

Thomas COLLIGNON
Ecole Nationale Supérieure Louis Lumière - Promotion 2001

LA PRISE DE VUES HAUTE DEFINITION NUMERIQUE

Mémoire de fin d'études section cinéma 1998-2001
dirigé par Francine Lévy et Vincent Muller

Introduction

- I. Le cinéma numérique : film et vidéo haute définition
 1. Une histoire en cours d'écriture
 2. L'avenir du film
 - 2.1. L'héritage des techniques cinématographiques
 - 2.2. Les avantages du support film
 - 2.3. La postproduction numérique et le retour sur film
 3. La vidéo numérique haute définition aujourd'hui
 - 3.1. Les origines
 - 3.2. Les avantages de la haute définition
 - 3.3. La future HDTV
 4. L'évolution des métiers et les pratiques professionnelles
 - 4.1. Le réalisateur
 - 4.2. Le directeur de la photographie
 - 4.3. Le superviseur des effets spéciaux
 - 4.4. L'assistant opérateur « ingénieur de la vision »
 5. La distribution, l'exploitation et la diffusion
- II. La technologie numérique haute définition
 1. Normes et standards
 - 1.1. ITU-R BT.709-4
 - 1.2. SMPTE-274 M
 - 1.3. SMPTE-292 M
 2. Le signal haute définition
 - 2.1. Le brassage des données et les corrections d'erreurs
 - 2.2. La réduction de débit ou BRR
 3. Les caméscopes HD
 - 3.1. La HDcam ou Cinealta 24p de Sony
 - 3.1.1. Les accessoires caméra
 - 3.1.2. Les cassettes
 - 3.2. Les DVC Pro 100 HD de Panasonic
 - 3.3. Les LDK 6000 et LDK 7000 de Philips et Thomson
 4. Les capteurs

5. L'analyse du mouvement
 - 5.1. Les modes d'analyse
 - 5.1.1. L'entrelacé
 - 5.1.2. Le progressif
 - 5.2. Les cadences de prise de vues et les fréquences image
6. Le traitement du signal
 - 6.1. La sensibilité
 - 6.2. Le contraste ou gamma
 - 6.3. La dynamique
 - 6.4. La colorimétrie
7. La structure d'image
 - 7.1. La résolution
 - 7.2. Le « grain film » et le « grain numérique »
8. Les menus et les cartes à mémoire
9. Les objectifs HD
10. Les magnétoscopes HD
 - 10.1. Le D6 VooDoo de Philips et Thomson
 - 10.2. Le D5 HD ou AJ-HD 3700 de Panasonic
 - 10.3. Le HDW-F 500 de Sony
 - 10.3.1. Down conversion en Pal et NTSC
 - 10.3.2. Le SDTI
 - 10.3.3. Le HD-SDI
11. Les outils de visualisation

III. Partie pratique

1. Tests sur une mire de définition HD
2. Film de partie pratique
 - 2.1. Scénario
 - 2.2. Découpage technique
 - 2.3. Paramètres de prise de vues et visualisation à l'oscilloscope
 - 2.4. Interprétations des résultats
3. Essai parallèle argentique / numérique - 35 mm / 24p de la CST
4. Conclusions de la partie pratique

Conclusion

Annexes au film de partie pratique

Bibliographie

Table des illustrations

Remerciements

Introduction

Le sujet de mon étude porte sur les technologies de prise de vues en haute définition numérique et sur leur intégration au sein de ce que l'on appelle aujourd'hui le « cinéma numérique ». Sony France présentait au Satis 2000 la HDcam ou Cinealta 24p, premier caméscope haute définition (HD) au format 1920 x 1080 utilisant la technologie « progressive scan » en 24 images/seconde (24p), récompensé par un Satisfecit. Il m'a donc paru pertinent d'étudier l'arrivée de ce nouvel outil dans le cadre des évolutions actuelles du cinéma et de la télévision vers la technologie numérique. Mon champ d'investigation s'applique à l'histoire du cinéma, dont l'évolution récente est liée à l'histoire de l'art et des techniques, et couvre le domaine des nouvelles technologies numériques, en particulier la haute définition. Il concerne également le secteur de la production cinématographique, au niveau des transformations que subissent actuellement les métiers du cinéma, l'industrie du film et son économie. L'industrie du film et la technologie étant en perpétuelle évolution, je ne chercherai pas à faire une recherche exhaustive sur le sujet mais plutôt à définir les enjeux de la prise de vues haute définition dans le contexte actuel du cinéma.

La première partie de ma recherche concerne l'histoire du cinéma électronique, au confluent de la vidéo et du film. Je limiterai mon étude aux applications de la vidéo numérique dans le domaine du film (long métrage, documentaire, court métrage) en ouvrant une parenthèse sur la HDTV (ou TVHD) et la projection numérique. Je m'intéresserai particulièrement au domaine de la prise de vues et du traitement numérique destiné à un retour sur pellicule 35 mm. Cette partie est également consacrée à l'évolution des métiers et des pratiques professionnelles à travers un recueil de propos tenus, lors de conférences, par de récents utilisateurs de la HD, réalisateurs, techniciens et créateurs, comme Pitof (réalisateur et spécialiste des effets spéciaux), Philippe Ros (chef opérateur) et Vincent Muller (assistant opérateur). Ces propos concernent les méthodes de travail, les apports techniques de ce nouvel outil et la texture de l'image : travail de la lumière et traitement électronique de l'image, souplesse de travail des effets spéciaux, étalonnage numérique et retour sur film, transformation des méthodes de travail et de la chaîne de production.

La deuxième partie est une étude de la technologie et des outils de prise de vues haute définition numérique : les normes et standards, le signal haute définition, les caméscopes, les capteurs, l'analyse du mouvement, le traitement du signal, la structure d'image, les menus et les cartes à mémoire, les objectifs, les magnétoscopes et les outils de visualisation.

La partie pratique qui accompagne ce travail est une expérimentation personnelle des potentialités des outils de prise de vues haute définition. Elle se présente en trois temps. La première étape est consacrée à l'élaboration d'une mire de définition HD et à une série de tests effectués sur cette mire. La deuxième étape, qui se présente sous la forme d'un court métrage, est un travail sur la texture de l'image générée par le caméscope Cinealta : sensibilité, contraste, dynamique (hautes lumières et basses lumières), colorimétrie, profondeur de champ, comparaison HD / 35 mm et analyse du mouvement (progressif ou entrelacé). La troisième étape est le comparatif effectué par la CST, Essai parallèle argentique/numérique – 35 mm / 24p, auquel j'ai moi-même participé.

I. Le cinéma numérique : film et vidéo haute définition

« Je pense que nous sommes à la veille d'un événement qui fera de la révolution industrielle une véritable anecdote : la révolution de la communication. Elle arrive très vite. Les films des années 80 iront bien au-delà de vos rêves, rien que d'ici deux ans. Je vois une révolution de la communication qui touchera le cinéma, les arts, la musique, l'électronique numérique, les ordinateurs, les satellites mais surtout le talent humain. Les grands maîtres du cinéma, dont nous sommes les héritiers, ne croiraient pas ce qui va être possible. »¹. Plus de vingt ans après cette déclaration de Francis Ford Coppola à la cérémonie des Oscars en 1979, l'histoire a donné raison à l'auteur d'*Apocalypse now*. On n'a jamais autant parlé des mutations du cinéma. L'émergence du numérique touche tous les domaines de la communication. La prise de vues, les effets spéciaux, l'étalonnage et la projection numérique, mais aussi le développement d'Internet, du DVD et la télévision numérique bouleversent les pratiques des cinéastes et les habitudes culturelles des spectateurs. Dans quelques années, nous regarderons la télévision numérique (DTV) ou la télévision numérique haute définition (TVHD) à écran large 16/9. Dès aujourd'hui, sont en train de se profiler les nouveaux matériels, caméras, enregistreurs et systèmes de diffusion, qui sont déjà employés aux Etats-Unis et qui commencent à être expérimentés en Europe par quelques pionniers. Certains vont même jusqu'à prédire la disparition prochaine du support film. Mais commençons par voir plus en détail ce qui nous intéresse dans cet environnement technologique nouveau : le cinéma numérique.

1. Une histoire en cours d'écriture

Dans l'histoire de la vidéo et de la télévision, le terme « haute définition » a été appliqué successivement à différents systèmes. Aux débuts de la télévision chaque nouveau prototype était qualifié de haute définition, en comparaison aux précédentes innovations. « Ainsi, les systèmes 343 lignes, 405 lignes puis 441 lignes, furent détrônés par des systèmes 525 et 625 lignes, NTSC et Pal dits « High Definition Color Television System » »², écrit Pascal Kerloch dans un article paru dans Sonovision : L'image numérique toujours plus haut. Débuté en 1975, le projet de la haute définition numérique ne commence à se concrétiser qu'à partir de 1995 par la détermination de normes et de standards au sein de la SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) et de l'ITU (International Television Union). Ce sont les constructeurs de matériel vidéo japonais qui, soutenus par la télévision nationale, la NHK, ont proposé un standard de HDTV analogique au début des années 80. L'image au format NHK comportait un total de 1125 lignes, dont 1035 actives, pour une cadence de 30 images/s en balayage entrelacé, c'est-à-dire une fréquence trame de 60 Hz. Le format d'image était d'abord le 4/3 puis le 16/9. Dans un premier temps, les Américains ont adopté ce standard pour des raisons politiques et pour éviter les problèmes liés à la conversion des formats, les Européens ont émis une contre-proposition à 25 images/s, chaque image comportant 1250 lignes (2 x 625) dont 1150 actives, pour une fréquence trame de 50 Hz. Ces deux formats sont restés expérimentaux, malgré une tentative de diffusion au Japon et une phase d'expérimentation en Europe dans le cadre du programme Eurêka. L'évolution est arrivée avec l'apparition du numérique et la convergence de la vidéo avec les systèmes informatiques à pixels carrés et à balayage progressif. Débuté en 1993, le programme d'implantation de la télévision numérique aux Etats-Unis a été l'occasion de normaliser les

¹ Thema (Arte) : *Petites révolutions culturelles : Micro-cinéma*.

² KERLOCH Pascal, *L'image numérique toujours plus haut*, Sonovision N°444, octobre 2000.

standards de la télévision numérique basse définition (SDTV), haute définition (HDTV) et du « Digital Cinema » ou « cinéma numérique ». Pour obtenir des pixels carrés, les Américains ont alors imposé au format japonais NHK, comportant 1920 pixels par ligne pour 1035 lignes actives, une augmentation à 1080 lignes ($1920/16 \times 9 = 1080$). Le format européen à 1250 lignes aurait nécessité 2048 pixels par ligne pour obtenir des pixels carrés mais, ceci étant trop élevé, les constructeurs européens se sont ralliés au 1920 x 1080. Ces aménagements ont abouti au CIF (Common Image Format) à 1920 x 1080 lignes au format 16/9, en balayage progressif ou entrelacé à 24 ou 25 images/s, format d'image commun aux pays à 50 et à 60 Hz, adopté mondialement par l'ITU, la SMPTE et soutenu en 1997 par l'UER (Union Européenne de Radiodiffusion) dans la déclaration technique D62.

| Format | Enregistrement | Zone | Application | Année |
|------------------------------------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------|
| 1er systèmes HD | | Japon | TV | 1981 |
| 1 pouce analogique, dérivé du transport de bande 1 pouce C | Analogique | Japon | TV | 1984 |
| 1 pouce numérique, HDD-1000 | Numérique | Japon | TV | 1989 |
| HDCAM | Numérique | Japon / USA | TV | 1997 |
| HDCAM 24P " CineAlta " | Numérique | Toutes | TV & Film | 2000 |

3

Ce format qui nous intéresse particulièrement dépasse le 4:2:2., considéré actuellement comme « Broadcast TV ». Comme le relève Matthieu Sintas dans un dossier technique publié par la CST : « *Sa résolution particulièrement élevée destine ce format autant à la fiction télévisuelle haut de gamme qu'au retour sur film pour de la projection en salle. C'est une alternative numérique au tournage Super 16 ou 35 mm* »⁴. Il est décliné en de multiples versions qui diffèrent, soit par le mode d'acquisition et d'affichage des images (entrelacé ou progressif), soit par la cadence image ou la cadence trame. On trouve donc des versions standards, utilisant le mode d'analyse des systèmes vidéo classiques, entrelacées à 30 images/s aux Etats-Unis et à 25 images/s en Europe et des versions progressives à 24 images/s aux Etats-Unis et à 25 images/s en Europe. Ces dernières sont dénommées par l'acronyme « 24p », c'est-à-dire 24 images/s en mode progressif, correspondant à une analyse du mouvement de type « cinéma ». Elles sont destinées à la fiction car elles permettent un retour sur film simple en évitant les problèmes inhérents au désentrelacement des images. Les versions standards sont orientées vers la télévision et plus spécifiquement le sport car la fréquence d'analyse du mouvement dans le système entrelacé est deux fois supérieure à son équivalent progressif. Il existe également un deuxième format haute définition, typiquement américain : le 1280 x 720 lignes en balayage progressif à 60 images/s, dénommé par l'acronyme « 720p ». La haute définition caractérise donc plusieurs formats d'images numériques et ouvre la voie à la polyvalence des machines : l'opérateur de prise de vues peut effectuer son choix de mode d'analyse suivant les impératifs techniques d'un type de production, le style de film et le mode de diffusion choisi. Cependant, les approches en matière de systèmes sont contradictoires et, malgré les normes adoptées récemment, une

³ KERLOCH Pascal, *L'image numérique toujours plus haut*, Sonovision N°444, octobre 2000.

