

## Des boules de billard au cinéma

Aux États-Unis, Le blocus imposé au Sud pendant la guerre de Sécession rend difficile l'importation d'ivoire, cet ivoire nécessaire à la fabrication de beaucoup d'objets, et en particulier de boules de billard, alors que le jeu devient de plus en plus populaire. L'un des premiers producteurs du pays, Michael Phelan, lance en 1863 un concours promettant \$ 10 000 à qui trouverait un substitut à une matière première qui devient plus rare et beaucoup plus chère. Il va sans dire que la protection des éléphants n'est pas le souci majeur, car en cette deuxième moitié du XIXe siècle, on se livre sur tous les continents, en toute inconscience, au massacre de toutes les espèces sauvages. Associant le camphre au fulmicoton, John Wesley Hyatt parvient à produire le nitrate de cellulose, . Il remporte le concours, dépose un brevet en 1869 avec le nom Celluloïd, et monte sa propre société, l'Albany Dental Plate Company, qui fabrique des boules de billard, des prothèses dentaires et des touches de piano. Pendant les 30 années qui allaient suivre le Celluloïd serait le seul plastique important sur le plan commercial. Il devait servir à la fabrication des objets les plus divers, boules de billard bien sûr, mais aussi cols de chemise, boutons, bijoux fantaisie, stylos, poupées... Il allait aussi pouvoir répondre aux besoins de la photographie qui depuis sa naissance, était à la recherche d'un support souple et transparent.

### La plaque photographie

Depuis les origines, la photographie utilisait comme support des plaques de verre ou de métal. La plaque de verre avait de nombreuses qualités. Le support de verre est fragile, mais d'une parfaite stabilité dimensionnelle et d'une stabilité chimique sans égal : le verre peut être considéré comme un matériau inerte, qui n'est sujet à aucune dégradation dans le temps. La surface sensible couchée sur une plaque de verre offre une planéité inégalée. Quant à la plaque métallique, elle présentait des avantages d'un autre ordre. C'est une plaque de cuivre recouverte d'argent qui est à la base du daguerréotype, le premier procédé photographique véritablement opérationnel. Il est abandonné en Europe vers 1855, et une dizaine d'années plus tard aux Etats-Unis. Mais le support métallique n'en est pas abandonné pour autant. Il survit avec le ferrotype, procédé né en France qui devient très populaire aux Etats-Unis . Connu Outre-Atlantique sous le nom de tintype, le ferrotype fait le bonheur des photographes itinérants, approximativement de 1860 à la Première guerre mondiale. À ses débuts, il fait appel au procédé au collodion, puis à la fin du siècle, adopte l'émulsion gélatino-argentique. Le ferrotype est peu coûteux, car ce n'est pas comme le daguerréotype, une plaque de cuivre recouverte d'argent, mais une tôle de fer blanc, recouverte d'un vernis, peu fragile. Si le ferrotype peut s'oxyder, il ne risque pas les chocs, ou du moins, accepte les déformations le négatif sur support papier. Mais en dépit de ses avantages, le négatif sur papier était limité par la médiocre définition de l'image. Son usage était réservé aux applications pour lesquelles une image « enveloppée » n'était pas un handicap. Du milieu à la fin du XIXe siècle, le photographe utilise majoritairement la plaque de verre. Les plaques avaient des inconvénients, leur encombrement, et pour les plaques en verre, leur poids et leur fragilité. Il fallait introduire pour

chaque nouvelle vue, une plaque dans le châssis de l'appareil. La cadence de prise de vue était donc limitée, et l'autonomie fonction du poids que le photographe était prêt à emporter avec lui.

La plaque photographique a pu aussi se présenter en une série de vues de petit format disposées en cercle, à la façon du Kodak Disc - qui a connu quelque succès dans les années 1980. Ainsi, avec le fusil photographique de Marey, l'opérateur disposait d'une autonomie de 12 vues sans avoir à recharger et pouvait se livrer à une prise de vue en rafale. Mais à moins d'avoir recours à un disque géant (et dans ce cas, quel aurait été l'intérêt), la petite dimension des vues limitait la qualité de l'image. On notera quelques tentatives d'utilisation du disque à des fins cinématographiques. Ainsi, Kammatograph de Léo Kamm, curieuse machine brevetée en 1898. Le disque, plaque de verre de 30 cm de diamètre, offre 350 ou 550 vues disposées en spirale (il en existe deux modèles) et peut enregistrer le mouvement pendant trente ou quarante-cinq secondes. Apparemment, le Kammatograph a surtout servi à faire le bonheur des collectionneurs. Plus ambitieux, le Spirograph américain (1915) faisait appel à un disque de Celluloïd de 1200 vues disposées en spirale, qui correspondaient à 2 minutes de projection, à la cadence de 10 vues par seconde<sup>1</sup>.

