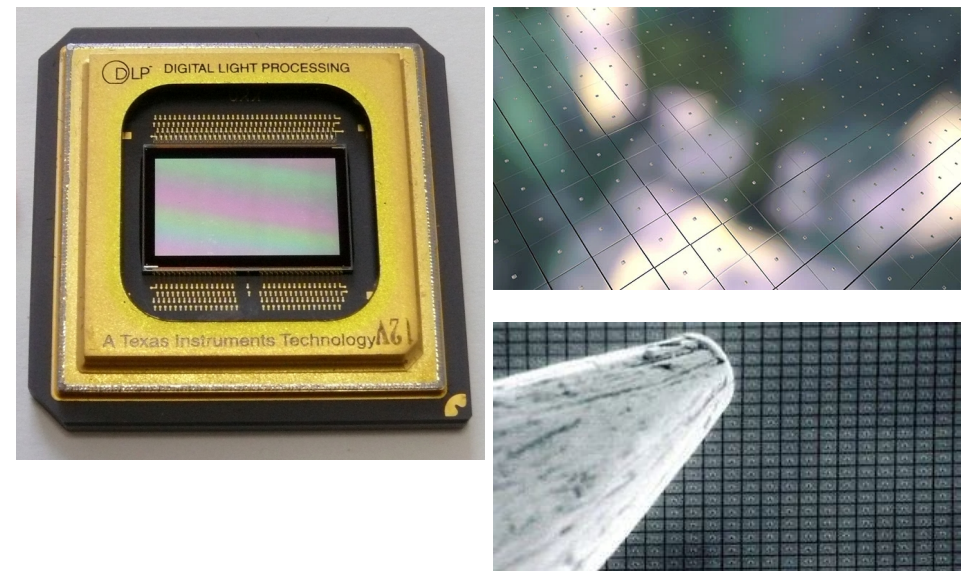
Dans un projecteur DLP, une lumière blanche (produite par une lampe à arc au xénon haute pression, des LED, ou un laser\* selon les modèles) passe à travers un **disque rotatif RVB**.



Les couleurs présentes sur le disque peuvent parfois s'éloigner du simple modèle RVB. Ici un secteur blanc (incolore) s'y ajoute (cf. infra)

Cette lumière filtrée, alternativement R, V ou B, éclaire une puce DLP.

La **puce DLP** est constituée d'une mosaïque de micro-miroirs (matrice de micro-miroirs ou **DMD**, Digital Micromirror Device), chaque miroir correspondant à un pixel de l'image projetée.



\* il s'agit très souvent d'un laser bleu (plus puissant, moins cher) dont le spectre va être élargi à toutes les longueurs d'onde en traversant un phosphore (même principe que dans les lampes LED). Le phosphore est souvent disposé sur un deuxième disque plutôt que sur un filtre immobile pour éviter son échauffement.

1 Puce DLP Texas Instruments avec sa matrice DMD au centre. 2 Modélisation de la surface d'une matrice DMD.  
3 superposition d'un cheveu à la matrice de micro-miroirs d'une puce DLP.

Chaque miroir du DMD peut prendre deux orientations différentes : soit il réfléchit la lumière vers l'objectif (orientation ON), soit il réfléchit cette lumière hors de l'axe de l'objectif (orientation OFF). Lorsqu'un miroir réfléchit la lumière vers l'objectif, il le fait évidemment avec un angle tel que sa projection au travers de l'objectif abouti au bon endroit de l'image projetée.

On a donc une alternance des images R, V et B projetées, une synthèse temporelle.

Mais dans un projecteur DLP, l'utilisation de la temporalité ne s'arrête pas là :

Pour faire varier l'intensité de la lumière renvoyée par chaque miroir (c'est à dire pour faire varier la quantité de primaire et donc créer une image), un projecteur DLP joue sur le temps durant lequel chaque miroir est orienté ON.

Imaginons que la lumière verte par exemple éclaire la matrice de micro-miroirs durant 1 centième de seconde.

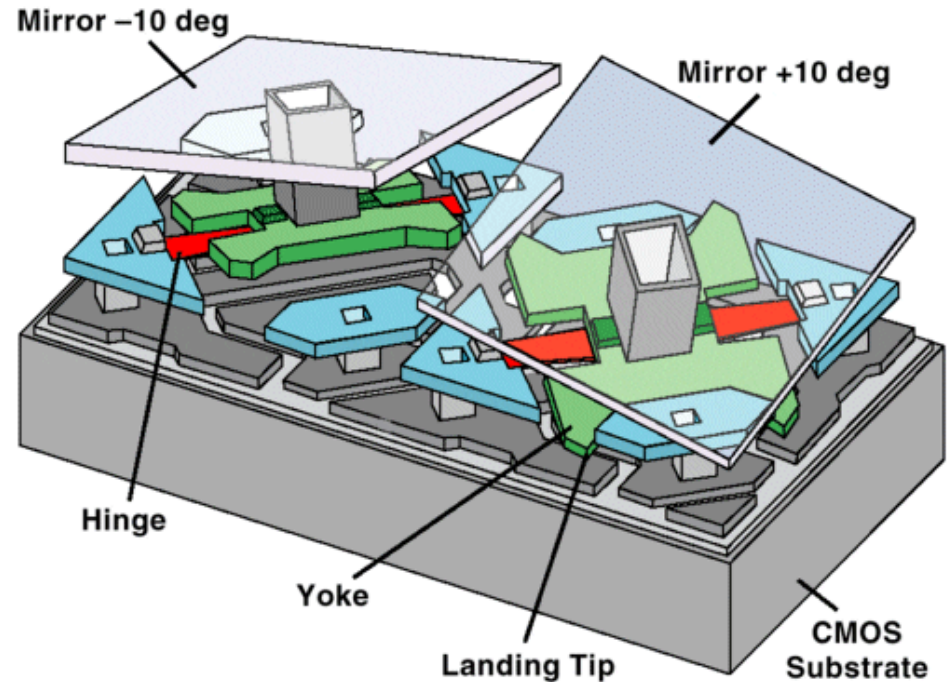
Si le miroir est en orientation ON durant tout ce centième de seconde, le pixel projeté sera au maximum de sa luminosité pour ce qui est du vert.

Si le miroir est en orientation ON durant seulement la moitié de ce centième de seconde, le pixel projeté sera à la moitié de sa luminosité maximum.

Etc.

On a donc une **modulation** (variation, réglage) **temporelle de la quantité des primaires\*\*\***.

Cette modulation temporelle remplace l'image noir et blanc des procédés que l'on a rencontré jusqu'ici.



\* Un micro-miroir peut varier le temps durant lequel il est en orientation ON de 1024 manières différentes. Ce qu'on exprime généralement en disant qu'il peut restituer 1024 niveaux de gris, ou encore que la *profondeur de couleur* est de 1024, soit 10 bits.

Un effet typique des DLP est l'apparition très brève de franges colorées, non pas dans les images, mais lorsqu'on regarde vers le projecteur : en déplaçant des objets devant celui-ci ou juste en tournant la tête.

Pour diminuer l'effet, on trouve des projecteurs DLP où le disque est à 6 secteurs (**RGBRGB**) et donc l'alternance plus rapide.

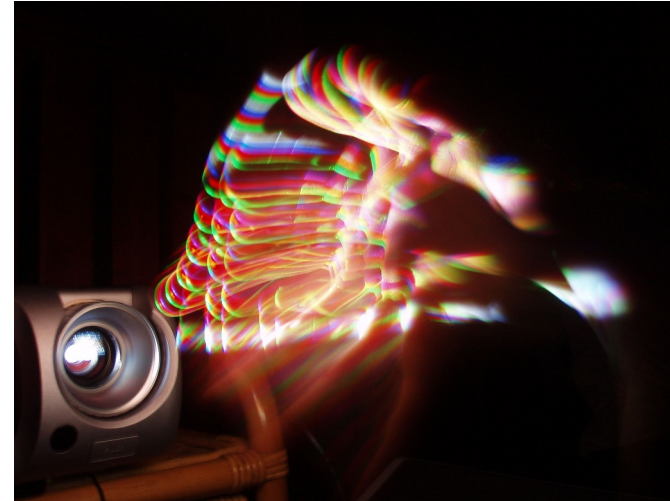
On trouve aussi des disques :

- **RVBW** : c'est à dire avec un secteur blanc (incolore) en plus. Leur but est d'augmenter la luminosité des images. Ce qui se fait au détriment de la saturation.