⁴ SINTAS Matthieu, *Les formats d'enregistrement vidéo numériques*, Dossier Technique de la CST N°20, octobre 1999.

coalition des constructeurs informatiques favorise les systèmes à balayage progressif, alors qu'en télévision les diffuseurs sont partagés entre les formats entrelacés et les formats progressifs. Ce conflit est motivé par des arguments techniques et financiers mais le fait que les sociétés d'informatique soient impliquées dans le débat indique que nous allons vers une ère de convergence des technologies, des marchés et des entreprises. De plus en plus, les écrans d'ordinateur sont utilisés comme moniteurs de télévision, les téléviseurs ont des puces et des cartes informatiques intégrées pour certaines fonctions et les compagnies de téléphonie diffusent, grâce à leurs réseaux câblés et leurs satellites, des contenus informatiques via Internet et des programmes télévisés.

Lors de l'IBC (International Broadcasting Convention) qui s'est tenue à Amsterdam du 11 au 15 septembre 1998, le consortium ADTT (Advanced Digital Television Technologies) a présenté un projet européen de production cinématographique électronique au sein du programme Eurêka 1711. L'objectif était d'employer les techniques de la vidéo numérique et de l'informatique pour concevoir une chaîne de production de qualité comparable à celle du film 35 mm, avec des moyens économiquement et pratiquement compatibles avec les exigences d'une production de long métrage. Grâce à la caméra CinéVidéo, conçue dans le cadre de ce projet, une réflexion a été menée sur l'évolution possible du cinéma vers le numérique, la renaissance de la TVHD européenne et la convergence des technologies cinéma, numérique et informatique. Les choix techniques à la prise de vues ont été déclinés suivant deux modes de fonctionnement : le « mode film » et le « mode vidéo ». Aujourd'hui, des constructeurs comme Sony, Panasonic ou Philips proposent de nouvelles gammes de matériel de prise de vues, caméras et magnétoscopes, utilisant les formats haute définition. Mais l'arrivée du numérique dans le cinéma a été abordée par les cinéastes suivant deux démarches esthétiques bien distinctes, l'une dans la lignée des nouvelles vagues européennes (France, Angleterre, Allemagne) et américaines (Cassavetes) utilisant un matériel léger comme la DV, l'autre dans la lignée du cinéma à gros budget utilisant une technologie lourde comme la HD, les effets spéciaux et l'étalonnage numérique.

L'exploitation en 35 mm de films tournés en numérique commence avec la vague des tournages utilisant les petits caméscopes DV comme *La route du sel* de Ulrike Koch, les films Dogma comme *Festen* de Thomas Vinterberg, *Les idiots* de Lars Von Trier, *Lovers* de Jean-Marc Barr, et la série *Petite caméra* produite par Arte. Des réalisateurs comme Stéphane Meunier, auteur du fameux documentaire *Les yeux dans les bleus*, apprécient particulièrement la discrétion des mini DV, qui permettent au journaliste de saisir des instants fugitifs. En effet, ces caméras ont une taille réduite et un poids idéal pour les documentaristes et les reporters. Dans *Festen* l'adéquation entre le sujet filmé et le moyen de tournage employé est parfaite : un film de famille. Avec l'attribution au festival de Cannes en 1998 du Prix Spécial du Jury pour *Festen*, le « micro cinéma » brise un tabou : on peut projeter dans le plus grand festival de cinéma du monde un film tourné en vidéo, à moindre frais, quasiment sans éclairage. L'intention de ce film est de pousser un peu plus loin l'expérimentation du « cinéma direct » et d'abolir la frontière entre filmeur et filmé. Ce type de production est une alternative au pouvoir des grands groupes audiovisuels. Ainsi, Lars Von Trier est auteur, réalisateur et cadreur. Récemment, avec *Dancer in the dark*, Palme d'Or du festival de Cannes 2000, il a prononcé à nouveau le « vœu de chasteté » cinématographique Dogma 95, à savoir éviter les nombreux « trucs » du cinéma commercial pour tenter de retrouver la vérité, la spontanéité et l'inventivité du médium. Robby Müller, le directeur de la photographie, est l'un des plus prolifiques et célèbres du cinéma indépendant. Collaborateur de Wim Wenders et Jim Jarmusch, il a récemment photographié en Digital Betacam la partie de *Buena Vista Social Club* tournée à Amsterdam. Robby Müller avait déjà collaboré avec Lars Von Trier sur

Breaking the waves, ce qui lui a valu en 1996 le Prix de la Meilleure Photographie, décerné par le New York Film Critics Circle et la National Society of Film Critics. Lors d'une conférence tenue au festival Camerimage à Łódź en Pologne, il a démontré les avantages du dispositif de tournage développé par Lars Von Trier, notamment dans la relation de triangulation qui s'installe entre le cadreur, la caméra et l'acteur. Dans une interview sur *Dancer in the dark* Lars Von Trier a déclaré : « *La technique consistant à se servir d'une caméra à l'épaule et de la vidéo a été étendue aux séquences musicales pour préserver l'effet aléatoire, la qualité du « direct ». En utilisant une série de caméras fixes au lieu de régler un plan avec une seule caméra, on doit pouvoir ne pas contrôler la scène. (...) Ce n'est certes pas parfait; ça a été une sorte de coup d'essai, mais les 100 caméras nous ont permis d'avoir des plans qu'on n'aurait pas eus si on s'était servi d'un story-board, quelques « moments privilégiés ».* (...) *Dans une scène, ils ont dansé deux jours de suite avec 100 caméras. Si on avait eu une seule caméra et un story-board, ça aurait pris deux semaines.* (...) *Au cinéma, les gens ont tendance à ne pas aimer le direct parce que c'est comme à la télévision ou au théâtre.* (...) *Björk a eu une très bonne idée au début, elle pensait que les chansons devaient être chantées et enregistrées en direct, mais malheureusement on n'a pas réussi à le faire* »⁵. Toutefois, la liberté que propose ce support s'obtient au détriment d'une qualité d'image, qui passe au second plan. De plus, les déviations vers des scénarios sans réflexions, ni sémantique ni esthétique, sont inévitables. Cette étape de la production cinématographique ne peut donc être que transitoire. Dans le cas de la vidéo numérique haute définition et de la HDcam utilisée par Pitof, créateur des effets spéciaux de *Delicatessen*, *Alien 4*, *Astérix*, réalisateur de *Vidocq*, et par Georges Lucas pour *Star wars episode II*, l'intention est avant tout de faciliter l'intégration des effets spéciaux en post production. D'ailleurs, d'après Benjamin Bergery, Lars Von Trier s'intéressera à la 24p pour son prochain film. Jonathan Demme, actuellement en tournage de *The truth about Charlie*, photographié par Fujimoto, panache le 35 mm pour les séquences de jour et le HDcam pour les séquences de nuit. Ce panachage avait déjà été expérimenté auparavant par Wim Wenders et Phedon Jr Papamichael pendant le tournage « express » du clip de U2, *The ground beneath her feet*, en mai 2000. D'autre part, la série documentaire *Deep ocean odyssey*, filmée à la manière des expéditions du commandant Cousteau, utilise également des moyens de prise de vues haute définition. Avec ce genre d'outil, la réflexion sur l'image et la mise en scène, la préparation et les méthodes de travail ne sont pas révolutionnées pour autant et la complexité ainsi que la lourdeur de telles productions imposent une qualité et une rentabilité du film auprès d'un large public. Il est donc important de considérer l'apport du numérique dans l'esthétique du film sous ces deux angles : la révolution de l'image et de la mise en scène par la DV et l'évolution de la technologie numérique vers une grande qualité d'image qu'est la HD. On a d'une part une remise en cause fondamentale de l'écriture filmique, d'autre part l'aboutissement à une qualité formelle et à une norme. Mais c'est bien l'avènement du numérique dans le monde du cinéma et de la télévision qui est à l'origine de ces deux phénomènes. Cependant, si la période actuelle n'est qu'une phase de transition vers le « tout numérique », le film reste encore le support de prise de vues et de diffusion privilégié du cinéma.

2. L'avenir du film

La production de film et de programmes télévisés de grande qualité augmente avec l'accroissement des outils numériques et des nouveaux canaux de distribution comme la télévision numérique basse et haute définition, les jeux et Internet. Mais, le traitement des différents formats d'image incompatibles entre eux est un défi d'avenir important. Dans ce contexte, le film occupe une place essentielle pour la captation des images, et ceci en raison

⁵ Site www.arte.com, octobre 2000.

de sa grande latitude d'exposition, de l'étendue de sa gamme de couleur et de sa résolution qui excède n'importe quel support actuel de prise de vues. En dépit des récentes avancées en matière de projection numérique, il est meilleur marché de tirer une copie 35 mm que de la transmettre électroniquement. De plus, le film étant indépendant des matériels et des logiciels utilisés, il est le support idéal pour la conservation des archives. Lors d'une conférence donnée par Jean Fabien Dupont de Kodak et publiée dans le SMPTE Journal, celui-ci déclarait : « *La tendance est d'améliorer le spectacle cinématographique avec des grands formats, des grands écrans et des cadences images élevées. Kodak améliore sans cesse la technologie du film pour soutenir cette demande de qualité. Kodak invente de nouvelles manières d'employer des technologies électroniques et numériques pour pousser le film plus loin. Cette convergence a déjà commencé... profitons-en ! (...) Beaucoup de créateurs de nouveaux programmes choisiront le film cinématographique parce qu'il possède ce que le futur exigera : la qualité d'image la plus élevée et la compatibilité mondiale. L'image qu'il porte est compatible avec, et indépendante de, n'importe quel système analogique ou numérique de télévision* »⁶.

En effet, le film négatif couleur 35 mm est largement employé aux Etats-Unis pour le tournage des téléfilms, et dans le monde entier pour le tournage des films de fiction et des films publicitaires destinés au cinéma et à la télévision. En Europe, le film Super 16 mm au nouveau format 16/9 (1,78) de la TVHD est également employé par les productions télévisées mais tend à disparaître au profit de la vidéo numérique. Toutefois, le film cinématographique est un support fiable et de grande qualité dont nous allons voir l'influence, les capacités et le rôle dans la production des images. Je commencerai par étudier l'héritage des techniques cinématographiques dans la vidéo numérique, puis j'examinerai les avantages du support film, pour finir par l'étalonnage numérique et le retour sur film.

2.1. L'héritage des techniques cinématographiques

Tout au long de l'histoire du cinéma, les techniques photographiques ont évolué à travers les progrès accomplis en matière de photochimie et l'expérience des directeurs de la photographie. Les règles fondamentales ne changent pas avec le numérique et la haute définition n'améliorera pas une scène mal éclairée, au contraire. « *Les images sont créées par de la lumière. C'est, avant tout, la façon dont elle se dépose sur les personnages et les décors qui fait une belle image. La manière de photographier une scène est personnelle à chaque directeur photo. Il en reste de même avec le numérique.* »⁷, affirme Pascal Kerloch. Tout le soin apporté à la préparation avant le tournage, aux décors, aux costumes, au maquillage, à la mise en scène, au cadre et à la construction d'un éclairage, reste inchangé et devient même plus délicat et complexe qu'en film. D'autre part, les cadences 24p, 25p et 30p, délivrant des images non entrelacées, ont été adoptées par les organismes de normalisation pour s'harmoniser avec les cadences du film et de la télévision. Héritier des formats panoramiques cinéma 1,66 et 1,85, le format d'image 16/9 ou 1,78 désigné pour la future HDTV tente de devenir le format universel. Enfin, les accessoires caméra développés pour les versions « cinéma » des différents caméscopes haute définition présents sur le marché entrent dans la lignée des accessoires caméra conçus pour le film. Ainsi, l'évolution du cinéma se profile dans la convergence des technologies du

⁶ DUPONT Jean Fabien (Kodak), *Le Film et le futur de la captation des images*, conférence publiée dans le SMPTE Journal (Society of Motion Picture and Television Engineers) et traduite par Matthieu SINTAS dans le Dossier Technique de la CST N°23, février 2000.

⁷ KERLOCH Pascal, *L'image numérique toujours plus haut*, Sonovision N°444, octobre 2000.

film et du numérique, et dans la découverte de nouveaux moyens de combiner leurs forces spécifiques.