## **La pellicule en rouleau**

La nécessité de disposer d'un film se présentant sous la forme d'une bande étroite, s'enroulant sur elle-même était apparue bien avant que l'on ne songe à enregistrer le mouvement. La plaque de verre, lourde, fragile et encombrante, était déjà un handicap pour le voyageur, le journaliste. Lorsqu'il fut question en 1870, de faire porter par pigeon voyageur des dépêches photographiées en réduction de la province vers Paris assiégé, il n'était pas question d'avoir recours à la plaque de verre, aussi mince eut-elle été, car les capacités d'emport du pigeon le plus vigoureux n'excèdent pas quelques grammes. Aussi, afin de limiter le poids de la pellicule et de l'enrouler sur elle-même, René Dagron avait imaginé de dépouiller l'émulsion de son support de verre. Le procédé consistait à utiliser la couche sensible couchée sur une plaque de verre pour la prise de vue et le développement, et à la séparer de son support pour le transport. La pellicule privée de son support était alors roulée sur elle-même et placée dans un tube attaché à la patte du pigeon. À l'arrivée, il fallait la reporter à nouveau sur une plaque de verre pour la tirer sur papier ou la projeter à la lanterne.

En 1884, George Eastman, qui travaille déjà dans la préparation de plaques photographiques, imagine une pellicule en rouleau couchée sur un support papier. L'idée d'un négatif se présentant sous la forme d'une bande étroite et non de feuilles séparées n'était pas tout à fait nouvelle. En Grande Bretagne, au début des années 1870, Leon Warnerke avait commercialisé un porte-bobine, adaptable sur les appareils à plaque, comportant deux bobines qui faisaient avancer une bande de papier enduite de collodion. L'histoire ne dit pas si Eastman et son associé Walker étaient au courant des travaux de Warnerke, toujours est-il qu'ils déposèrent des brevets et mirent sur le marché film et châssis à rouleaux en juin 1885.

---

<sup>1</sup> En 1915, le cinéma défilait à une vitesse de 16 à 18 images/seconde. Un défilement de 10 images/seconde est particulièrement heurté.

Le rouleau de l'Eastman and Walker Dry Plate permettait de prendre de 12 à 24 vues. Cependant, le négatif n'offrait pas une image d'une très grande finesse. Huilé après développement pour acquérir une transparence relative et être tiré sur papier, il laissait apparaître le grain du support. C'est pourquoi après quelques mois, George Eastman décida de dépouiller la pellicule après développement et de la transférer pour le tirage sur une plaque de verre. Ainsi était né l'American Film. La pellicule comportait trois couches : une couche de papier ordinaire, une couche de gélatine soluble dans l'eau, et une couche de gélatine sensibilisée. L'American Film était sans doute satisfaisant pour un usage photographique, mais son traitement ne pouvait être effectué que par l'usine, et non par l'amateur. Après développement, de l'eau chaude était versée sur la pellicule, ce qui avait pour effet de dissoudre la gélatine soluble et de la détacher du papier. Une autre couche de gélatine était alors coulée sur le négatif, qui ainsi renforcé pouvait être transféré sur une plaque de verre. La gélatine ou le collodion séparés de leur support ne peuvent pas être considérés comme les premiers exemples de films souples, le principe même du support souple étant de fournir à la couche sensible une base suffisamment résistante pour autoriser les manipulations et le transport mécanique. Et le cinéma avait besoin d'un support offrant une grande résistance mécanique. Car dans une caméra ou un projecteur de cinéma, l'entraînement n'est pas continu. L'illusion du mouvement est donnée par la permanence de la perception rétinienne, et donc par la projection successive d'images fixes. Il faut alors faire défiler le film par saccades et seul un entraînement par perforations peut y parvenir. Bien entendu, en raison de la grande vitesse de défilement d'un film cinématographique et du nombre de passages en projection qu'il doit subir, les perforations doivent résister à l'usure et au déchirement (on notera que l'on emploie des perforations aux coins carrés en prise de vue, des perforations arrondies en projection). Il faut aussi que l'espace tant horizontal que vertical entre les perforations ne doit pas varier avec le temps. Le film ne doit ni s'allonger ni rétrécir. C'est ce que l'on appelle sa stabilité dimensionnelle.