- **RVBCMJ** : avec des secteurs Cyan, Magenta et Jaune en plus. Les filtres Cyan sont d'un cyan plus chromatique que ce que l'addition du Vert et du Bleu produirait. Idem pour le magenta et le Jaune. Le but de ces disques est donc d'augmenter la gamme des couleurs reproductibles. Dans un diagramme de chromaticité, on obtient un hexagone qui déborde le triangle RVB. La multiplication des primaires est rendue possible par la numérisation et l'utilisation d'algorithmes complexes.

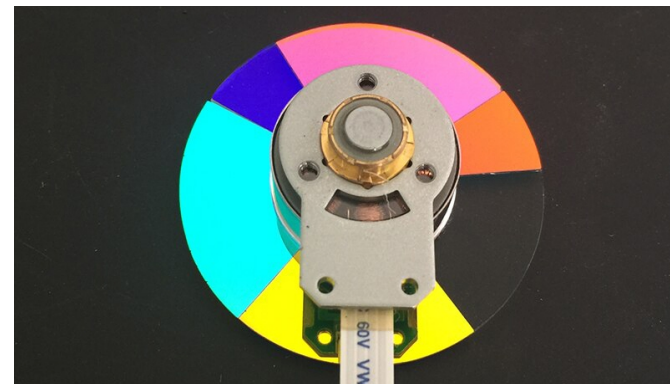
Lorsqu'il est nécessaire d'obtenir une forte luminosité, les fabricants de vidéoprojecteurs ont recours à trois puces DLP, qui traitent chacune une couleur RVB. Les trois images sont superposées via un dispositif optique comprenant un prisme spécial, puis traverse l'objectif\*. C'est ce type de projecteur professionnel qui est utilisé dans les salles de cinéma.

\* La synthèse est alors globalement spatiale mais la modulation est temporelle.



L'effet de franges RVB

Les filtres utilisés sont souvent des **filtres dichroïques**, plus lumineux et moins susceptibles d'échauffement que les filtres classiques. Un filtre dichroïque transmet certaines longueurs d'onde et réfléchit les autres. Par exemple, il transmet le bleu et réfléchit le jaune. Le disque rotatif ci-dessous, est vu par réflexion (C-B-M-R-Noir-J). Il s'agit en fait d'un disque R-J-V-C-W-B (c'est de cette manière qu'il apparaîtrait et fonctionnerait par transparence) :

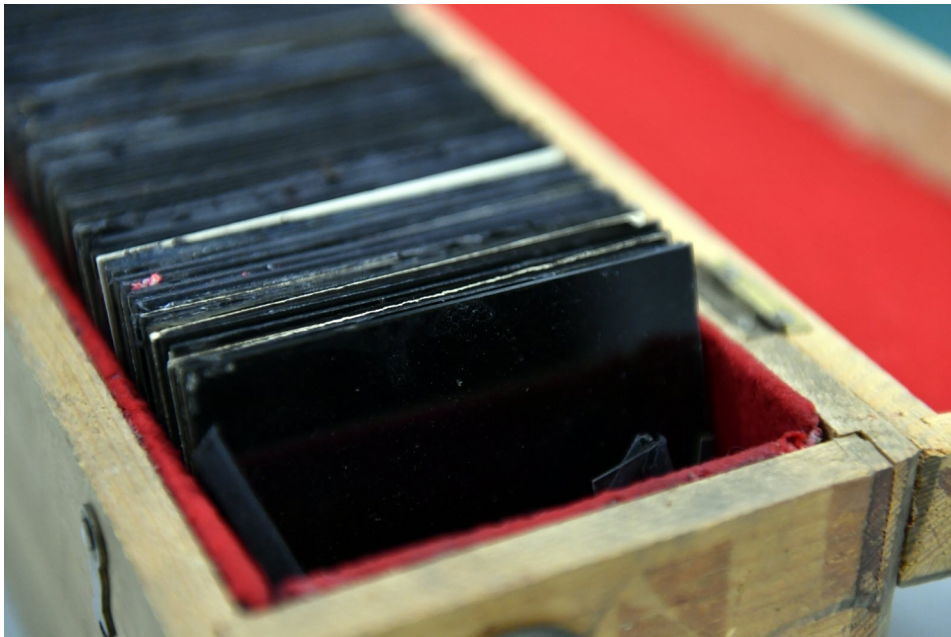


## B1 SYNTHÈSE OPTIQUE PARTITIVE

### Autochrome des frères Lumière

Lorsque les frères Louis et Auguste Lumière déposent le brevet de l'*Autochrome* en 1903, ils sont déjà responsables de nombreuses inventions à succès, notamment la plaque photographique grand public (1881) et le cinéma tel qu'on le connaît, photographique et projeté sur grand écran (1895).

Quatre années de mise au point avec l'ingénieur Gabriel Doublier leur seront nécessaires avant de commercialiser l'autochrome en 1907. Première technique industrielle de photographie en couleurs, il rencontrera un grand succès jusqu'au début des années 30. Plus de 50 millions d'autochromes seront produits.



Boîte de plaques autochromes de Julien Gérardin, Nancy (1860-1924), photographe amateur. Photo Alexandre Marchi



Julien Gérardin (autochrome, avant 1924). Photo Alexandre Marchi

Un autochrome se présente sous la forme d'une plaque de verre (on dit aussi "une plaque autochrome") que l'on regarde par transparence, en le tenant devant une source de lumière artificielle, ou devant le ciel. Dans l'image ci-dessus, on voit qu'une source de lumière a été placée derrière la plaque autochrome, qui, sans elle, serait très sombre.

Un Autochrome est basé sur l'analyse et la synthèse des couleurs via une mosaïque, un réseau, de petits points, ou grains, RVB disposés aléatoirement \*. Concrètement, ce réseau est constitué :

- d'un **filtre de grains transparents RVB\*\***. Les grains sont constitués d'amidon de pomme de terre. Ils ont été calibrés, teintés, mélangés et saupoudrés sur une plaque de verre préalablement enduite d'une résine adhésive. L'épaisseur du filtre est d'un seul grain (il n'y a pas de chevauchements des grains). Une gomme laque vient ensuite protéger ce filtre.

- d'une **émulsion photosensible** posée sur le filtre, qui, après développement, donnera une **image positive** transparente noir et blanc (incolore). Cette émulsion/image enregistre donc derrière chaque grain de couleur R, V ou B du filtre la quantité de cette primaire à cet endroit particulier.

**À la prise de vue**, la lumière traverse l'objectif, puis le verre, le filtre RVB et impressionne l'émulsion photosensible.

Ensuite l'autochrome est développé\*\*\*.

**À l'observation**, la lumière traverse l'image positive noir et blanc, puis le filtre RVB, et finit dans vos yeux. (L'inverse, regarder l'autochrome avec l'image positive noir et blanc vers vous, fonctionne moins bien, l'image positive étant un peu réfléchissante.)