2.2. Les avantages du support film

Depuis les débuts de la HDTV il y a environ deux décennies, le film a bénéficié d'améliorations régulières alors que la télévision haute définition commence seulement à se développer. A la fin des années 80, l'amélioration des émulsions photographiques, grâce à la découverte d'une nouvelle forme de cristaux d'halogénure d'argent, a permis des progrès révolutionnaires dans la sensibilité, la résolution et le grain du film. L'an passé, Kodak a présenté la Vision 800T (5289 / 7289) et, cette année, c'est au tour de l'Expression 500T (5284 / 7284). La rapidité de l'émulsion Vision 800T montre les capacités du film à atteindre des sensibilités encore inconcevables en vidéo il y a un an. Aujourd'hui, les nouveaux capteurs équipant les caméscopes haute définition présentent une équivalence en sensibilité de l'ordre de 640 ISO mais le coût de production du film reste moindre pour un rendu visuel encore supérieur à la haute définition. Le tournage sur pellicule offre une grande qualité d'image mais comporte aussi de nombreux avantages pratiques. Suivant le budget de la production, le réalisateur a le choix entre différents formats, plus ou moins contraignants et plus ou moins coûteux. L'opérateur peut choisir parmi une variété d'émulsions pour s'adapter aux conditions de prise de vues et à la demande esthétique du projet. Il peut ainsi travailler l'image en finesse grâce à la grande latitude de pose du film. Il peut également choisir parmi une grande variété d'objectifs et de caméras dont les caractéristiques s'adaptent à différents usages. De plus, les caméras film fonctionnent à de multiples cadences, permettant la création d'effets de ralenti et d'accélééré. Le choix de la cadence de prise de vues est encore très limité avec les caméras électroniques.

D'autre part, le film répond à la principale demande du futur qu'est la compatibilité des types d'images. Les incertitudes et la déjà grande diversité des formats et des normes de la vidéo numérique donnent tout son sens à l'utilisation d'un support qui est déjà une norme mondiale : le film. Naturellement, le film peut être converti en n'importe quel format électronique actuel ou futur, et il supporte parfaitement l'intégration des nouvelles technologies numériques. Actuellement, une image film transférée en HDTV est l'image de la plus haute qualité qui existe en télévision. Ainsi, quelles que soient les orientations prises dans l'avenir, les programmes et les œuvres réalisées sur support film deviendront très facilement des programmes de DTV (Digital Television). Comme le signale Michel Baptiste de la CST : *« Le film cinématographique reste aujourd'hui le principal support pour la captation d'images, tant pour la diffusion sur les chaînes de télévision que pour les projections en salles des œuvres de fiction. Pour que ces images soient parfaitement changeables entre les différents médias des différents pays du monde, il est nécessaire que tous respectent les mêmes règles, notamment en matière de caractéristiques dimensionnelles. Outre le cinéma, la télévision utilise également ces images, soit pour des fictions tournées en film, en vue de leur seule diffusion en télévision, soit pour diffuser des œuvres cinématographiques sur les chaînes de télévision. Les organismes de normalisation continuent de faire évoluer les caractéristiques dimensionnelles des images enregistrées et des champs d'images projetées pour répondre le mieux possible à l'évolution des technologies, tout en assurant une compatibilité avec les éléments*

anciens, règle d'or au cinéma depuis près d'un siècle pour les images et depuis soixante-dix ans pour le son. En ce qui concerne l'industrie cinématographique, les décisions sont prises au niveau mondial au sein de l'ISO, l'organisation internationale de standardisation, selon un processus de vote où chaque pays membre peut s'exprimer selon des procédures, souvent longues, mais parfaitement définies. (...) C'est en effet à partir de ces normes internationales ISO que seront déclinées ou adaptées les conditions de transfert des films en télécinéma, les conditions de report de vidéo numérique sur film ou les conditions de transfert de films pour une diffusion numérique en salle. »⁸.

On peut donc dire que le film est à l'épreuve du temps. Ce paramètre a toujours été un problème pour l'image électronique car ses supports d'acquisition et de diffusion dépendent du matériel utilisé et du standard de son pays d'origine. Chaque avancée technologique exige d'investir dans des équipements coûteux, comme ce fut le cas pour passer des caméras à tubes aux caméras à CCD, des enregistreurs analogiques aux enregistreurs numériques, et ainsi de suite. Il est délicat d'investir dans des équipements de production numérique car ils peuvent rapidement devenir obsolètes si une norme différente est adoptée ou si de nouvelles améliorations sont développées. A l'inverse, avec le film, il n'est pas nécessaire de changer de matériel pour profiter des derniers progrès dans le domaine des émulsions photographiques. Evidemment, les caméras cinématographiques ont également progressé au cours des années, mais une vieille caméra film 35 mm, même celle qui a filmé *Citizen Kane* en noir et blanc il y a plus de 50 ans, a déjà fait tout l'investissement nécessaire pour obtenir des images reconnues dans le monde entier comme HD. Ceci est également vrai pour les cinéastes qui utilisent des caméras 16 mm : une vieille Arri ou Aäton 16 mm peut facilement être adaptée en Super 16 mm, lui permettant ainsi d'être prête pour la TVHD. L'archivage est une autre raison pour laquelle le film est considéré à l'épreuve du temps. Le film cinématographique s'est avéré être un excellent support de stockage pour préserver notre patrimoine visuel. Les films tournés il y a des décennies sont encore visibles alors qu'une grande partie des programmes enregistrés sur cassettes vidéo ont été perdus pour toujours. L'espérance de vie d'un film correctement stocké est de 50 à 100 ans tandis que celle de la cassette vidéo magnétique est de 10 à 20 ans au mieux. Les archives film sont une source significative de revenu pour l'industrie du cinéma et de la télévision et la chambre forte des films contient souvent le capital principal d'un studio. Evidemment, les conditions de stockage jouent un rôle important en prolongeant l'espérance de vie d'un film.

2.3. La postproduction numérique et le retour sur film

Prévus au départ pour les effets spéciaux, les outils numériques se généralisent dans le long métrage de fiction. A partir d'images sur pellicule, on peut employer le télécinéma ou le scanner comme deuxième étape de la créativité. Pendant le transfert par télécinéma, il est possible de manipuler l'image, l'étirer, zoomer sur un détail, retravailler la couleur ou créer des effets spéciaux. « *Les images électroniques standards n'ont pas assez d'informations visuelles pour supporter ce genre de manipulation. Le télécinéma Spirit DataCine de Philips, le meilleur télécinéma du monde, utilise une technologie de barrettes de CCD, propriété de Kodak. Avec le film, qui a une plus grande dynamique que n'importe quel système électronique, il est important d'avoir le télécinéma le meilleur pour transférer l'information à partir du*

⁸ BAPTISTE Michel, *Une normalisation mondiale des dimensions d'enregistrement et de restitution des images sur films 35mm*, Dossier Technique de la CST N°27, octobre 2000.

film au format de production vidéo. C'est pourquoi Kodak et Philips ont passé un accord de développement pour combiner les deux technologies. »⁹, précise Jean Fabien Dupont. Mais aucune technologie ne peut répondre aux besoins de tous les créateurs et de toute l'industrie du cinéma. Les capacités de l'électronique à traiter et à manipuler les images offrent donc de nouvelles possibilités créatives, mais le film, pour sa grande qualité d'image, reste un support idéal de prise de vues pour une postproduction numérique. Michel Baptiste souligne cette idée en précisant : « *En effet, la tendance reste encore aujourd'hui au tournage sur pellicule négative 35 mm (ou Super 16 mm), puis à une postproduction numérique, avec retour au film pour l'exploitation en salle. Cette tendance de la postproduction numérique, avec ou sans retour au film, mais à partir de tournage sur film, est confortée par l'acquisition, pour les principaux laboratoires cinématographiques, de « téléscanners » qui permettent de numériser en TVHD ou en « numérique 2K » les films 35 mm.* »¹⁰. Toutefois, on peut déjà prédire que la haute définition va bouleverser cette habitude à court terme. En effet, nous avons vu que de plus en plus de films comme *Star wars episode II* ou *Vidocq*, ayants recours aux effets spéciaux et à l'étalonnage numérique, étaient tournés en haute définition. Je m'intéresserai donc dans cette partie au cas particulier des films tournés en 35 mm ou en HD, entièrement traités en numérique et projetés en 35 mm après retour sur film.

L'étalonnage est l'opération qui consiste à donner une unité de couleur et de densité à chacun des plans, tournés à des moments différents, pour uniformiser le rendu d'une séquence et de l'ensemble d'un film. L'étalonneur et le chef opérateur effectuent cet équilibrage en laboratoire, en jouant sur les proportions de lumière rouge, verte et bleu lors du tirage de l'internégatif. En film, les valeurs de correction sont déterminées pour des lumières de tirage d'un élément 35 mm. L'étalonnage numérique offre des possibilités supplémentaires : modification du contraste ou gamma, c'est-à-dire de la courbe de transfert pour chaque primaire, travail sur la colorimétrie par correction en teinte et en saturation d'une couleur en intervenant sur les primaires et les secondaires, remplacement d'une couleur par une autre, réduction du bruit de bande, modification du contour et travail sur une zone de l'image à l'aide de volets électroniques appelés « power windows ». En ce sens, on peut dire que l'étalonnage numérique est l'opération de base du travail des effets spéciaux. Pour étalonner en numérique un film tourné et projeté en 35 mm, on commence par numériser le négatif, conformément aux plans sélectionnés dans un pré-montage, à l'aide d'un scanner ou d'un télécinéma haute définition, puis on effectue l'étalonnage sur une station de travail pour finalement reporter l'ensemble sur pellicule 35 mm par l'intermédiaire d'un imageur. Pour conserver la cohérence et la prévisibilité des espaces de couleur standardisés par la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), les systèmes d'étalonnage numérique utilisent des fichiers « color profile » ou ICC (International Color Consortium) et des « look up tables ». Actuellement, l'image numérique analysée en mode progressif est celle qui se convertit le plus simplement sur support film. Pour des aspects pratiques et économiques évidents, le format 2K s'est imposé sur le 4K comme format d'image film scannée. Le format d'image commun (CIF) à 1920 pixels par ligne représente seulement 6% de pixels en moins que l'image 2K à 2048 pixels par ligne. Si la numérisation en 2K et le traitement

⁹ DUPONT Jean Fabien (Kodak), *Le Film et le futur de la captation des images*, conférence publiée dans le SMPTE Journal (Society of Motion Picture and Television Engineers) et traduite par Matthieu SINTAS dans le Dossier Technique de la CST N°23, février 2000.

¹⁰ BAPTISTE Michel, *Une normalisation mondiale des dimensions d'enregistrement et de restitution des images sur films 35mm*, Dossier Technique de la CST N°27, octobre 2000.

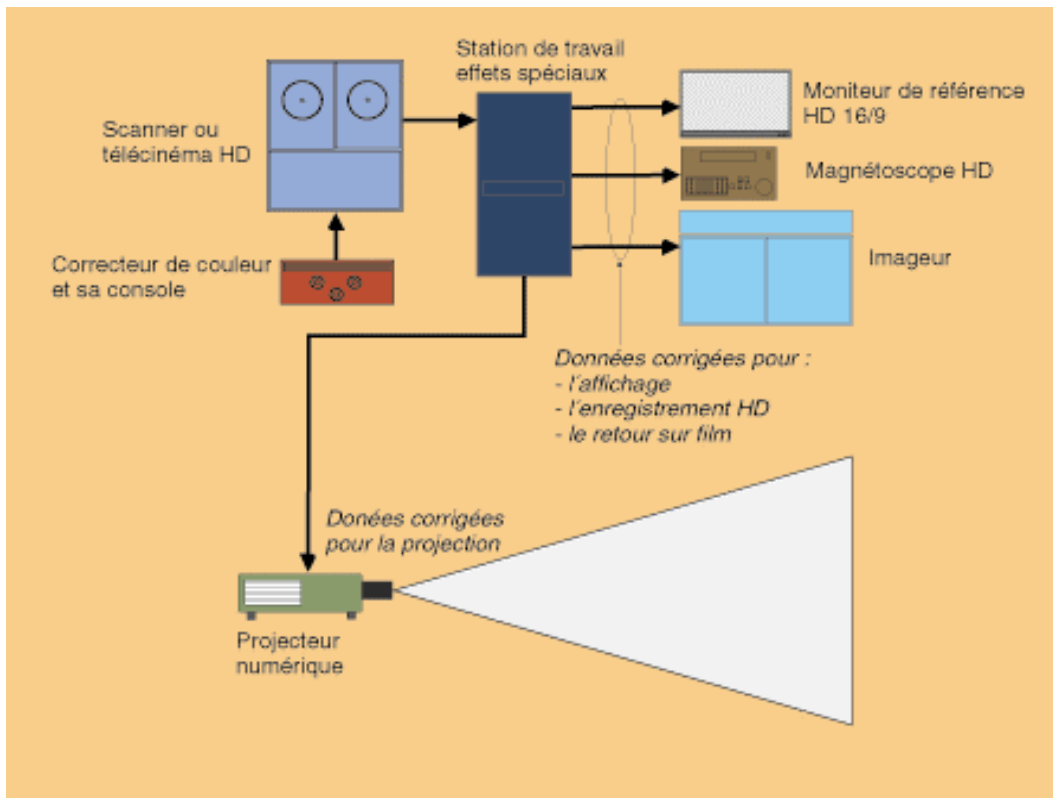
informatique dégradent sensiblement l'image originale, il en est de même pour une copie positive d'exploitation en bout d'une chaîne de traitement traditionnelle. En revanche, Roger Deakins, dans un article paru dans *In Camera*, exprime son regret de ne pas avoir scanné en 4K *O'brother, where art thou ?*, car dit-il : « *le scan en 2K impose des compromis dans la qualité des images finales* »¹¹.