### **Le nitrate ouvre la voie au cinéma**

George Eastman avait compris que l'ère de l'empirisme était révolue. En 1886, il recrute Henry Reichenback, le premier chimiste qualité de l'entreprise, et lui assigne deux tâches prioritaires : augmenter la sensibilité des plaques photographiques, et mettre au point un support souple, transparent et résistant. Ainsi fut-il fait, et en 1889, Eastman met en vente le premier film sur nitrate de cellulose, destiné tout d'abord à la photographie. Les Français ne sont pas en reste. Les frères Lumière font appel à Planchon, fabricant de celluloid, pour monter à Lyon l'usine de pellicules qui sera en mesure de livrer dès 1896, des bandes de film négatif et positif. Eastman n'est pas en reste : constatant que la pellicule est trop fragile pour supporter des projections répétées, il double l'épaisseur du support, et sort la même année, le premier film conçu pour l'exploitation commerciale. Dès lors, les émulsions vont évoluer et progressivement le choix des films deviendra plus riche, mais jusqu'à la Première guerre mondiale, l'industrie ne produira que deux types de film professionnel, le négatif pour la prise de vue, et le positif pour les copies d'exploitation. Le film que l'on utilise pour obtenir une copie positive à la projection à partir du négatif de prise de vue, est bien évidemment un négatif, mais l'usage a consacré l'appellation quelque peu trompeuse de

« positif ». Apparaîtront au fil des ans, des films de sensibilité variée, adaptés à divers types d'éclairage, des films destinés à réaliser des copies intermédiaires, à enregistrer le son, et enfin des films en couleur, et ce dans des formats divers, même si au bout du compte, c'est le standard 35 mm qui devient de loin le plus courant. Pour ce qui est du support, tous les films du cinéma professionnel feront appel au nitrate de cellulose jusqu'en 1950.

Le nitrate de cellulose avait de grandes qualités. Il était résistant sur le plan mécanique et d'une bonne stabilité dimensionnelle. Il ne rétrécissait pratiquement pas au développement, et très peu en vieillissant. Ce dernier facteur était particulièrement important, car il était indispensable que les cotes d'origine des perforations soient maintenues tout au long de la durée utile de la copie. Il présentait aussi de grands inconvénients. Il avait la propriété fâcheuse d'être extrêmement inflammable et dans certaines conditions, de prendre feu spontanément. Sa conservation dans le temps était limitée, sans que l'on puisse la prévoir avec certitude. Pour simplifier, en vieillissant, le nitrate de cellulose se décompose en présence d'humidité, et le matériau se déstructure, jusqu'à se transformer en poudre. Ce n'est pas l'image en elle-même qui s'avère fragile, mais le support sur lequel repose la couche sensible. Dangereux à utiliser, le nitrate de cellulose était réservé aux applications professionnelles. Les accidents ont été rares lorsque le nitrate était mis en œuvre par des gens de métier, en particulier dans l'industrie du cinéma. On se plaît à rapporter en France l'incendie du bazar de la Charité, en oubliant de mentionner que la catastrophe avait été provoquée non par l'inflammation du film cinématographique, mais par la manipulation imprudente, à proximité d'une flamme, de la bombone d'éther destinée à alimenter la lanterne de projection. Il est également vrai que l'incendie s'était propagé d'autant plus rapidement que ni les décors ni les tentures n'étaient ignifugées. En revanche, des accidents très graves sont survenus dans le monde médical, dont le plus meurtrier fut l'incendie de la clinique de Cleveland dans l'Ohio en 1929, déclenché par la combustion spontanée d'une masse considérable de radiographies archivées dans les sous-sols. Cette catastrophe, qui fit plus de 100 morts parmi les malades et le personnel, n'était pas sans précédent. Déjà, en 1923, un incendie s'était déclaré, avec les mêmes causes, au Crouse Irving Hospital à Syracuse dans l'État de New York.