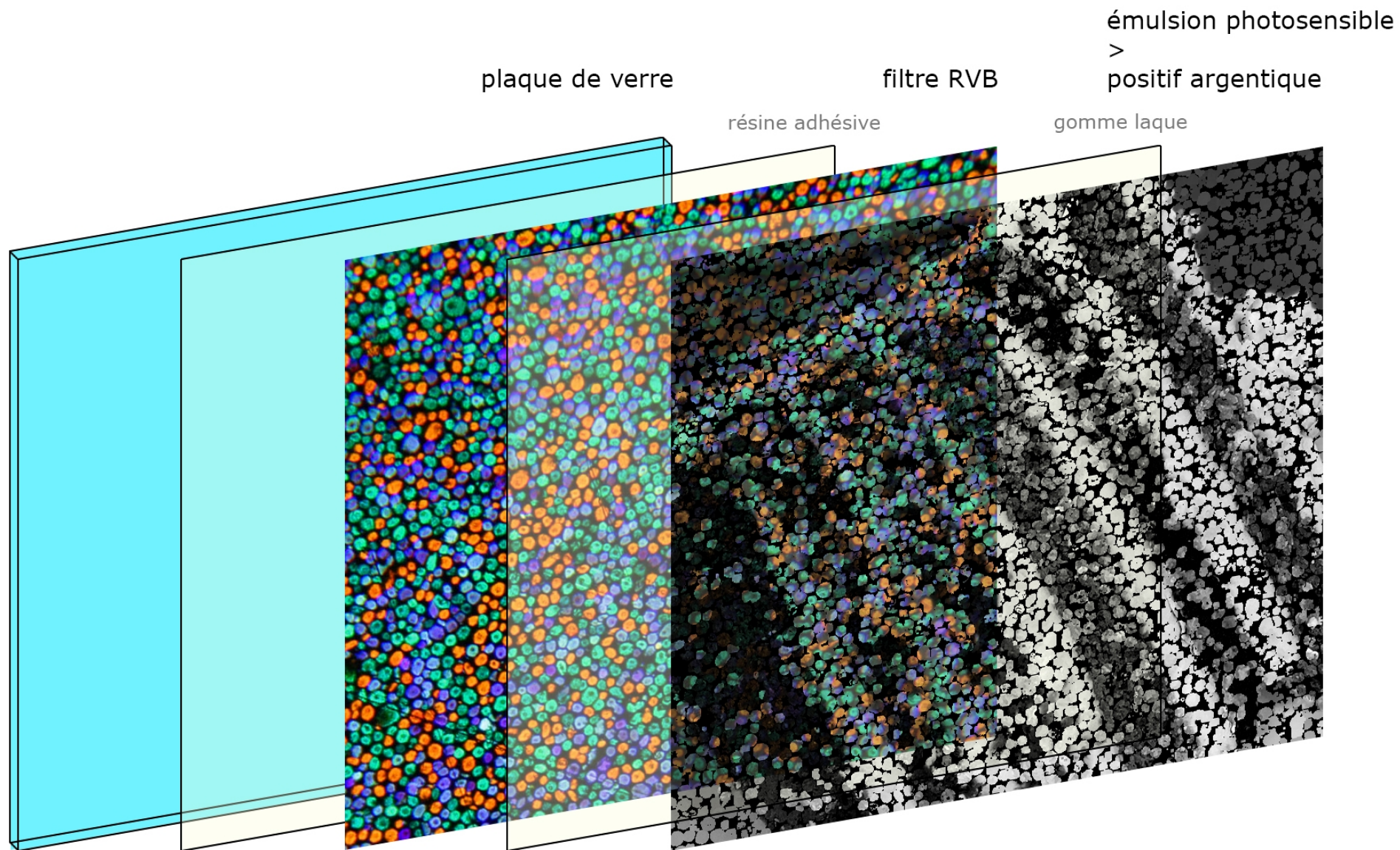
\* Dès 1869, Du Hauron avait imaginé le principe de base de l'autochrome, décrivant aussi une mosaïque de grains. En 1894, John Jolly, un professeur de physique anglais avait repris l'idée et déposé un brevet. Son filtre alternait, lui, des lignes verticales RVB.

\*\* Les **couleurs primaires** des grains du filtre étaient plutôt orange, vert et violet, les "complémentaires" des primaires bleu rouge jaune qui régnaient alors. Le degré de différence réel avec les primaires RVB d'aujourd'hui est toutefois difficile à établir, même si on connaît approximativement les colorants synthétiques utilisés. Les recettes elles-mêmes ont variés avec les années de production et, bien sûr, leurs couleurs ont dérivé avec le temps, généralement vers des teintes plus jaunes.

\*\*\* Le développement est complexe puisqu'il faut inverser l'image : deux développements successifs avec une post-insolation.



Autochrome amateur, vers 1910



L'inconvénient principale de l'Autochrome est que la plaque est un **objet unique**, non duplicable :

Les différentes zones (points) du positif noir et blanc correspondent chacun à un point précis de la mosaïque aléatoire du filtre (soit R soit V soit B) dont ils règlent, modulent, l'intensité. Un point particulier du filtre RVB doit donc toujours être parfaitement aligné avec le point qui lui correspond sur le positif noir et blanc.

C'est à dire qu'en pratique, le filtre RVB et le positif noir et blanc doivent toujours rester soudés l'un à l'autre.

L'Autochrome est aussi condamné à la transparence. Il ne fonctionne que parce qu'il est transparent et qu'on l'observe avec une **source de lumière assez intense derrière**. Un Autochrome opaque (avec une image positive opaque), ou simplement placé sur une surface blanche, serait très foncé\*.

La lumière intense idéale pour observer un Autochrome est généralement située en hauteur (ciel, soleil, éclairage artificiel). C'est pourquoi, pour augmenter le confort de l'observation, une boîte de visionnage ou **diascope** était souvent utilisée. L'image ci-contre vous en montre un, luxueux, avec un intérieur en velours. L'Autochrome est placé dans la partie oblique et est vu par réflexion dans le miroir situé dans la partie horizontale.

À la prise de vue également, et pour les mêmes raisons, se pose le problème de la quantité de lumière : la plaque autochrome demande un **temps de pose** plus long qu'une plaque noir et blanc, d'où les mises en scène un peu figées et les flous fréquents.



Exemple d'appareil à plaque 9x12cm (Murer et Duroni Express Newness T) début du 20<sup>e</sup> S, conçu pour le noir et blanc mais pouvant parfaitement convenir pour l'Autochrome.



Autochrome de J.C. Strauss présenté dans un diascope Dubernet

\* voir page suivante

## Synthèse optique : remarque

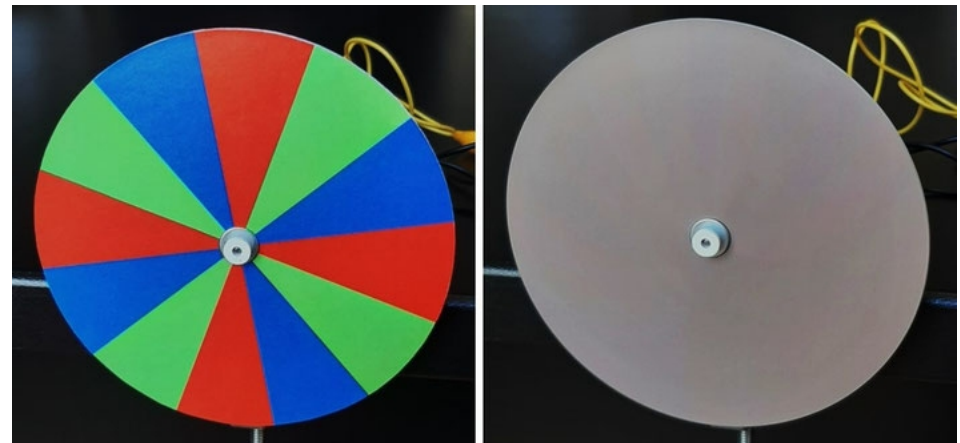
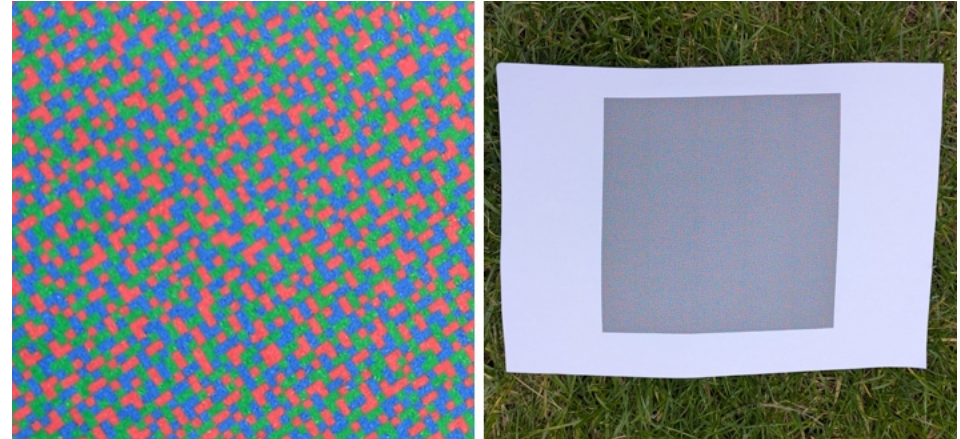
- Une **mosaïque RVB opaque** (synthèse optique partitive) ne produira jamais du blanc, juste un gris assez foncé.
- De la même manière, un **disque tournant à trois secteurs RVB opaque** (synthèse optique temporelle) ne produira qu'un gris assez foncé.