Parmi les matériels les plus utilisés actuellement pour le télécinéma et la numérisation en 2K ou 4K, on peut citer le Spirit DataCine de Philips et Kodak, commercialisé par Thomson Multimedia et complété d'une console d'étalonnage Pandora dans la chaîne de postproduction Cinesite, le Cineon de Kodak, actuellement retiré du marché et le Vialta ou FVS 1000 de Sony, dédié au format CIF haute définition numérique. Pour l'étalonnage numérique on peut citer le Pogle et le Megadepth de Pandora ainsi que le Da Vinci, et pour le retour sur film les imageurs comme le Solitaire Ciné 3 de Management Graphics, le Lightning 2 de Kodak, le Arrilaser de Arri ou encore l'EBR (Electron Beam Recorder) de Sony. Le Solitaire Ciné 3 est un imageur à CRT (Cathode Ray Tube) dont le principe consiste à utiliser un tube cathodique noir et blanc haute définition, avec un spot très fin, pour exposer chaque image du négatif par trois passages successifs au travers de filtres rouge, vert et bleu. Les systèmes Lightning 2 et Arrilaser sont conçus comme une lanterne de tirage additif, à la différence qu'ils utilisent trois faisceaux laser monochromatiques rouge, vert et bleu. L'EBR est le résultat du croisement d'un imageur laser et d'un imageur à CRT, car le faisceau d'électrons insole directement la pellicule.

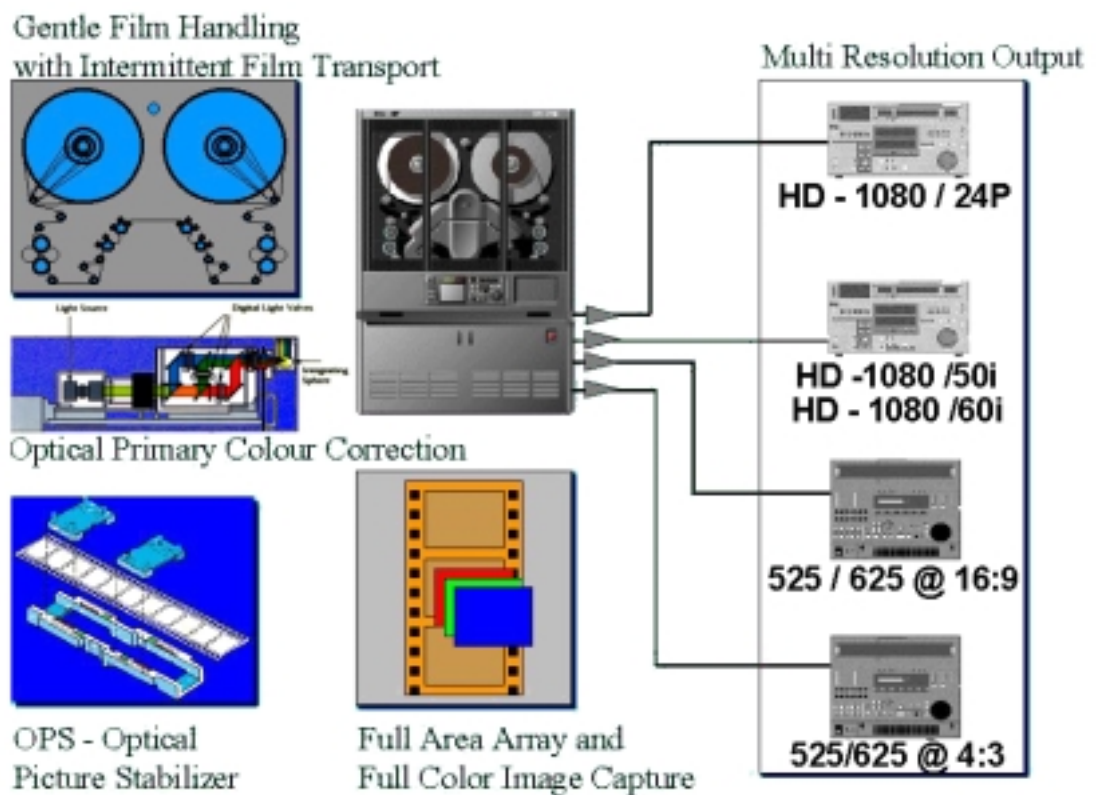
Chaîne de postproduction numérique ¹²

¹¹ *How Roger Deakins and the Cohen Brothers explored new territory in the digital suite*, In Camera, octobre 2000.

¹² SINTAS Matthieu, *L'étalonnage numérique des films*, Dossier Technique N°22, janvier 2000.



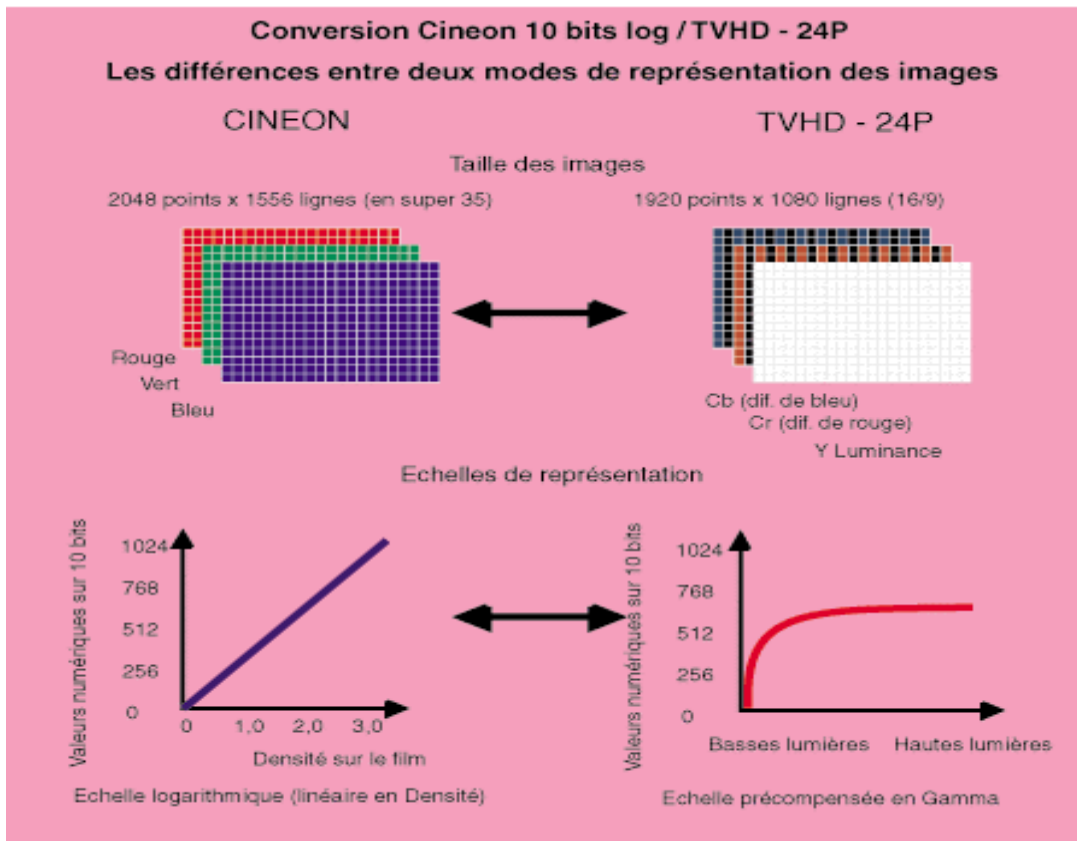
Télécinéma Sony Vialta FVS 1000 ¹³



L'étalonnage est basé sur un contrôle visuel et les conditions d'observation sont primordiales. Or, il est encore impensable aujourd'hui d'imager l'intégralité d'un long

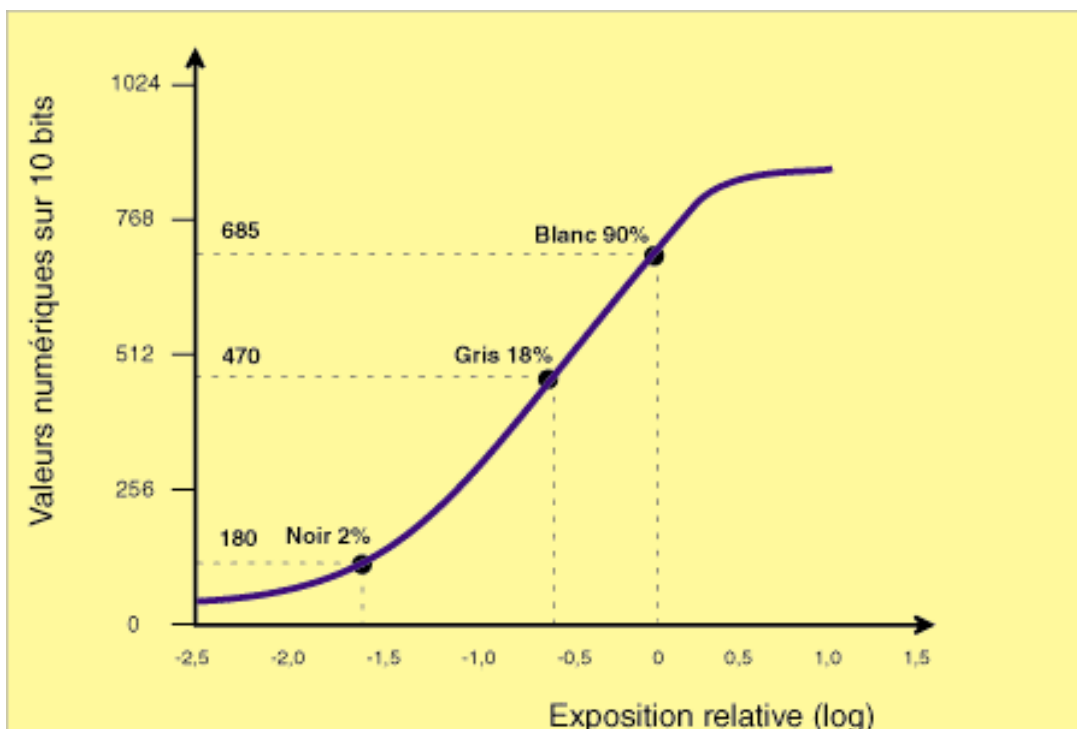
¹³ D'après un document Sony.

métrage pour, comme en film, tirer une copie de travail afin de contrôler et réajuster l'étalonnage. On procède uniquement à des essais de report sur film à partir de quelques plans de référence. Pour l'étalonnage de l'ensemble du film, la solution consiste à travailler avec un moniteur haute définition parfaitement calibré. Mais un moniteur n'a pas la même réponse qu'une projection film. S'ajoute à cela un problème de perception visuelle lié à la taille de l'image. Sur un petit écran l'œil évalue l'image d'une manière globale, alors qu'en projection il peut se déplacer dans l'image et suivre un détail. La solution idéale consiste à utiliser un projecteur numérique, même si ce dernier n'a pas non plus la même réponse qu'une projection film. Il faut donc trouver un compromis dans le calibrage de l'ensemble de la chaîne pour effectuer un étalonnage cohérent. L'étalonnage numérique se fait couramment à partir de formats informatiques dits « data » disponibles en sortie de scanner. Pour mesurer la quantité de lumière qui traverse le film, ces derniers sont équipés de capteurs CCD qui sont linéaires en luminance et délivrent un signal proportionnel à la transmission du film. Toutefois, la numérisation peut être soit linéaire, soit logarithmique. Les valeurs numériques sont ensuite placées sur la courbe du film. Cette conversion numérique amène quelques distorsions dans la représentation de l'image qui sont essentiellement des erreurs d'arrondi. De plus, des conversions répétées de l'un à l'autre format ont des conséquences visibles sur la qualité de l'image. La résolution la plus couramment utilisée à l'heure actuelle est le 2048 pixels par ligne, soit 2K, et pour les images nécessitant une très haute définition, le 4096 pixels par ligne, soit 4K. La numérisation s'effectue sur 8, 10 ou 12 bits par couleur primaire rouge, verte et bleue. Le format le plus répandu aujourd'hui en 2048 pixels par ligne est le 10 bits log Cineon créé par Kodak. Dans les scanners l'utilisant, les données sont converties en une échelle logarithmique proportionnelle à la densité, qui présente l'avantage d'être proche de la réponse du film, c'est-à-dire d'exprimer des écarts de contraste importants pour des valeurs réduites, et de respecter notre perception visuelle. A noter que Kodak et Tiffen sont en train de développer un logiciel pour le Cineon permettant de simuler le rendu des filtres optiques Tiffen. Le format CIF de la TVHD en 1920 pixels par ligne est lui aussi dédié au grand écran. Sa résolution est très proche du format 2K des effets spéciaux et des équipements comme le Spirit DataCine et le Vialta l'utilisent. Il n'existe pas encore de solution « temps réel » pour les télécinémas, les scanners, les traitements numériques et les imageurs travaillant dans ces formats haute définition, sauf pour le 1280 pixels par ligne hérité de la vidéo. Pour atteindre le temps réel, il faut réduire le débit des informations à traiter suivant trois opérations : la numérisation sur 8 ou 10 bits au lieu de 12, le sous-échantillonnage des voies de chrominance dans un rapport de 2:1 et la compression, avec dans certains cas un sous-échantillonnage global de l'image.