### **Le film de sécurité**

Quoi qu'il en soit, le nitrate de cellulose était trop dangereux pour être mis entre toutes les mains, trop dangereux pour être stocké dans des bâtiments administratifs ou commerciaux et le développement du cinéma amateur et institutionnel était subordonné à la mise sur le marché d'un film de sécurité.

À partir de 1909, c'est à dire très tôt dans l'histoire du cinéma, l'industrie va y travailler d'arrache-pied. Les premiers substituts au nitrate sont les acétates de cellulose. Il est exact que les premiers films en acétate non inflammables ont été produits en Allemagne en 1901, mais les procédés de fabrication industrielle ne sont pas disponibles avant 1905. Et sans doute les produits sont-ils encore peu satisfaisants puisqu'Agfa, qui avait entrepris en 1908 la construction d'une usine géante en Saxe centrée sur la fourniture de film vierge, doit se résoudre à démarrer la production

avec le nitrate de cellulose. Pendant plusieurs années, la fabrication industrielle des acétates sera difficile à maîtriser. Des progrès significatifs seront accomplis après la guerre, l'industrie ayant avancé dans la connaissance des acétates à travers les vernis cellulodiques destinés à protéger et à renforcer les ailes entoilées des avions<sup>2</sup>. Grâce aux acétates, le cinéma amateur se développe avec le Pathé Kok et le Kodak Baby. En France, Charles Pathé se lance dans la fabrication de film vierge dans sa nouvelle usine de la rue des Vignerons à Vincennes, et en 1910, crée un laboratoire de recherche placé sous la direction du chimiste Georges Zelger, lequel parvient à élaborer en 1912, un véritable support de sécurité. Les premiers acétates comportaient encore une faible proportion de nitrate, car c'était le nitrate qui servait de substrat, couche intermédiaire entre la base et la gélatine sensibilisée. Sans être totalement inflammable, ils offraient une diminution très sensible des risques, et en particulier, n'étaient pas susceptibles de prendre feu spontanément, mais ne pouvaient prétendre au qualificatif de film de sécurité. L'apparition d'un support absolument sûr était à lui seul une révolution, ainsi que le souligne le Manuel du cinématographe de salon :

*Le cinématographe n'avait pu jusqu'à ce jour pénétrer dans les familles, où il est pourtant appelé à jouer un rôle des plus importants. La cause en résidait dans les dangers que représentent les films en Celluloïd pour les personnes peu familiarisées avec leur maniement. Après de longues et laborieuses recherches, les Etablissements Pathé frères ont réussi à réaliser un film éminemment ininflammable et incombustible, offrant une sécurité absolue pour leur clientèle.*

*Cette merveilleuse découverte permet enfin de mettre le cinématographe entre les mains de tous. Désormais, chacun pourra sans danger projeter des vues chez soi, le film ne s'enflammant en aucun cas<sup>3</sup>.*

Simultanément Kodak propose son format Baby, de 16mm. La tradition veut que ce format ait été choisi pour qu'il soit impossible de charger les appareils avec du film professionnel (donc en nitrate) en coupant un film de 35 mm dans le sens de la longueur. On songeait aussi à utiliser le film en acétate pour reproduire les documents et stocker les archives. Certes, la reproduction de documents était née avec la photographie, très exactement avec la reproduction par Nicéphore Niepce du portrait du Cardinal d'Amboise, mais faute de support adéquat, aucune application à grande échelle n'avait pu voir le jour. Le film cinématographique avait semblé intéressant pour enregistrer documents et archives, mais à supposer que les problèmes de conservation à long terme du nitrate aient pu être résolus, tant que l'émulsion n'était pas couchée sur un support de sécurité, il n'était pas question de l'utiliser pour la documentation et l'archivage. Dès 1907 les documentalistes Paul Otlet et Robert Goldschmidt avaient parfaitement posé le problème : « La fabrication de diapositives pelliculaires pour les projections animées indique les voies à suivre. Mais des mesures devront être prises pour garantir les clichés contre les altérations et l'incendie. C'est un problème que saura résoudre la chimie industrielle.<sup>4</sup> »