Pour reproduire du blanc sur une surface, il faut faire en sorte que cette surface réfléchisse autant de lumière rouge, verte et bleue que ne le fait une surface blanche. Et ce "en tous points" de cette surface et "à tous moments". C'est à dire qu'il faut faire en sorte que, "en tous points", cette surface réfléchisse à la fois autant de lumière rouge que n'en réfléchit une surface rouge, autant de lumière verte que n'en réfléchit une surface verte, et autant de lumière bleue que n'en réfléchit une surface bleue.

- Dis comme ça, on comprend aisément qu'une mosaïque opaque qui n'est rouge que sur un tiers de sa surface, verte sur un autre tiers et bleue sur un troisième tiers, ne peut pas réfléchir autant de lumière qu'une surface blanche.
- De la même manière, un disque tournant, qui, à un certain endroit de sa surface, est rouge un tiers du temps, vert un tiers du temps et bleu un tiers du temps également, ne peut pas réfléchir autant de lumière qu'une surface blanche.

Il s'en suit que seuls des procédés permettant l'utilisation de fortes sources de lumière et basés sur la projection ou la transparence peuvent utiliser une synthèse optique qu'elle soit temporelle ou partitive.

Il ne s'agit pas juste d'une question de quantité de lumière, joue aussi l'interprétation mentale de ce qui est vu : les images projetées ou vues par transparence sont comprises par votre système visuel comme relevant d'un référentiel particulier (à part de celui constitué par les objets éclairés de votre environnement) comprenant l'entièreté de la gamme des clartés.  
Le fait à déjà été évoqué dans cf. 11 Couleur inhérente vs absolue et aspect chromatique.pdf à propos des écrans.



On conserve de nombreux Autochromes de la Première Guerre mondiale.



Jean-Baptiste Tournassoud, *4<sup>ème</sup> régiment de spahis, Pas-de-Calais, 1916*

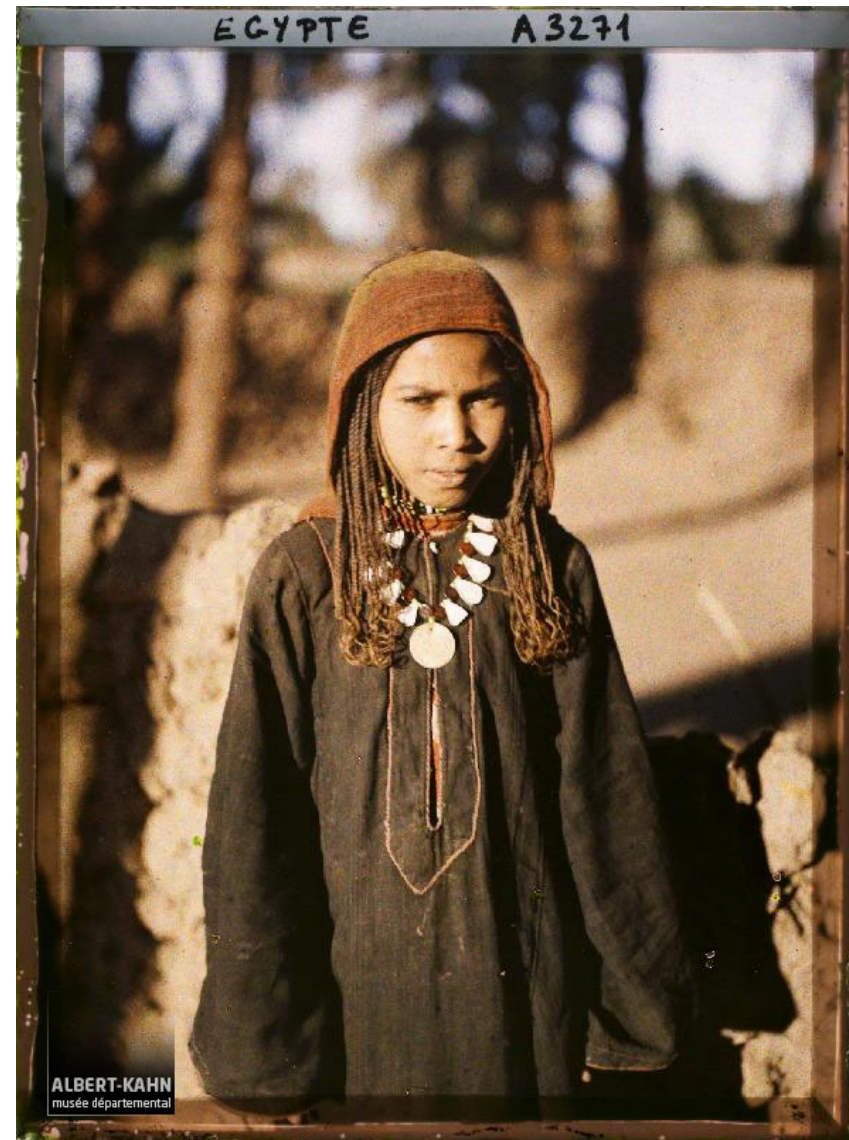


Paul Castelnu, *Militaire français en observation : un guetteur au poste de l'écluse 26, 1917*

### Les Archives de la Planète :

Utilisant une équipe de photographes envoyés un peu partout dans le monde, **Albert Kahn**, banquier et philanthrope, va constituer entre 1909 et 1931 un fonds de quelque **72 000 Autochromes** (et d'une centaine d'heures de films N&B).

« En définitive, le projet échappe à toute catégorisation stricte. Sa limite se situe bien sûr dans son impensable exhaustivité. Pourtant, à son début, il ne faisait aucun doute pour Kahn qu'un jour "toute notre petite planète" – comme il l'écrit – serait devenue "familiale" à ses preneurs d'images. L'expression, qui anticipe notre "village planétaire", est symptomatique à la fois de l'optimisme de son auteur, de sa conscience de l'uniformisation en marche et de sa vision de "citoyen du monde". » (<https://albert-kahn.hauts-de-seine.fr/>)





## Diophtichrome et Dufaycolor de Louis Dufay

À la suite de l'Autochrome, apparaissent différents procédés utilisant le même principe général (superposer un réseau RVB à une émulsion photosensible Noir & blanc). La plaque *Diophtichrome* de Louis Dufay en constitue l'exemple le plus probant commercialement\*.