14

Valeurs de numérisation d'un négatif au format Cineon ¹⁵



¹⁴ SINTAS Matthieu, *L'étalonnage numérique des films*, Dossier Technique N°22, janvier 2000.

¹⁵ Document Kodak.

Actuellement, la durée d'un étalonnage numérique suivi d'un report sur film en haute résolution dépasse souvent celle d'un étalonnage traditionnel. Le temps supplémentaire de postproduction doit être pris en compte par rapport à un étalonnage photochimique qui dure environ deux semaines. Si l'on veut exploiter les possibilités du numérique, il faut plus de temps, sans compter les opérations de numérisation (scan) et de report sur film (shoot). Pour donner un ordre d'idée, un long métrage de 90 minutes est constitué de 130000 images, ce qui représente 1300 Go de données numériques après transfert du film sur disque dur. Le tableau¹⁶ ci-dessous rassemble les principaux types d'images, DV, HD et film, utilisés actuellement pour un tournage destiné à un report sur film. Il donne la taille d'un fichier image suivant le type de source et le poids des données pour un film de 90 minutes.

| Format | Résolution | Poids d'une image | 90 minutes |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------|
| Vidéo 625 lignes 4:2:2 | 720 points x 576 lignes en luminance (Y) 360 points x 576 lignes en chrominance (P _r et P _b) | 1 Mo (sur 10 bits) | 130 Go |
| Vidéo HD | 1920 points x 1080 lignes en luminance (Y) 960 points x 1080 lignes en chrominance (P _r et P _b) | 5 Mo sur 10 bits à 24 images/s (24p) | 650 Go |
| Cineon 10 bits log | 2048 points x 1556 lignes (RVB) | 10 Mo | 1300 Go |

Le temps de transfert est la durée des opérations d'acquisition des données et de report sur pellicule 35 mm. Le tableau¹⁷ ci-dessous donne les valeurs de ces temps de transfert pour le scanner et l'imageur.

| Scanner | Temps de transfert (film de 90 minutes) |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Le plus lent</i> : 25 secondes/image | 540 h (25 jours 24h/24) |
| <i>Le plus rapide</i> : 5 images/seconde | 8 h |
| Imageur | |
| <i>Le plus lent</i> : 40 secondes/image | 1400 h (60 jours 24h/24) |
| <i>Le plus rapide</i> : 3,5 secondes/image | 126 h (6 jours 24h/24) |

Dans le secteur de la publicité, du téléfilm et du clip, on assiste depuis la fin des années 90 à un recours de plus en plus fréquent à l'étalonnage numérique. Cette tendance, qui peut paraître naturelle en vidéo et pour le traitement des effets spéciaux, s'étend aujourd'hui jusqu'au secteur du long métrage sous l'impulsion de réalisateurs et de directeurs de la photographie souhaitant bénéficier des mêmes fonctionnalités en film. Le premier exemple à avoir marqué l'histoire est américain et il s'agit de Lucas Film qui a étalonné en numérique la copie de *Star wars episode I* destinée à la projection numérique. Deux versions ont été faites, en fonction du type de projecteur. Aux Etats-Unis, la société Cinesite, propriété de Kodak, a développé un système d'étalonnage numérique utilisant deux scanners de type Spirit DataCine et deux imageurs laser. Le Spirit DataCine de Philips convertit chacun des trois formats, 16

¹⁶ SINTAS Matthieu, *L'étalonnage numérique des films*, Dossier Technique N°22, janvier 2000.

¹⁷ SINTAS Matthieu, *L'étalonnage numérique des films*, Dossier Technique N°22, janvier 2000.

mm, Super 16 mm, et 35 mm dans tous les formats vidéo utilisés dans le monde aujourd'hui, y compris le 720p. Cinesite a, entre autres, effectué l'étalonnage de *O'brother, where art thou?* de Joël et Ethan Cohen, premier long métrage intégralement étalonné en numérique. Destiny 601, une société de Copenhague, a déjà étalonné en numérique trois longs métrages danois. En France, le dernier film de Jean-Pierre Jeunet, *Le fabuleux destin d'Amélie Poulain*, a lui aussi bénéficié de ce procédé. Des laboratoires comme GTC, Eclair ou Ex-Machina et des sociétés spécialisées comme Duboi développent des logiciels propriétaires mais il n'existe pas aujourd'hui de logiciel spécialement conçu pour l'étalonnage numérique. Sgi (Silicon Graphic Incorporated) est l'un des premiers fournisseurs au monde de systèmes informatiques hautes performances. Parmi les principaux secteurs d'activité de la société figurent le manufacturing, la vidéo et le broadcast (postproduction, effets spéciaux, serveurs vidéo), les télécommunications, l'énergie et les sciences. Sgi propose une large gamme de produits travaillant en HD, depuis les stations de travail comme les O2 et Octane 2 jusqu'aux serveurs et supercalculateurs hautes performances à architecture modulaire et expansible comme les Onyx 3000 SGI 1450 L et 1450 M, SGI 1200 L et 1200 M sous Linux et Windows NT et l'Origin 3000 (1 à 512 processeurs). D'autre part, de nombreuses cartes HD pour stations Sgi, mais aussi pour plates-formes Windows, sont actuellement disponibles. En effet, il existe maintenant des configurations très puissantes sur PC, rivalisant avec les stations de travail de type Sgi.

Communément appelés VFX, les effets spéciaux en postproduction ont donc eux aussi connu une véritable révolution depuis la fin des années 80. Les trucages numériques et les images de synthèse ont progressivement pris le pas sur les trucages traditionnels. Tourner directement en numérique facilite grandement la réalisation d'images truquées, particulièrement à partir d'une source haute définition. Cela permet tout d'abord un plus grand contrôle sur l'image grâce au moniteur HD, qui est très utile lors de l'utilisation de fonds d'incrustation. La réalisation des effets spéciaux en basse définition directement sur le plateau devient plus pratique à gérer pour l'équipe de truqueurs. Contrairement au cas d'un rush 35 mm scanné, la qualité de l'image haute définition est conservée à l'identique sur l'ensemble de la chaîne numérique. En effet, comme nous l'avons vu pour l'étalonnage numérique, l'acquisition d'un film se fait couramment en 2K, ce qui est acceptable mais reste en dessous de la résolution moyenne du film négatif 35 mm. La logique de travail en « tout numérique » a donc pour deuxième conséquence de faire chuter les coûts de production des VFX puisqu'il n'y a plus besoins de numériser les images. Enfin, la haute définition permet le mélange des formats argentiques et numériques. La combinaison avec différents formats vidéo numérique standards est également autorisée, lorsque la résolution de la haute définition n'est pas nécessaire. Ainsi Pitof déclare avoir tourné certains éléments de son film en DVcam.

Quand le chef opérateur et le réalisateur décident de donner une teinte particulière à l'image ou de créer des effets spéciaux, ils peuvent donc avoir recours aux outils numériques. Le choix se pose pour de telles productions de tourner directement en numérique avec un caméscope comme le Cinealta ou en 35 mm pour ensuite scanner le film. Une telle décision sera, à l'avenir, déterminée par le procédé offrant la meilleure rentabilité financière et par l'évolution des caméras haute définition, des scanners et des imageurs, qui sont pour l'instant lents et coûteux. *« Incontestablement, la postproduction deviendra numérique même si aujourd'hui encore, avec les équipements dont nous disposons, elle demeure coûteuse pour des*

films qui ne recherchent pas d'effets particuliers et peuvent se contenter d'une postproduction classique »¹⁸. A l'heure actuelle, les coûts de ces deux procédés étant très proches, la question se pose en terme esthétique. La texture des images numériques est lisse et leur rendu sur support film s'en ressent. On ne retrouve pas dans ce type d'images le « grain film » caractéristique de l'argentique. L'intégration transparente d'images issues d'une prise de vues sur support numérique haute définition à un film composé d'images issues d'une prise de vues sur support argentique 35 mm est difficile à obtenir. Toutefois, on peut tenter de s'en approcher en respectant certaines directives imposées par le laboratoire qui effectuera le report sur pellicule 35 mm. Les paramètres d'éclairage, le type de sources utilisées, l'exposition, le travail sur la courbe sensitométrique et l'étalonnage à respecter pour faciliter un retour sur pellicule laissent beaucoup moins de latitude qu'en 35 mm. Certains affirment en effet que : « *La HD 24p n'est pas suffisante, ce n'est pas du 2K complet et elle ne possède pas la même profondeur dans l'échantillonnage des couleurs. Cela reste un signal vidéo à trame progressive et non un fichier numérique permettant un traitement très propre de chaque image prise isolément. La vidéo 24p n'est pas adaptée à la postproduction de qualité cinéma.* »¹⁹. En fait, tourner en vidéo numérique se résume souvent à paramétrer la caméra au mieux pour préparer un étalonnage optimal. Mais, sur ce point encore, on trouve plusieurs démarches, cette fois-ci chez les opérateurs. Ainsi, Philippe Ros, chef opérateur, bénéficie d'une expérience approfondie sur les Digital Betacam et sur la HDcam. En dehors de son intérêt pour l'ensemble de la chaîne de production numérique, il s'est penché sur les possibilités de pré-étalonnage à la prise de vues, envisageables dans le cas de productions modestes. Son but était également, comme il le précise à propos de la HDcam, de « *pousser la caméra dans ses retranchements* »²⁰. D'autres comme Pitof, Jean-Pierre Sauvare et Jean Rabasse ont concentré leurs efforts sur l'optimisation des réglages en vue d'une postproduction très élaborée.

Le retour sur film par un imageur est donc une opération qui devient de plus en plus courante et performante mais qui reste coûteuse. Le kinéscopage, qui consiste à reprendre directement l'image d'un écran vidéo avec une caméra film, est bien sûr moins coûteux mais aussi de moins bonne qualité. « *Toujours dans le cas d'un film tourné et projeté en 35 mm, l'investissement global pour le scanner, le correcteur colorimétrique, le super calculateur, l'imageur et le magnétoscope haute définition représente à peu près 15 MF. La prestation équivalente en photochimique, qui comprend aussi le développement des négatifs, tirage et étalonnage des inter et une copie de travail, est actuellement facturée environ 450 KF pour un film de 90 minutes.* »²¹. En effet, sur le plan financier, un tournage en 35 mm accompagné d'un retour sur film ne présente aucune économie dans les coûts de production. Au contraire, il revient plus cher si l'on considère le prix du report sur film de l'intégralité d'un long métrage. La question est de savoir quel surcoût est acceptable pour une postproduction numérique et quelle production sera capable d'en payer le prix. Il est difficile de rentabiliser une telle prestation, mais les avancées récentes de la projection numérique pourraient grandement aider le développement du cinéma numérique. En effet, les problèmes que je viens d'évoquer sont principalement liés aux mélanges des technologies photochimiques et numériques. Dans la perspective d'avenir d'un

¹⁸ *L'intermédiaire numérique au service de la création*, Actions N°13, automne 2000.

¹⁹ *L'intermédiaire numérique au service de la création*, Actions N°13, automne 2000.

²⁰ Conférences du « *Festival Cinealta* » (Sony France), 11 et 12 octobre 2000.

²¹ DUCLOS Françoise (Kodak), *Gestion des couleurs dans le cadre des chaînes de traitement d'images numériques*, Dossier Technique de la CST N°18, juin 1999.

tournage et d'une diffusion entièrement électroniques, l'étalonnage numérique s'insèrera aussi naturellement que l'étalonnage photochimique dans les laboratoires traditionnels. Le coût de la chaîne « tout numérique » va évidemment se démocratiser, à l'insu de la postproduction numérique à partir de rushes 35 mm. Avec les possibilités créatives offertes par le numérique, il sera bientôt plus facile et beaucoup moins onéreux de tourner directement en HD. Reste à savoir si cette solution deviendra une réalité sur une durée compatible avec l'amortissement des équipements.

3. La vidéo numérique haute définition aujourd'hui

Actuellement, le monde du numérique et le monde du cinéma se heurtent frontalement en un conflit dont l'enjeu n'est pas simplement technique mais surtout économique. L'image numérique de résolution 1920 x 1080 est proche du 2K qui est reconnu comme le format d'analyse du film. Pour l'instant, l'exploitation d'un film tourné en HD / 24p passe forcément par le retour sur film en fin de chaîne grâce à un imageur. Malheureusement, lors des différentes présentations professionnelles organisées en France (journées Cinealta et conférence du Satis), il n'y a pas eu de projection en 35 mm d'images tournées en HDcam puis imagées sur film. En attendant la sortie de *Vidocq*, on peut aisément croire Pitof qui déclare que le rendu de ce type d'images est différent de celui d'images tournées en 35 mm. Mais le mélange et le transfert des formats sont devenu pratique courante, l'œil du spectateur s'habituant progressivement à la dynamique des images numériques « adoucies » par le report sur pellicule.

D'autre part, la technologie 24p et son adaptabilité à de multiples formats offrent de nouvelles ouvertures à des partenariats orientés vers la production et les échanges de programmes internationaux. Une coproduction entre un pays à 50 Hz et un pays à 60 Hz devient techniquement beaucoup plus simple et toute la souplesse du numérique s'offre à des productions exigeant la qualité cinéma. Bien entendu, les économies de budget ne sont pour l'instant pas notables et elles dépendront évidemment des styles de film. Parmi les matériels de prise de vues haute définition disponibles sur le marché, le Cinealta 24p de Sony est particulièrement adapté à des films de fiction modernes et dynamiques, incorporant des effets spéciaux, alors que le DVC Pro 100 HD de Panasonic, de par son encombrement réduit, se veut plus adapté aux fictions télévisuelles et aux reportages.