---

2 C.E. Kenneth Mees.- Cellulose derivatives.- In : From Dry Plates to Ektachrome, a story of photographic research

3 Pathé, premier empire du cinéma, sous la dir. De Jena Kermambon. Paris, Centre Georges Pompidou, 1994, p. 198.

4 Journal des brevets, 1907,1 janvier, p. 14

Si l'idée était juste, les deux Belges pêchaient par excès d'optimisme. Ils ignoraient que l'industrie mettrait un demi-siècle pour proposer un support véritablement stable dans le temps, car le nitrate de cellulose est sujet à un phénomène d'hydrolyse qui entraîne la déstructuration du matériau. La réaction, comme toutes les réactions chimiques, est accélérée avec l'élévation de la température. Des agents extérieurs, tels que le produit de l'oxydation du conteneur (la fameuse galette de fer typique du cinéma) peuvent en outre servir de catalyseur.

## **Le film support d'archivage**

Vers 1920, les acétates possèdent des caractéristiques qui les rendent propres à servir de support à l'archivage. Les premières utilisations du film cinématographique à fins de reproduction documentaire et d'archivage remontent à 1928 aux États-Unis avec la reproduction sur film 16 mm de chèques bancaires par caméras cinétiques (des caméras dans lesquelles le transport du document est automatisé), puis par l'enregistrement des documents du recensement .

Dans les bibliothèques, on commence à reproduire systématiquement livres et journaux anciens. On utilise pour cela le positif de cinéma, une pellicule de faible sensibilité, qui donne une image d'une grande finesse et peut être développée à un contraste élevé. L'absence de perforations est la seule différence avec le film cinématographique. Le microfilm peut alors se répandre dans d'innombrables applications, culturelles, commerciales, industrielles. Devant l'ampleur du marché qui se dessine, l'industrie photographique met alors au point des pellicules spécialement conçues pour la reproduction documentaire, qui fournissent une image encore plus détaillée, et surtout, sont des panchromatiques, sensibles à toutes les couleurs du spectre, alors que les films de copie, les positifs, sont des films non chromatisés, qui ne sont impressionnés que par la lumière bleue. Ce sont le Recordak Fine Grain, l'Agfa Minipan, ou le Dupont.

Le support, la base de la couche sensible, est un acétate de cellulose, qui, s'il ne répond pas aux exigences du cinéma professionnel, semble parfaitement adapté à la reproduction documentaire et à la conservation de l'information. L'enthousiasme est grand, on prête au microfilm toutes les vertus, on dit qu'il va révolutionner la diffusion de l'information, accélérer dans des proportions inattendues le progrès scientifique, apporter le savoir au plus grand nombre. Le microfilm est un peu l'Internet des années 30. On pense aussi que l'acétate est beaucoup plus stable que le nitrate de cellulose, et que ses qualités en font le meilleur substitut au papier pour l'archivage à long terme. Le Bureau of Standards américain publie à partir de 1935, plusieurs études qui concluent toutes à l'extrême durabilité des acétates. Malheureusement ces études sont incomplètes, on ne maîtrise pas encore suffisamment le vieillissement des matériaux et le Bureau of Standards se trompe lourdement lorsqu'il affirme que la stabilité des acétates est comparable à celle des meilleurs papiers. Mais dans l'euphorie ambiante, personne ne songe à mettre en doute les conclusions du Bureau of Standards. Même un éminent chimiste comme Henri de Saint Rat, de la Maison de la chimie à Paris, n'hésite pas à écrire :

*Nous ne croyons pas beaucoup nous avancer en soutenant que les conditions favorables à la bonne conservation des négatifs sur film ne paraissent pas plus difficiles à réaliser que celles qu'exigent les ouvrages imprimés<sup>5</sup>.*