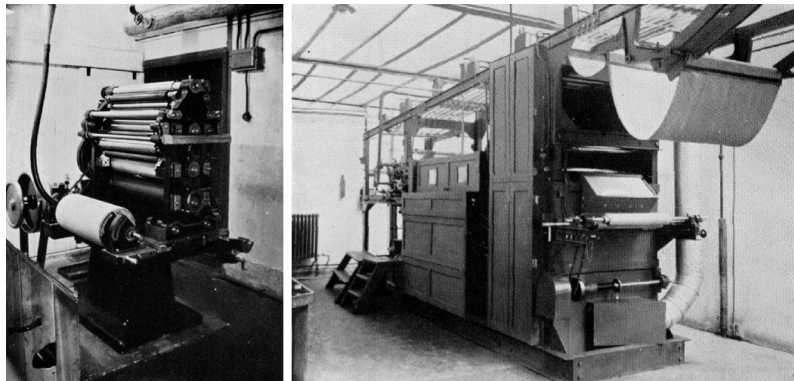
En 1909 le filtre RVB du Diophtichrome se vend séparément. Puis en 1910, le filtre RVB et l'émulsion photosensible N&B se vendent "combinés" (*Diophtichrome-B*) comme pour l'Autochrome.

Le procédé est abandonné en 1914.

Après la guerre, tout en gardant le principe du réseau RVB, Louis Dufay a concentré ses efforts sur un **support film** (plutôt que verre) avec le cinéma comme objectif, efforts qui aboutiront en 1934 au *Dufaycolor*.

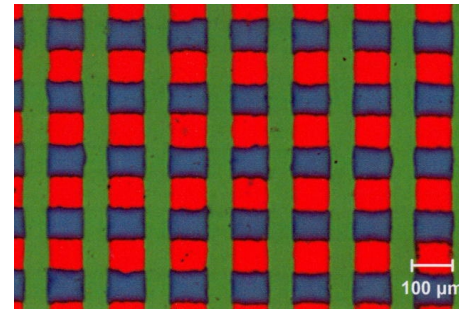
Contrairement à l'Autochrome, le *Diophtichrome* et le *Dufaycolor* utilisaient un **réseau géométrique, régulier**. Le motif connaît différentes versions, différentes finesses, différentes techniques de fabrication au cours de temps.

La fabrication du réseau était un processus complexe en plusieurs étapes alternant, pour le *Dufaycolor*, différentes passes de teintures, d'impressions à l'encre grasse et de blanchiments.

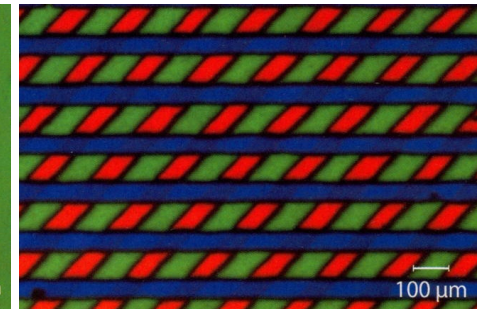


Dufaycolor : les deux machines servant à imprimer (g), teindre et blanchir (d)

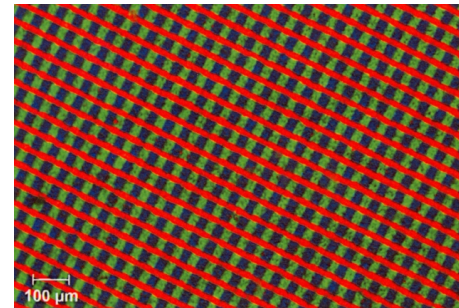
\* On peut aussi citer le procédé Paget, assez proche (Angleterre, 1912)



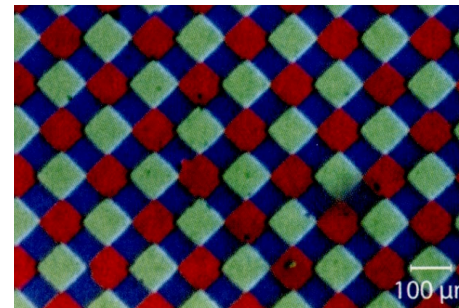
réseau RVB du *Diophtichrome-B*



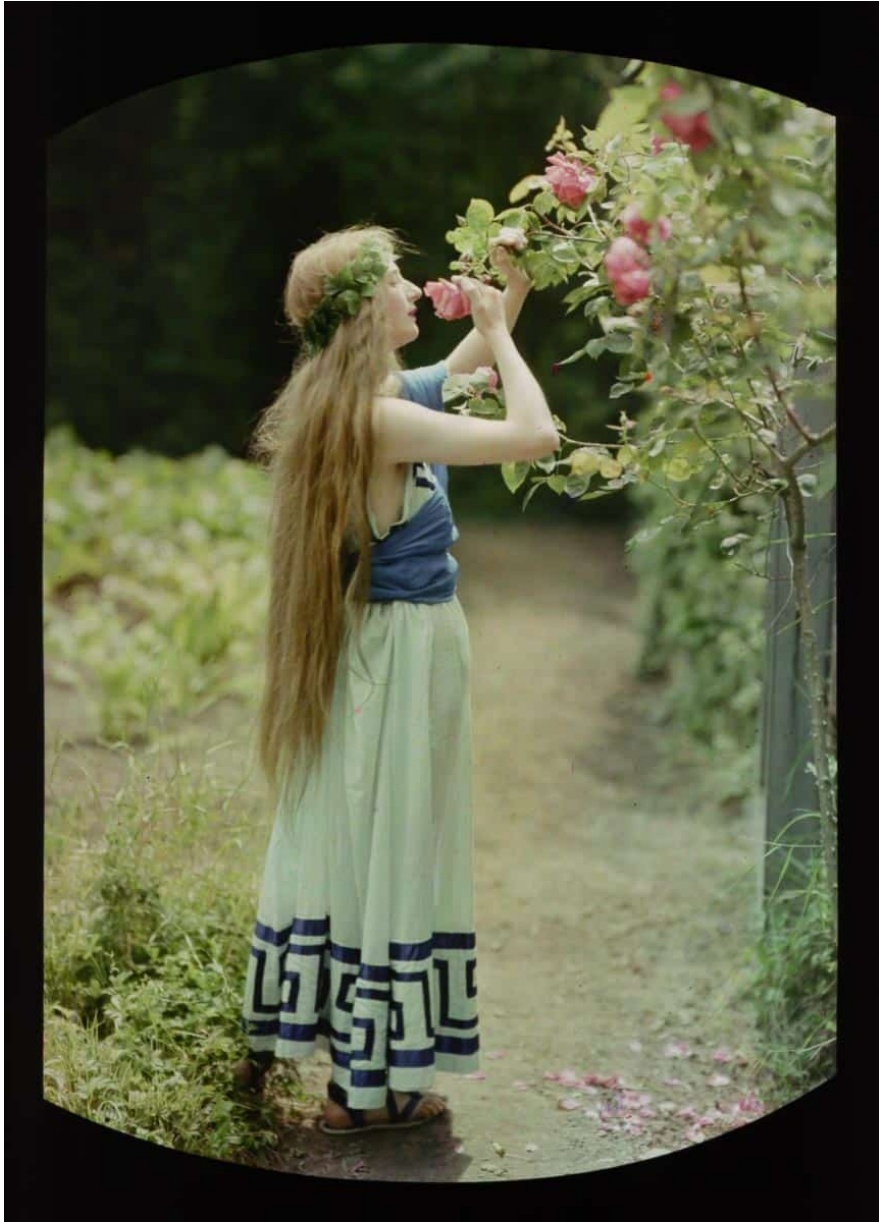
réseau RVB du *Diophtichrome-B* (après 1912)