3.1. Les origines

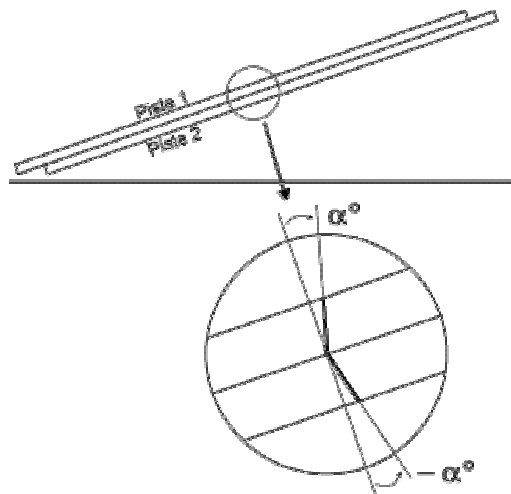
Enregistrer les images analogiques diffusées lors des débuts de la télévision, vers 1938 en France, a longtemps été un défi technique impossible à relever. C'est ainsi que les fictions, mais aussi les actualités, ont été filmées en 16 mm pendant de longues années. Les fictions le sont encore majoritairement, aujourd'hui en Super 16 mm, mais il s'agit d'un choix technique et non d'une obligation. Il faudra attendre 1956 pour que soit commercialisé le premier magnétoscope noir et blanc, alors que les émissions en couleur ont commencé en 1953 aux Etats-Unis. Cette situation vaudra aux télécinémas d'être utilisés comme machine de diffusion des films jusque dans les années 80. Quelques inventions de base ont marqué les grandes étapes de l'évolution

des magnétoscopes, de l'analogique au numérique, et ont permis d'obtenir les formats compacts et peu coûteux que l'on connaît aujourd'hui.

La cassette permet une manipulation facile des enregistrements et le déchargement de la bande sans qu'il soit nécessaire de rembobiner au début. La difficulté technique dans la conception des magnétoscopes à cassettes réside dans la réalisation du mécanisme de chargement qui devra sortir la bande pour l'enrouler autour du tambour. Plus cet enroulement est important et plus le mécanisme de chargement devient compliqué. Dans certains cas, comme l'enroulement en « α » où la bande fait un tour complet autour du tambour, l'usage des cassettes est impossible. Le choix, à l'origine, de deux têtes et d'un enroulement à 180° permet un chargement facile.

L'invention de l'azimut incliné alterné marque également une étape importante de l'évolution de la vidéo. « Dans les vieux formats analogiques comme le 2" Quad, le 1" B et le 1" C, les têtes vidéo ont un azimut perpendiculaire aux pistes et il faut ménager un espace de garde entre les pistes pour éviter la diaphonie. Pour les formats qui ont un nombre de têtes pair, l'azimut de chaque tête est incliné de quelques degrés (en général 15° maximum) en inversant le sens une tête sur deux, de manière à ce que deux pistes jointives aient des azimuts « croisés ». »²². Ce procédé réduit suffisamment la diaphonie pour qu'il soit possible de supprimer l'espace de garde entre les pistes. Il en résulte une économie importante de la consommation de bande et une autonomie d'enregistrement accrue. Cette technique est toujours utilisée par les magnétoscopes numériques.

L'azimut incliné alterné²³



Enfin, les composantes analogiques, apparues en 1982, ont été un progrès significatif qui a permis de réaliser des effets de plus en plus complexes : mélanges, incrustations sur fond bleu, etc. La norme technique N10 de l'UER définit les trois signaux des composantes analogiques qui sont obtenus à partir des signaux primaires rouge, vert et bleu pré-correctés en gamma :

- Y : signal de luminance (avec synchro)
- R-Y : signal de différence de couleur rouge (sans synchro)

²² SINTAS Matthieu, *Les formats d'enregistrement vidéo numériques*, Dossier Technique de la CST N°20, octobre 1999.

²³ SINTAS Matthieu, *Les formats d'enregistrement vidéo numériques*, Dossier Technique de la CST N°20, octobre 1999.

- B-Y : signal de différence de couleur bleue (sans synchro)

Aujourd'hui, les formats haute définition enregistrent toujours ces mêmes signaux mais sous forme numérique et avec une résolution supérieure.

3.2. Les avantages de la haute définition

« De nombreux points communs peuvent être trouvés avec les outils vidéo. Il faut bien voir que la vidéo, elle-même, a évolué drastiquement au cours de ces dernières années. Limitons-nous donc aux technologies récentes numériques. Autour de la vidéo, il se dégage rapidement les termes de simplicité et de souplesse. Ces points se retrouvent dans la vidéo numérique haute définition. Les copies se font simplement avec deux magnétoscopes. Visionner ne requiert aucune manipulation complexe. Le caméscope peut être paramétré ou rapidement remis aux réglages standards. Le montage off-line est une pratique standard très optimisée. Les matériels sont de mêmes dimensions que les équipements Betacam ou Digital Betacam, on retrouve immédiatement les mêmes accessoires et systèmes autour des produits. Toutes les facilités qu'apporte un média amovible, peu encombrant, tel que la cassette, sont hérités de la vidéo »²⁴, déclare Pascal Kerloch. Il est bien entendu possible en vidéo d'enregistrer plusieurs fois sur la même cassette, chose impensable en argentique. De plus, le principe fondamental du numérique est qu'il possède toutes les caractéristiques des fichiers informatiques et se recopie sans perte. Ainsi, en haute définition, de nombreux duplicata semblables à l'original peuvent être réalisés via un mode de copie appelé SDTI. D'où l'avantage du numérique par rapport au film qui, à travers les étapes entre un négatif de tournage et un positif de projection, subit des pertes de définition intermédiaires. En effet, il ne faut pas oublier qu'en film, la seule résolution qui compte est celle du positif de projection, qui est loin d'atteindre celle du négatif de prise de vues. Le tournage en Cinealta gagnerait alors en rentabilité car pour l'instant, d'après Pitof, l'utilisation d'une telle caméra ne permet pas de faire de grande économie par rapport au tournage sur support argentique.

Il est aussi très simple et sans danger de changer de support, tantôt cassette, tantôt serveur, via des réseaux de téléphonie à hauts débits. Les transports et l'archivage sont ainsi facilités. Il faut souligner ici l'énorme avantage du numérique par rapport au film quant à ce genre de manipulations. Les trucages étant facilement appliqués sur des rushes numériques, ces nouveaux moyens de production, amèneront certainement les effets spéciaux à la portée des budgets de nos productions hexagonales. Mais le capteur d'une caméra numérique est un dispositif électronique alors que l'émulsion film est un dispositif photochimique. La résolution de la HD est encore en-dessous de celle du film, d'autant plus qu'il y a de la compression dans la plupart des systèmes, sauf dans le magnétoscope D6 VooDoo de Philips et dans le prototype de caméra LDK 7000 de Thomson. Toutefois, pour permettre un tel progrès dans la qualité des images vidéo et pour faire face aux énormes débits numériques générés par le grand nombre de pixels, les nouveaux outils haute définition utilisent une technologie différente des traditionnels Pal, Secam, NTSC et même des composantes numériques SDI 625 lignes ou 525 lignes. Toutefois, la plupart des magnétoscopes HD sont encore équipés de convertisseurs (down converters) qui permettent une copie en Pal ou en NTSC, ceci à des fins de visionnage ou de montage off-line.

²⁴ KERLOCH Pascal, L 'image numérique toujours plus haut , Sonovision N°444, octobre 2000.

Les performances sont très différentes entre une caméra 1080i équipée d'un zoom électronique de télévision et une caméra 24p munie d'une optique film. Peter Wilson, de Snell & Wilcox, a énuméré les avantages et les inconvénients du 24p : « *Au tournage, les longueurs focales liées à la faible taille du capteur CCD ne favorisent pas l'obtention d'une profondeur de champ réduite, d'autant que le séparateur optique RVB limite l'ouverture maximale à 1,6. Le viseur électronique ne permet pas le cadrage du hors champ comme un viseur optique de caméra film. De plus, il montre l'effet stroboscopique du 24 Hz. Les solutions sont l'utilisation d'optiques à grande ouverture, accompagnées de filtres de densité neutre en cas de forte intensité lumineuse et la mise au point de caméra avec viseur optique. Pour les moniteurs, l'affichage à 48 Hz en segmented frame réduit l'effet stroboscopique (judder), et à 72 Hz le flicker* »²⁵. Les équipements HD 60 Hz sont souvent commutables en 24p, grâce au CIF (Common Image Format) et au CDR (Common Data Rate), et les convertisseurs de formats permettent tous les transferts avec un bon niveau de qualité. Ces équipements sont disponibles grâce à la forte demande émanant des États-Unis et du Japon. Mais les hauts débits de la HD et du 24p nécessitent une réduction de débit dans les appareils de prise de vues et en diffusion : « *Le Mpeg-2 est généralement utilisé, car il est standardisé et permet de conserver un bon niveau de qualité. La technologie Mole permet de transmettre dans le signal image les paramètres de la première compression jusqu'à la dernière. En cas de compressions en cascade, la dégradation de qualité est minimale. Un décodeur Mpeg-2 compatible Mole inclut ces paramètres dans le signal vidéo décompressé. Les décisions de codage (comme la structure de blocs) sont ainsi transmises au codeur chargé de recompresser le signal. On retrouve des technologies similaires chez Sony ou Thomson avec le Helper Channel.* »²⁶.

3.3. La future HDTV

Depuis une vingtaine d'années, l'industrie mondiale de la télévision parle de HDTV et le projet initial a connu de nombreux bouleversements. Récemment, grâce à l'impulsion du numérique, une norme mondiale a décidé que le futur de la HDTV serait dans les formats numériques. Cette norme annonce aujourd'hui un ou des standards universels. Mais il y a des problèmes potentiels ou au moins des questions qui demeurent sans réponses : « *Aujourd'hui, nous ne savons toujours pas dans quel format ces images numériques de haute qualité seront transmises jusqu'aux écrans des téléspectateurs. Tandis que l'Europe attend de voir, la Commission Fédérale des Communications aux Etats-Unis (FCC) a pris quelques décisions importantes en avril 1997 (...). Elle a annoncé qu'en 2006, toute la diffusion télévisuelle aux Etats-Unis serait numérique. Cette année-là, la télévision numérique (DTV) rendra toute la technologie actuelle des émetteurs et de nos récepteurs obsolètes (...). S'il n'y a pas assez de consommateurs équipés de TV numérique, cette date sera repoussée. Plus important, la FCC a renoncé à la lutte pour des normes techniques communes. Elle n'a pas décidé de la norme pour la DTV, de la fréquence de balayage, du format d'image, du nombre de lignes de résolution, etc. Au lieu de cela, elle a approuvé une variété des formats proposés, et a indiqué que le marché devrait décider lequel*

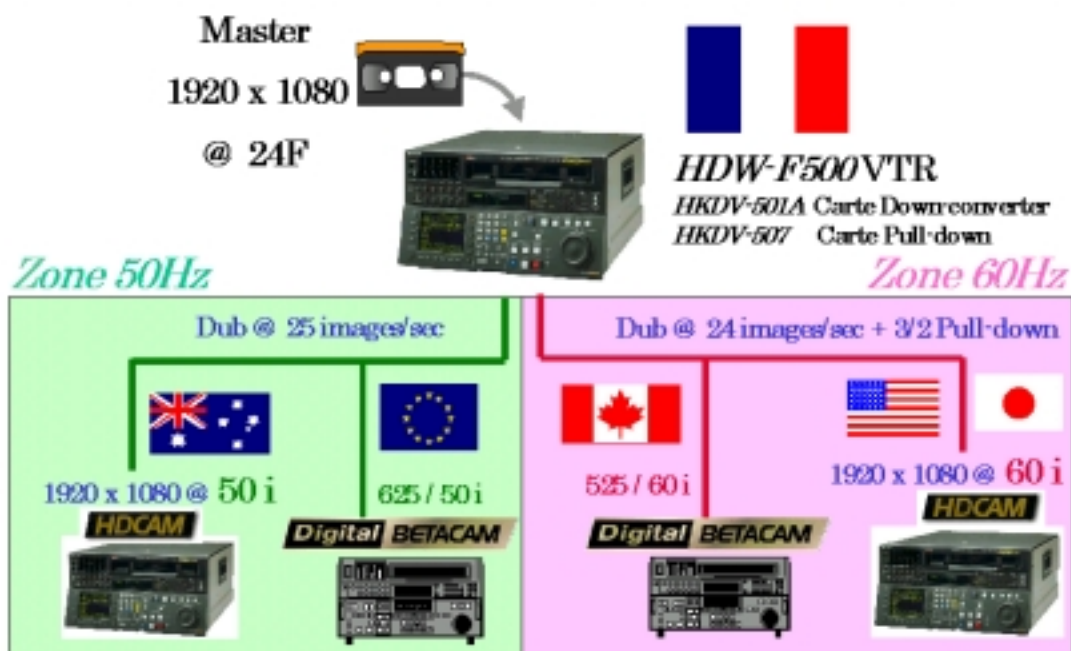
²⁵ BOSQUILLON Sophie et PIGEON Jacques, *La HD numérique et le 24p*, Dossier Technique de la CST N°26, juin 2000.