Les acétates vont faire de notables progrès en matière de résistance mécanique et de stabilité dimensionnelle, au point qu'ils seront définitivement adoptés à partir de 1951 par le cinéma professionnel, mais leur conservation à moyen et long terme restera problématique. Cependant, cette fragilité ne sera pas découverte avant les années 60 de sorte que l'on vivra pendant un quart de siècle sur l'illusion d'avoir découvert le support idéal. On s'aperçoit alors que les acétates de cellulose se dégradent selon des mécanismes assez comparables au nitrate, la décomposition entraînant le dégagement d'acide acétique et non d'acide nitrique. C'est la raison pour laquelle on parle pour les acétates, de syndrome du vinaigre. Chose inquiétante, il arrive que les acétates se dégradent aussi rapidement, et parfois plus rapidement, que certains nitrates. Il ne semble pas y avoir de règles, mais on observe qu'il n'existe pas de très grandes différences de comportement entre les acétates, alors que le comportement des nitrates peut être très variable. Peter Z. Adelstein ancien directeur de l'Image Permanence Institute, une autorité reconnue en matière de conservation de l'image photographique résumait la situation en ces termes :

*De très récentes études ont montré qu'il existait des écarts de stabilité très importants pour les films en nitrate. En fait, on peut prévoir pour certains films à 50 % d'humidité relative et à température ambiante, une espérance de vie qui excède celle des films en triacétate, tandis que d'autres films risquent de ne pas durer plus de quelques années<sup>6</sup>.*

Il s'est avéré impossible d'établir une hiérarchie entre les différents acétates (tri-acétate, di-acétate, acétyl-butyrates) et rien ne permet d'affirmer que les fabrications anciennes soient plus fragiles que des produits plus récents. On apprendra au fil des années, que la dégradation des supports, qu'il s'agisse de nitrate ou d'acétate ou d'acétate, peut être considérablement ralentie par une conservation dans un environnement favorable : maintien d'une température et d'une humidité relative assez basses, contenants appropriés, réduction de la pollution atmosphérique etc.

Apparu au milieu des années 50, le polyester allait fournir la seule réponse totalement satisfaisante à la permanence du support. D'une résistance mécanique remarquable, le polyester est aussi d'une très grande stabilité. Sa durée de vie est estimée à un millier d'années au moins. À partir de là, ce ne sera plus la base qui sera le maillon faible du film photographique, mais l'image elle-même. Après quelques maladies de jeunesse, le polyester s'imposa dans toutes les applications de la photographie, en tout premier lieu dans les applications liées à la documentation et l'archivage, jusqu'à la généralisation de l'enregistrement numérique. Aujourd'hui, le film photographique n'occupe plus qu'un marché de niche. Le cinéma, la photographie professionnelle ou amateur, l'imagerie médicale, la documentation et l'archivage ont migré en masse vers les supports magnétiques. Avec le recul, on constate que le nitrate de cellulose, que l'on a accusé de tous les

---

5. Henri de Saint Rat. Micro-documentation filmée . Revue Scientifique, 26 dec. 1936, p 753

6 Recent Changes in Recommended Storage of Photographic Film in Deuxièmes journées internationales de l'ARSAG.- Paris , ARSAG 1994, p. 109.

maux, n'était pas un si mauvais support. De toute évidence, il n'offrait pas une sécurité suffisante pour l'archivage ou une utilisation familiale, mais dans le cadre du cinéma professionnel, le nitrate a parfaitement rempli sa tâche pendant plus de 50 ans. Les désastres que l'on a pu déplorer dans certaines institutions chargées d'archiver les films ont toujours été provoqués par des conditions de conservation inadaptées, parfois par ignorance ou négligence, mais le plus souvent par manque de moyens. Aujourd'hui, l'enregistrement numérique a déplacé le problème : l'information peut être recopiée à l'infini, sans perte de qualité, contrairement à l'information en mode analogique. La pérennité du support n'est plus le problème, dès lors que l'on prend la précaution de recopier périodiquement l'information, à la fois pour se prévenir de la dégradation du support et pour suivre chaque évolution technologique. Cette conservation « dynamique » offre les meilleures garanties de sauvegarde de l'information, mais elle exige un suivi rigoureux et des ressources financières régulières.

En déposant son brevet en 1869, John Wesley Hyatt était loin de se douter que le nitrate de cellulose allait permettre de fabriquer le film souple et transparent indispensable à l'enregistrement photographique du mouvement. S'il est juste de reconnaître la paternité de Louis Lumière et de Jules Carpentier, inventeur du mécanisme à croix de Malte, il faut aussi rappeler la contribution de John Wesley Hyatt, sans qui rien n'aurait été possible.