réseau RVB du *Dufaycolor*



réseau RVB du procédé *Paget*



Diptychome, 1911

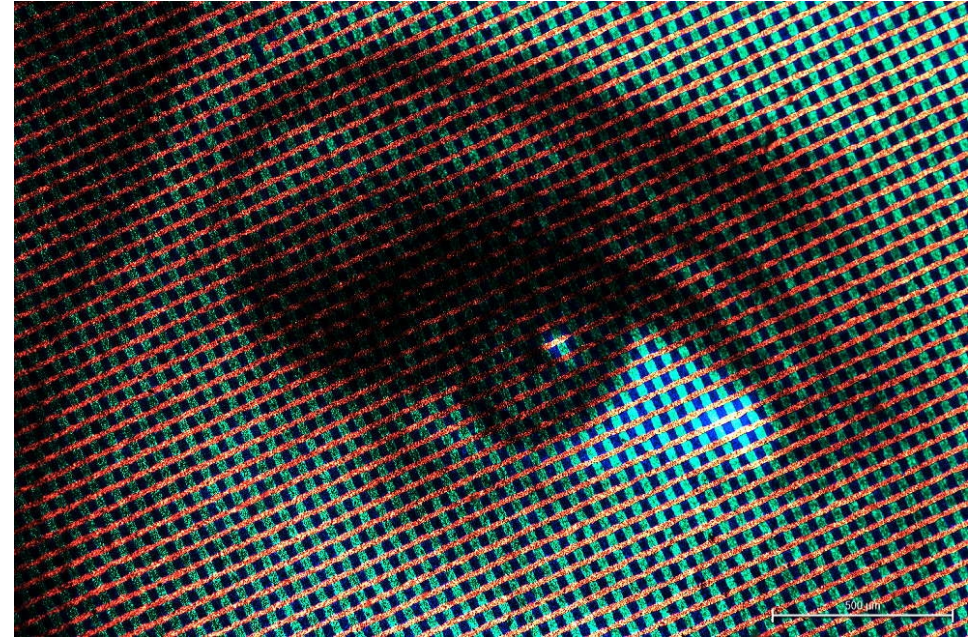


Dufaycolor, 1937, 6,5\*11cm



La finesse du réseau du Dufaycolor (sa **résolution**) est comparable à celle des grains de l'Autochrome, surtout si l'on tient compte du fait que les grains de ce dernier avaient tendance à former des amas d'une même couleur.

Le Dufaycolor paraît souvent plus défini grâce à la régularité de sa trame, alors que l'Autochrome a un rendu plus doux, plus "pictorialiste", "soft-focus".



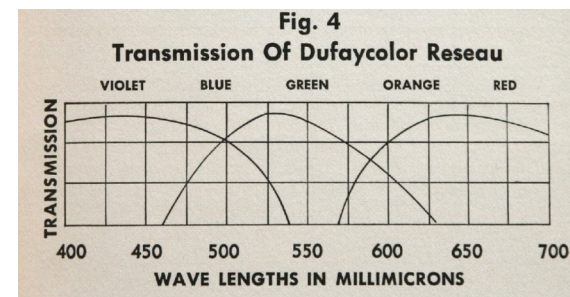
L'avantage du Dufaycolor sur l'Autochrome est qu'il permet des prises de vues avec des **temps de pose** (un peu) plus courts.

Le réseau transmet plus de lumière que le réseau autochrome (21%, contre 7,5%).

Notamment parce que, dans le réseau autochrome, les espaces entre les grains RVB sont remplis de noir (généralement du noir de carbone, une poudre de suie très fine).

Mais aussi parce que le Dufaycolor trichait un peu, avec des filtres RVB moins colorés, moins sélectifs, qui transmettaient donc plus de lumière au détriment de la saturation des couleurs obtenues.

Le Dufaycolor a aussi développé un système de reproduction, de duplication, qui, bien que complexe et délicat, à permis son application à la production "en masse".



The Dufaycolor Manual, New York, 1938

Un Dufaycolor "**image fixe**" pouvait s'observer comme un Autochrome, en le tenant à la main ou dans des boîtes de visionnage ; il était souvent monté dans un cadre rigide en carton par le laboratoire de développement, parfois placé entre deux plaques de verre ; les formats plus petits étaient surtout destinés à être projetés (on parlait alors en anglais de "slides", en français de "vues"). Il existait sous forme de film en rouleau et aussi sous forme de feuilles individuelles, plus grandes.

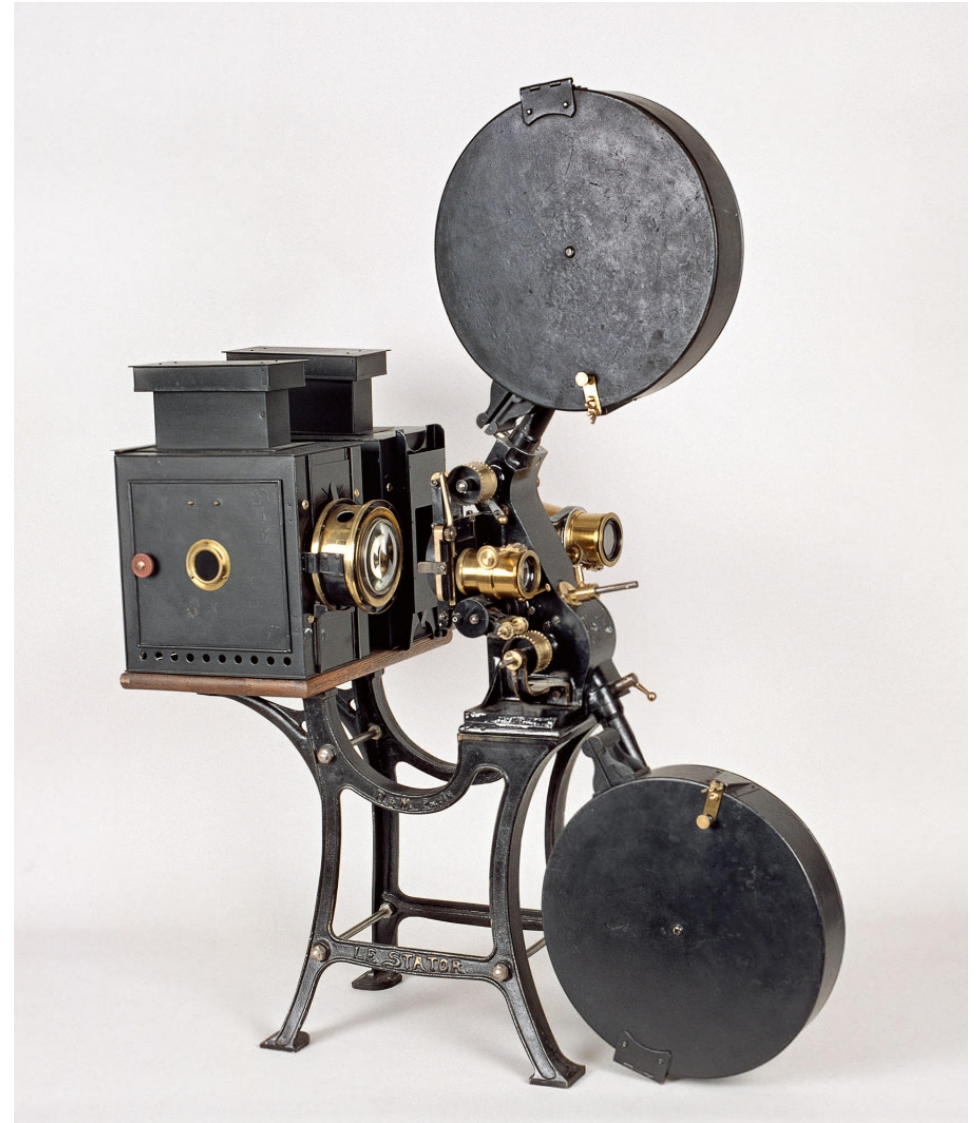
Mais c'est le format film "**cinéma**" qui le distingue vraiment de l'Autochrome. Une version film "cinéma" de l'Autochrome fut testée en 1931 mais sans grand succès : sa mosaïque aléatoire, donnant un fourmillement de grains à l'écran, était trop gênante. La trame du Dufaycolor, constante d'une image à l'autre, se prêtait beaucoup mieux aux images animées.