²⁶ BOSQUILLON Sophie et PIGEON Jacques, *La HD numérique et le 24p*, Dossier Technique de la CST N°26, juin 2000.

s'imposera. »²⁷, souligne Jean Fabien Dupont. Cela signifie que la télévision numérique peut être haute définition (HD), définition standard (SD), écran large 16/9 ou 4/3. Les télé diffuseurs voulant offrir de meilleures images en numérique qu'en analogique, on peut supposer que leurs programmes seront bientôt disponibles dans plusieurs formats numériques.

Pour ce faire, les différents formats de HDTV mis en place de part le monde peuvent être obtenus à partir d'un signal HD / 24p en 1920 x 1080. Actuellement, les chaînes de télévision NTSC, Pal ou Secam peuvent recevoir dans leur standard propre, un prêt à diffuser (PAD) tiré d'un master unique en 24p. Il en est de même pour le DVD, qui préserve en plus le format 16/9 de la HD mais pas sa résolution ! Ainsi, tourner pour la télévision dans le format 24p présente deux avantages. D'une part, grâce aux magnétoscopes équipés d'une carte, le signal se convertit automatiquement selon les exigences des chaînes de télévision en Pal, Secam, NTSC, 50 Hz ou 60 Hz. Une coproduction entre deux pays 50 Hz et 60 Hz pourra donc se faire en numérique 24p. D'autre part, tout comme le film 35 mm, ce format s'adapte parfaitement aux exigences de qualité des futurs récepteurs de télévision HDTV grand public. Certaines chaînes regretteront alors d'avoir tourné leurs programmes de stock en 16 mm et en Digital Betacam car la définition de ces formats est inférieure à celle de ces futurs récepteurs. A ce titre, de nombreuses séries télévisées sont déjà produites en HD outre-atlantique.

Distribution mondiale de programmes ²⁸

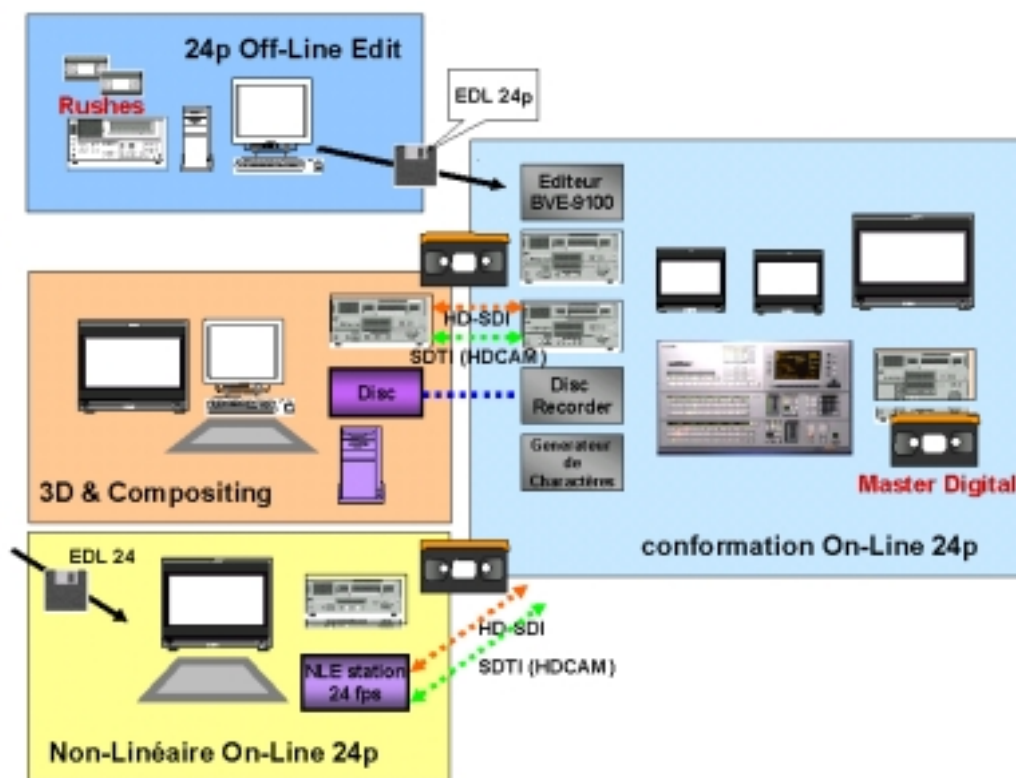


Parmi les acteurs de la HDTV, Chyron Pro Bel est un constructeur de logiciels d'habillage, de mélangeurs, de régies et de grilles de commutation dont la gamme s'étend aujourd'hui à la HDTV. Actuellement, les mélangeurs HD permettent l'application d'effets de transition en temps réel, ainsi que les opérations de base comme les corrections colorimétriques et les interventions sur le gamma.

²⁷ DUPONT Jean Fabien (Kodak), *Le Film et le futur de la captation des images*, conférence publiée dans le SMPTE Journal (Society of Motion Picture and Television Engineers) et traduite par Matthieu SINTAS dans le Dossier Technique de la CST N°23, février 2000.

²⁸ D'après un schéma Sony.

Postproduction télévisée en 24p ²⁹



4. L'évolution des métiers et les pratiques professionnelles

Au cours de l'histoire du cinéma, les métiers n'ont cessé d'évoluer. Chaque évolution technique a engendré une mutation des professions. L'arrivée du parlant a fait couler beaucoup d'encre. Jusque dans les années 60, l'opérateur faisait le cadre et la lumière et avait un opérateur adjoint qui cadrait sur la deuxième caméra. Le passage des caméras Mitchell aux nouvelles caméras de cinéma plus perfectionnées et plus intégrées, comme la Arri BL ou la Panaflex, fut à l'origine d'une révolution dans les métiers et les habitudes professionnelles. Aujourd'hui, la Panavision Millennium, la Arri 5-35, la Arricam ou l'A-minima poursuivent dans cette voie mais le réel changement s'opère avec l'arrivée des caméscopes numériques. Comme le Digital Betacam avant lui, le caméscope Cinealta apporte de nombreuses modifications quant au rôle de chacun sur un plateau. Or, une nouvelle technologie est toujours comparée avec celles existantes au jour où elle arrive sur le marché. « *Le concept du Cinealta ne conduit pas à bouleverser les habitudes et les méthodes de travail, mais à pousser plus loin les limites actuelles. Il permet de conserver la méthodologie de production de films qui a déjà fait ses preuves. A cela il ajoutera sans doute une plus grande liberté dans le travail de plateau.* »³⁰, écrit Pascal Kerloch dans L'image numérique toujours plus haut. La conférence du Satis 2000, Le cinéma numérique vu par ses utilisateurs. De Pitof à Wim Wenders, a permis de faire le point avec Pascal Kerloch de Sony France sur le format 1080 / 24p, la production en haute définition avec Pitof, réalisateur de *Vidocq*, premier long métrage

²⁹ D'après un schéma Sony.

³⁰ KERLOCH Pascal, *L'image numérique toujours plus haut*, Sonovision N°444, octobre 2000.

de fiction entièrement tourné avec la caméra numérique haute définition HDW-F 900 de Sony, la postproduction avec Pascal Giraud, directeur de postproduction de Rigolo Films 2000, producteur de *Vidocq*, Antoine Simkine, PDG de Duboicolor, Eric Bléreau de VDM, et la projection numérique en salle avec Jean-Yves Rabet, responsable de la projection numérique chez Gaumont. Au cours du Forum européen du film numérique, « Songe d'une nuit DV », qui s'est déroulé les 17, 18 et 19 novembre 2000 à Saint-Denis, en plus des projections de 24 films européens inédits, des professionnels se sont réunis pour s'interroger sur l'avenir et l'influence des nouvelles technologies sur notre profession. Pitof, Tommaso Vergallo, directeur des productions Duboicolor, le producteur de Galatée Films Jean de Tregomain, l'ingénieur du son Pascal Chedeville, les réalisateurs René Feret et Tomas Petran et les chefs opérateurs Jean-Robert Viallet et Jean-François Robin étaient présents. Le débat « La qualité est-elle soluble dans le numérique ? » a permis d'entendre Pitof s'exprimer sur son expérience du tournage en haute définition. Voyons donc, en fonction des métiers, ce qu'apporte ce nouvel outil.

4.1. Le réalisateur

Après le tournage en 24p du clip de U2, *The ground beneath her feet*, Wim Wenders déclarait : « *La 24p a réellement créé son propre royaume, avec un look et une esthétique (...). Tourner avec un moniteur HD sur le plateau est une vraie drogue* »³¹. En effet, le réalisateur n'est plus gêné par le rendu médiocre de la visée vidéo des caméras film. Il peut contrôler le rendu du travail du chef opérateur, enregistrer et revoir facilement la prise afin de déterminer s'il est nécessaire de la refaire. « *Le contrôle instantané de l'image sur le plateau est possible. L'équipe, réalisateur - chef opérateur, est affranchie de tous délais avant de voir les rushes. En effet, la relecture immédiate de chaque prise, est un atout notable. On contrôle la pleine qualité, en numérique et en couleur, dès que cela est nécessaire. Cette pratique peut être généralisée à toutes les prises ou seulement réservée pour contrôler un raccord lumière ou revoir une prise de vue délicate et difficile.* »³², déclare Pascal Kerloch. Tourner en 24p permet aussi de ne plus avoir à se soucier de la quantité de pellicule utilisée. C'est un réel confort psychologique et une liberté supplémentaire pour le réalisateur. Toutefois, multiplier les prises et les axes présente toujours le risque d'allonger la durée de tournage et de postproduction. A la suite du tournage de *Vidocq*, Pitof relatait son expérience de la HD en disant : « *Ma première surprise, lors des essais, a été de constater la grande sensibilité de la caméra en basses lumières. Ceci m'a permis de minimiser les éclairages et de capter toute la réalité de l'instant. Sans compter que le tournage en vidéo est beaucoup moins contraignant (grâce à des cassettes de longue durée), et qu'il permet un visionnage immédiat des scènes enregistrées. De surcroît, pour un film tel que « Vidocq » dont 80% des scènes sont retravaillées en postproduction, l'acquisition en numérique évite les opérations de transfert, ce qui représente un gain de temps et d'argent considérable.* »³³. Joël Santoni, réalisateur de la série télévisée *Une famille formidable*, tournée en Digital Betacam, déclare que ce genre d'outil laisse plus de liberté créatrice au metteur en scène. Il s'explique en argumentant : « *Le numérique est une sorte de Viagra pour les réalisateurs de télévision. Je suis un réalisateur rapide et pour moi cela est très intéressant. Cela me donne le moyen de refaire des choses. Avec le film, vous ne*

³¹ Scene to screen, automne 2000.

³² KERLOCH Pascal, *L'image numérique toujours plus haut*, Sonovision N°444, octobre 2000.

³³ Sony Vision N°31, novembre 2000.

pouvez parfois rien faire si vous n'êtes pas satisfait des rushes, parce que vous les recevez 48 heures plus tard et vous n'êtes plus sur le même décor. Avec le Digital Betacam, vous pouvez voir les résultats pendant la prise de vues. »³⁴.

4.2. Le directeur de la photographie

Jean-Francis Gondre, chef opérateur de la série télévisée *Une famille formidable* et du téléfilm *La vocation d'Adrienne* travaille en Digital Betacam. Il déclare : « *Sur un procédé qui est tout à fait nouveau, il faut savoir qu'entre votre appareil, c'est-à-dire l'électronique de la caméra, les moniteurs sur lesquels vous allez travailler, (...) l'un réservé à la prise de vues, l'autre pour la mise en scène, et selon le lieu, le laboratoire pour la finition avec lequel vous allez travailler, il est très important que cette chaîne soit cohérente, étalonnée et vérifiée tous les matins. (...) Ce qui a l'air très étrange pour un opérateur c'est que la cellule a disparu complètement (...) et l'image se construit sous vos yeux sur un écran numérique (...), cela ne supprime pas, loin de là, le travail de finition.* »³⁵. Un moniteur HD numérique de référence parfaitement étalonné est indispensable sur un plateau. Il devient un outil fiable pour le contrôle de l'exposition et de la colorimétrie : il donne un rendu de l'image identique à celui enregistré par la caméra. Il permet donc au directeur de la photographie de dialoguer avec l'étalonneur à partir de la même référence visuelle. La conception de la lumière et sa construction sur le plateau reste la même qu'en film mais la méthode et l'organisation du travail sont sensiblement différentes. En effet, l'image doit être parfaitement posée car la vidéo numérique n'offre qu'une faible latitude de pose comparée à la pellicule. Le chef opérateur peut abandonner sa cellule et contrôler en permanence son travail sur le moniteur, mais le premier point à déterminer est le ou les choix de valeurs d'exposition. Ensuite, s'il est aidé d'un assistant opérateur ayant des compétences proches de celles d'un ingénieur de la vision, un pré-étalonnage peut se faire à la prise de vues grâce au réglage des paramètres électroniques de la caméra. Ces paramètres ne concernent pas uniquement l'exposition et la colorimétrie mais aussi la recherche d'une dynamique et d'un contraste adaptés au type d'image et à la demande esthétique du film. Ainsi, Philippe Ros, chef opérateur, s'est depuis longtemps intéressé aux menus des Digital Betacam, et récemment de la HDcam : « *Je suis rentré dans les menus pour éclaircir des zones de l'image et pour redonner des valeurs de contraste (...), c'est ça l'intérêt de cet outil, c'est qu'on a tout d'un coup une possibilité assez grande d'intervenir dans des situations difficiles* »³⁶. Toutefois, il est nécessaire que l'opérateur ou l'assistant contrôle en permanence l'image durant les prises.