Le Dufaycolor, malgré sa mosaïque bien visible une fois l'image projetée, constituait une alternative intéressante, car peu coûteuse et beaucoup plus facile à mettre en œuvre, que le grand procédé professionnel de l'époque, le Technicolor (voir l'Historique des procédés reposant sur une synthèse soustractive). Ce sont donc des films amateurs mais aussi des **documentaires** et des **films expérimentaux** qui ont été tournés en Dufaycolor.

**Vidéo** [Werner Dressler - Parures](#) (1939), documentaire

**Vidéo** [Len Lye - A Colour Box](#) (1935) British post GPO \*

\* Premier film peint à la main de Len Lye. Lye a peint de longs motifs continus sur un film de 35 mm vierge (sans se soucier de les confiner à une image individuelle) et en utilisant très peu de raccords. Le film a ensuite été transposé sur un film Dufaycolor. Le film a été projeté comme publicité pour la poste dans de nombreux cinémas britanniques. Il a été présenté en première internationale en octobre 1935 au Festival international du cinéma à Bruxelles. Le jury a créé une catégorie spéciale de "film fantastique" afin qu'ils puissent lui décerner une médaille d'honneur. Le film a ensuite été projeté à la Mostra de Venise en 1936, où les téléspectateurs nazis l'ont étiqueté comme un art dégénéré et ont protesté bruyamment contre le film qui dut être arrêté.



Projecteur de film 35 mm et de plaques de verre, 1920

## Écrans CRT, LCD, OLED, microLED, ...

Si, dans l'histoire des procédés basés sur une mosaïque RVB il faudrait encore mentionner l'*Agfacolor* en Allemagne commercialisé entre 1932 et 1938 (très proche de l'Autochrome), ainsi que les deux procédés sans lendemain développés par Polaroid dans les années 1980 aux États-Unis, le *Polavision* pour le film amateur, et le *Polachrome* pour la photographie, c'est surtout dans **les écrans** de télévision puis d'ordinateur que la mosaïque RVB va trouver son aboutissement.

Quelques années après l'échec du système CBS (voir supra, synthèse optique temporelle), en 1954, les États-Unis adoptent le standard couleur électronique NTSC. La firme RCA, déjà bien impliquée dans le développement du standard, met sur le marché la première télévision en couleur basée sur une mosaïque RVB, le modèle CT-100.

De 1954 à aujourd'hui, les technologies d'écran ont énormément évolué, mais le principe fondamental reste le même : une mosaïque de petites sources de lumières RVB.



Employés de RCA travaillant sur le CT-100 (1954)



Prototype d'écran OLED (LG Display, 2024)

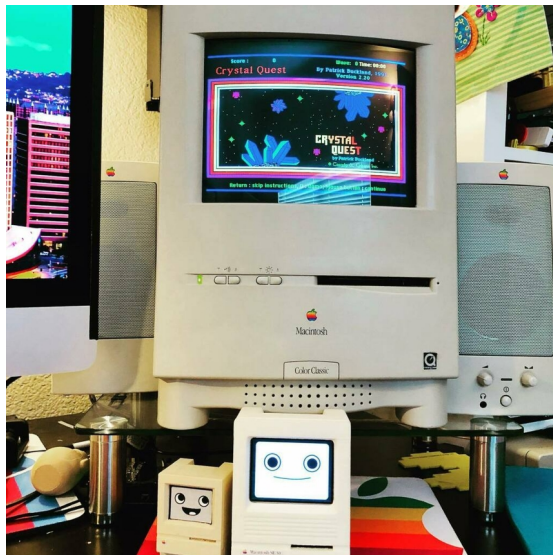
## Les écrans **Cathodiques** ou **CRT** (*cathode-ray tube*)

Dans un écran CRT couleur, trois canons à électrons, un par couleur, balayent l'écran et excitent les luminophores correspondants pour produire de la lumière (voir supra, encadré *Le balayage*).

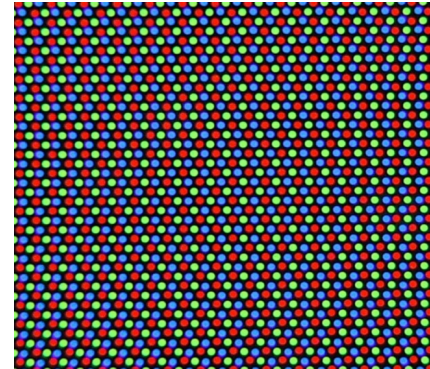
Sur les anciens tubes, ces luminophores étaient disposés en points formant des triangles ; sur les modèles suivants, ils prendront plutôt la forme de bandes ou de rectangles juxtaposés.

Un masque métallique perforé ("*shadow mask*" ou "*slot mask*"), ou un réseau de fils métalliques verticaux ("*aperture grille*"), placé derrière la face avant du tube, guide les faisceaux d'électrons afin que chaque canon n'atteigne que les luminophores de sa propre couleur. C'est souvent cette partie de la technologie qui donne son nom aux différents type de CRT.

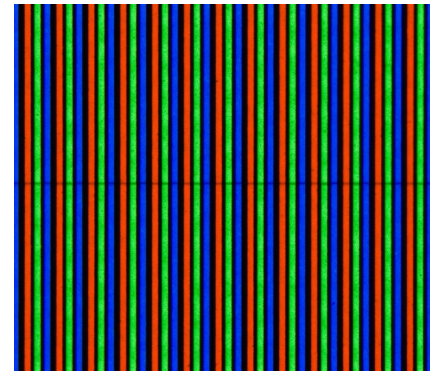
Rem. On ne parle pas vraiment de **pixel** avec les écran CRT parce que le triple faisceau d'électrons peut exciter plusieurs triplets voisins à la fois. De plus, le signal vidéo (analogique) module d'une manière continue la position du faisceau et son intensité lumineuse. Donc ni la position ni la luminosité ne sont quantifiées "pixel par pixel".



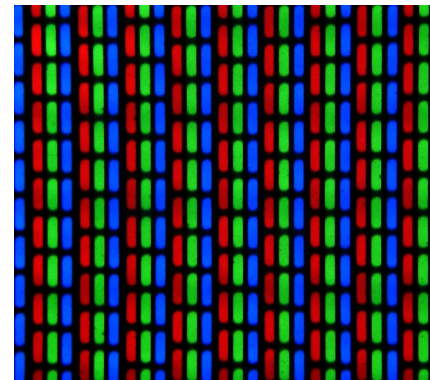
Macintosh Color Classic, 1993



Mosaïque RVB d'un écran CRT "Shadow mask"



Mosaïque RVB d'un écran CRT "Aperture grille" (trinitron)



Mosaïque RVB d'un écran CRT "Slot mask"

## Les écran **LCD (Liquid Crystal Display)**

Les écrans à cristaux liquides couleur apparaissent dans les années 1990 (pour les ordinateurs portables dans un premier temps), mais le développement de la technologie LCD remonte aux années 1970.

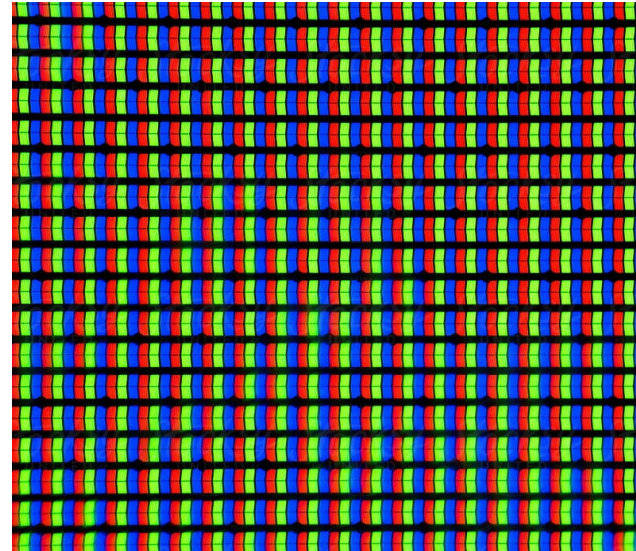
L'image de la page suivante, qui illustre le fonctionnement d'un écran LCD, met parfaitement en évidence la grande similitude qu'il peut y avoir entre un Autochrome ou un Dufaycolor du début du XX<sup>ième</sup> siècle et un écran LCD actuel :

- On retrouve un filtre coloré organisé en une mosaïque RVB formée de pixels, eux-mêmes formés de trois sous-pixels R, V ou B.
- On trouve aussi, l'équivalent du positif Noir & Blanc, sous la forme d'une fine couche de cristaux liquides qui vont moduler les quantités de lumière qui traverseront chaque sous-pixels du filtre. \*
- On trouve aussi évidemment une source de lumière à l'arrière (appelé le "rétroéclairage"). Il s'agit d'un ensemble de lampes CCFL ("à cathode froide") ou, plus récemment, LED, blanches.

\* Les cristaux liquides permettent de jouer sur une caractéristique un peu exotique de la lumière : la polarisation. La lumière ordinaire peut être imaginée comme vibrant dans toutes les directions possibles autour de sa trajectoire. Quand elle est polarisée, une lumière ne vibre que dans une seule direction (par exemple uniquement verticalement).

Dans un écran LCD, le **premier polariseur** ("horizontal") transforme la lumière émise par le rétroéclairage en lumière polarisée horizontalement (il la filtre vis-à-vis de la polarisation). Les **cristaux liquides** tournent plus ou moins cette polarisation pour moduler la quantité de lumière que laissera passer le **second polarisateur** ("vertical"). (Une lumière polarisée horizontalement ne traverse pas du tout un polarisateur vertical. Plus sa polarisation s'éloigne de l'horizontale -se rapproche de la verticale donc-, plus le polarisateur vertical en laisse passer.)

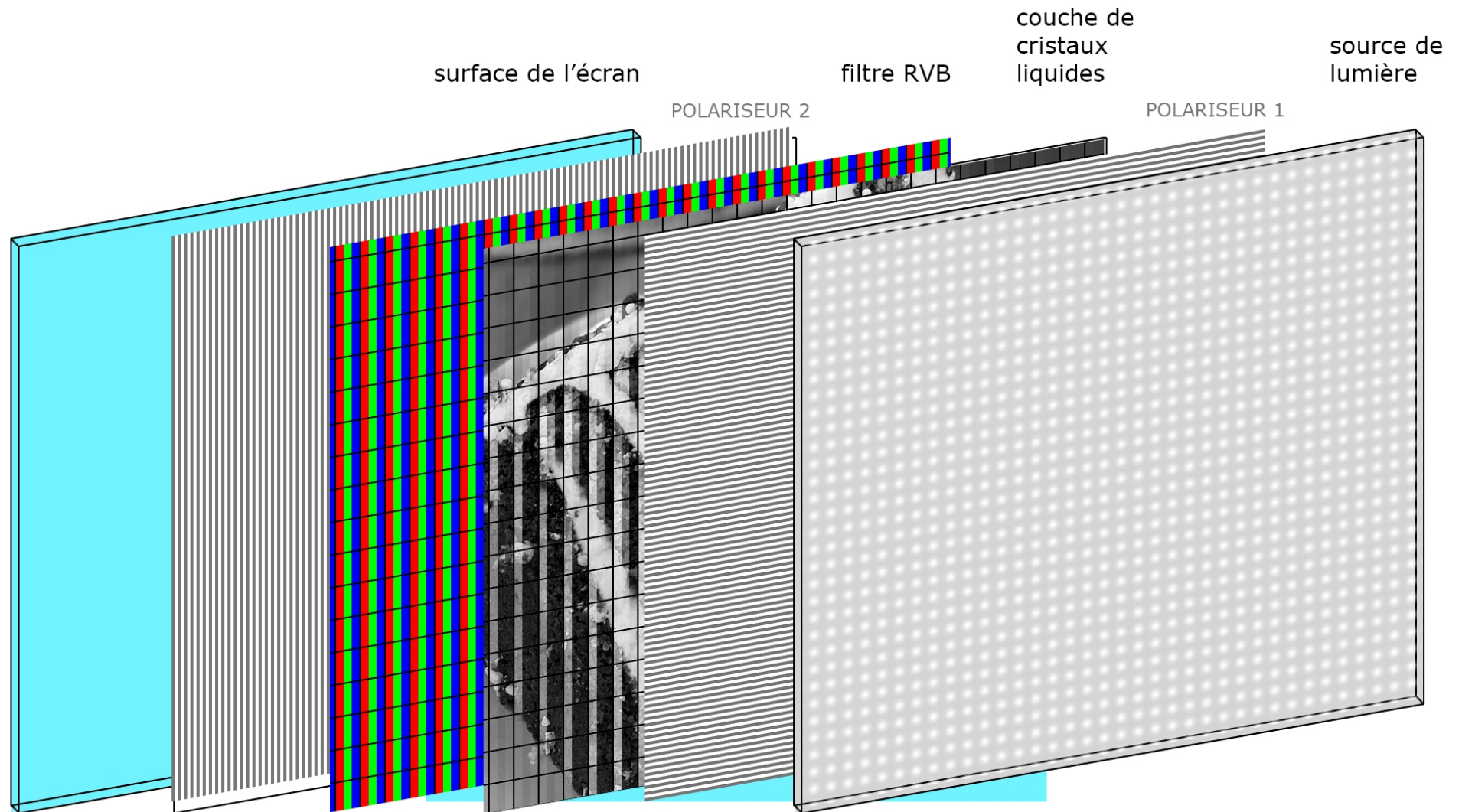
Les **projecteurs LCD**, tout en utilisant la même technologie, réalise plutôt une synthèse additive spatiale. Grâce à un jeu de miroir semi-transparents, ils superposent le résultat de trois sources de lumière, trois couches de cristaux liquides et trois filtres monochromes R, V et B sur l'écran.



Mosaïque RVB d'un écran LCD



Apple Cinema Display, 1999



Les écrans **OLED** et **microLED** "simplifient" encore le schéma puisque les sous-pixels de ces écrans sont constitués de micro lampes R, V et B.

Comme chaque sous-pixel est "auto-émissif", les pixels noirs peuvent ainsi être complètement éteints, contrairement aux LCD où une partie du rétroéclairage subsiste toujours, ce qui permet d'obtenir des noirs très profonds et donc un meilleur contraste.



Samsung Galaxy Z Fold, Samsung Galaxy Z Flip

Beaucoup de techniques n'ont pas trouvé leur place ici :

Particulièrement du côté analyse : les caméras de télévision ("à tube" ou "électroniques"), les caméras et les appareils photo numériques (capteurs CCD puis CMOS).

Mais aussi du côté de l'encodage : NTCS, PAL, SECAM, profil icc, etc.

**Vidéo** Un film d'Eric Lange retrace les grandes étapes du cinéma en couleur : [\*\*Les premier pas du cinéma \(Un rêve en couleur\)\*\*](#) (2003). Il aborde le cinéma Noir & Blanc colorisé (une parenthèse qui n'a pas non plus été abordée dans le cours), puis les techniques additives et enfin soustractives. 52 min, Format *.mkv*, à télécharger et lire avec VLC par exemple.

**Appli Processing** [\*\*RVBpixels\*\*](#) Une appli qui modélise un écran RVB (à gauche : modélisation à fort grossissement) (à droite : taille réelle). Trois curseur vous permettent de moduler la quantité des trois primaires.