4.3. Le superviseur des effets spéciaux

Il est déjà courant que le superviseur des effets spéciaux se déplace sur le plateau pour assister l'équipe dans le tournage de plans qui seront truqués en postproduction. Mais grâce au caméscope Cinealta, il pourra travailler les images en basse définition et en temps réel sur un ordinateur portable et donner une pré-visualisation des effets spéciaux sur le plateau. De plus, il décidera de tourner certains éléments en HDcam, en Digital Betacam ou encore en DVcam selon les nécessités. En effet, un élément qui va être réduit en taille puis intégré en postproduction dans un

³⁴ Site www.pro.sony-europe.com, septembre 2000.

³⁵ GONDRE Jean-Francis, conférences du « *Festival Cinealta* » (Sony France), 11 et 12 octobre 2000.

³⁶ ROS Philippe, conférences du « *Festival Cinealta* » (Sony France), 11 et 12 octobre 2000.

plan ne nécessite pas forcément d'être tourné dans un format de haute résolution. Comme je l'ai dit précédemment, Pitof a eu recours, durant le tournage de son film, à différents types de caméras vidéo, allant de la paluche raccordée à un enregistreur DVcam jusqu'à la HD, en passant par des caméras DVcam de type PD-100, le tout étant finalisé sur un support HDcam.

4.4. L'assistant opérateur « ingénieur de la vision »

Dans le cadre d'un tournage en vidéo numérique haute définition, l'assistant opérateur occupe une fonction qui, sous certains aspects, peut se rapprocher de celle de l'ingénieur de la vision en télévision. A l'heure actuelle, on peut voir des tournages où les deux postes coexistent, à moins que ce ne soit le premier assistant opérateur qui remplisse ces deux fonctions. Toutefois, ce dernier conserve un rôle remarquablement différent et ne se transforme pas en véritable ingénieur de la vision tel qu'on le conçoit en télévision. Avec l'avènement du « cinéma numérique » on assiste donc à une évolution du métier d'assistant opérateur qui requiert dorénavant des compétences en vidéo, en électronique, mais aussi en informatique. En effet, Jean-François Gondre met l'accent sur la *« formation des assistants opérateurs (...) qui deviennent en parallèle ingénieurs de la vision (...), le mot « ingénieur de la vision » est peut-être un peu fort (...), c'est simplement quelqu'un qui sait gérer l'électronique de la caméra, l'ordinateur que représente cette caméra, et qui sert à entrer un certain nombre de filtres et de programmes à la demande de l'opérateur (...). C'est une équipe à trois, c'est-à-dire que dans ce cas précis j'étais opérateur-cadreur, donc j'avais quelqu'un qui était en permanence au contrôle derrière le moniteur, isolé dans le noir, le rôle du premier devenant celui d'ingénieur de la vision »*³⁷. Comme en Digital Betacam, l'assistant opérateur est responsable des réglages internes de la caméra. Il doit donc apprendre à effectuer les réglages appropriés sur la caméra en fonction des volontés esthétiques du chef opérateur. Les optimisations sont réalisées en temps réel avant chaque prise de vues, souvent par l'intermédiaire d'une télécommande reliée à la HDcam : la RM-B150. L'assistant opérateur participe ainsi à la création de l'image du film. Son travail se rapproche alors de celui d'un ingénieur de la vision, responsable de la bonne qualité du signal. Ainsi, trois moniteurs sont nécessaires : un pour le directeur de la photographie, un pour l'affichage des menus et un pour l'équipe mise en scène. Pour obtenir de meilleures conditions de visionnage, l'assistant peut être isolé avec les moniteurs sous un borniol noir, constituant une tente, ou parfois même dans un mini car régie. Lorsque la production le permet, comme ce fut le cas pour *Vidocq*, il est préférable qu'il y ait trois assistants : un pointeur chargé du réglage des menus, un second aux moniteurs auprès du directeur de la photographie, et un troisième s'occupant des accessoires et des cassettes. Grâce au tournage en numérique, le second assistant opérateur se voit déchargé du travail long et fastidieux du compte pellicule : plus de stock ni de chutes à gérer, plus de changements d'émulsion. L'autonomie de la cassette permet de ne plus avoir à interrompre le tournage aussi fréquemment : 40 minutes en 30 images/s et 50 minutes en 24 images/s (pour les petits boîtiers). De la même manière que l'on numérote consciencieusement les bobines de film, il convient d'être rigoureux quant à l'identification des rushes. Ainsi, on numérote les cassettes en utilisant le time code.

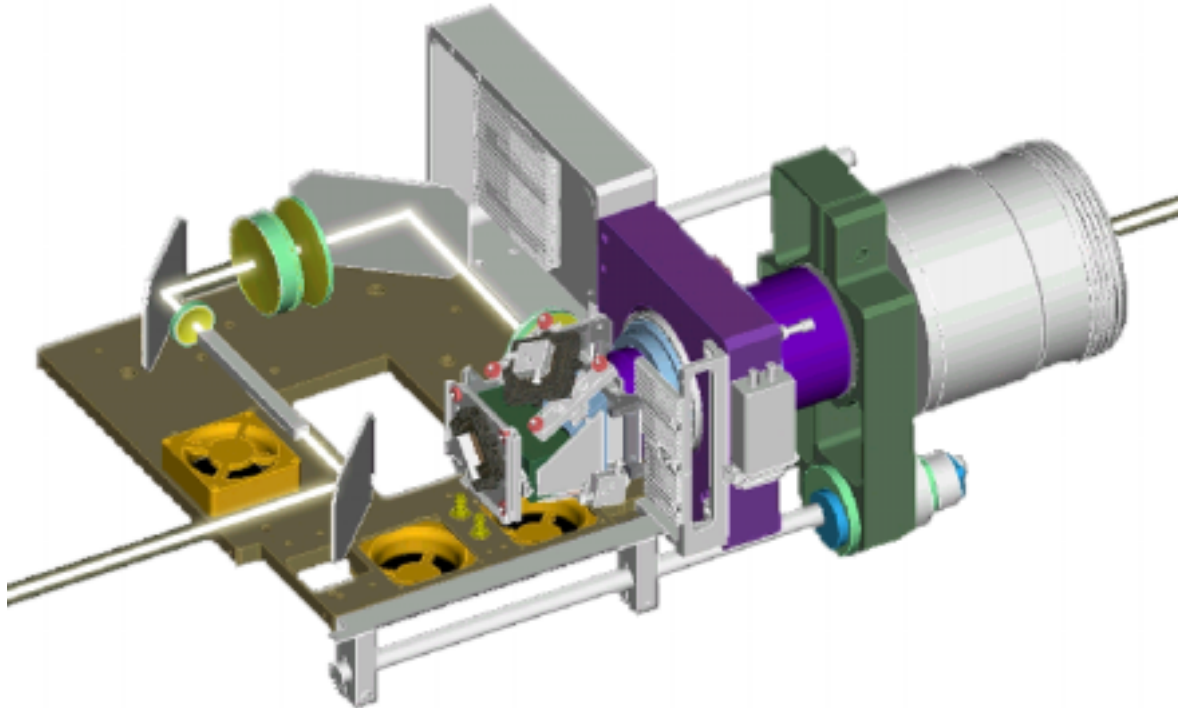
³⁷ GONDRE Jean-François, conférences du « Festival Cinealta » (Sony France), 11 et 12 octobre 2000.

5. La distribution, l'exploitation et la diffusion

Les nouveaux projecteurs numériques utilisant la technologie des micro-miroirs DLP (Digital Light Processor) développée par Texas Instruments permettent d'entrevoir l'avenir proche d'une chaîne de production cinéma « tout numérique ». Un tel processus permettra de garder la même qualité depuis le tournage jusqu'à la projection en salle et surtout évitera les opérations de retour sur film. Sur ce point, le tournage en haute définition gagnerait en rentabilité car pour l'instant, d'après Pitof, le recours à ce moyen de prise de vues ne permet pas de faire de grandes économies par rapport au tournage en 35 mm. Les récentes projections numériques de *Toy story 2* et *Les rivières pourpres* au Gaumont Aquaboulevard, la projection comparée 35 mm / numérique du congrès de la FNCF (Fédération Nationale des Cinémas Français) au Futuroscope de Poitiers et les projections de Chritie et Barco au Satis 2000, ont démontré les potentialités du système. La projection comparative 35 mm / numérique organisée par la CST au congrès annuel de la FNCF en fin 2000 a permis de montrer les possibilités et les limites de la technologie numérique dans le cadre d'une exploitation normale. *Fantasia* et *En pleine tempête* ont été diffusés dans un format compressé à partir d'un serveur QuBit Cinema Recorder, de la marque QuVis, et *Voyage* a été diffusé en format natif avec un magnétoscope D6 VooDoo de Philips. Les copies 35 mm étaient neuves et celle de *Voyage* avait été tirée directement du négatif original. Le premier constat est que la projection numérique paraissait légèrement plus piquée que la projection film. Dans le cadre de cette projection s'inscrivait le projet de plate-forme d'essai PRIAMM (programme d'aide à la recherche et au développement) réunissant la CST et France Telecom, et ayant pour but de développer une chaîne complète de distribution numérique des films par satellite. France Telecom s'occupe de la compression, de la transmission et du cryptage alors que la CST apporte son expertise dans le domaine de la projection sur grand écran. Suivant les directives du projet concernant la projection, un film doit être enregistré à 24 images/s en progressif dans une résolution de 1920 pixels x 1080 lignes sur un magnétoscope HD non compressé de format D6 (Voodoo de Philips). Lors de la lecture sur la plate forme technique du CETEC de TDF, le flux série en HD-SDI subit une réduction de débit d'environ 1,5 Gbits/s à 50 Mbits/s à travers un codeur HD Mpeg Barco. Il passe ensuite par un embrouilleur multiplexeur Thomson, interfacé avec un contrôleur de titres d'accès Viaccess, puis est stocké au format DVB, comme un fichier de serveur Cinestore d'EVS. Une copie du fichier est effectuée via une interface Ethernet mais, dans l'avenir, ce fichier sera transmis directement par une liaison numérique en fibre optique vers le centre d'émission Globecast. Le serveur d'émission MCast découpe ce fichier en fichiers de 2 Mbits empaquetés selon un protocole IP puis stockés. Un long métrage de durée moyenne représente 45 à 50 Go. La veille de la projection, France Telecom a donc procédé à la première transmission par satellite sur Poitiers d'un extrait de *Voyage*. Les fichiers passaient par une passerelle (gateway) IP / DVB, afin d'utiliser un transpondeur de télévision numérique, dont le débit maximum était d'environ 25 Mbits/s. Le signal était reçu sur la carte de réception d'un PC par l'intermédiaire d'une parabole de 80 cm de diamètre pointée sur le satellite Telecom 2A. Dans les cas de non-réception ou de réception erronée, s'élevant à 5‰, le PC demandait, via une ligne téléphonique, une nouvelle diffusion des paquets. Le PC a ensuite reconstitué le fichier d'origine de 3 Go puis l'a transféré dans un serveur EVS, semblable au serveur de distribution, qui l'a rejoué en passant par un désembrouilleur Barco et un décodeur HD Mpeg Tandberg-NDS alimentant le projecteur numérique D Cinestar de Barco. Un groupe de travail de la SMPTE, le DC28, a émis en septembre 2000 un projet de recommandation technique qui propose parmi les spécifications, pour un projecteur portant le label « cinéma numérique », une résolution

minimale de 2000 pixels par ligne, ce qui exclu tous les projecteurs actuels à matrices 800 x 600, 1024 x 768 et 1280 x 1024, mais pas 1920 x 1080.

TI DLP Cinema³⁸



La projection numérique est un enjeu économique important pour les constructeurs de matériels numériques. D'autre part, elle permet aux distributeurs de réduire les frais de copies, tirages, livraison, manutention et vérification. Les exploitants peuvent jouer de manière plus souple sur le nombre d'écrans, sur les permutations de salles et les changements de versions (V.F. et V.O.). Mais l'évolution technologique actuelle influe sur la situation économique. Les équipements sont des prototypes ou des très petites séries et les coûts ne sont pas encore compatibles avec une exploitation commerciale. Le seul modèle qui aujourd'hui s'approche de l'appellation « cinéma numérique » est celui développé par Texas Instruments de technologie DLP Cinema. Ce projecteur, dont il n'existe que 49 prototypes dans le monde, est en fait une tête numérique qui s'adapte sur une lanterne Christie, constructeur américain d'équipements de cabines et de projecteurs film. Lors de la conférence tenue au Satis 2000, Le cinéma numérique vu par ses utilisateurs. De Pitof à Wim Wenders, Jean-Yves Rabet, directeur du développement et des nouvelles technologies du Gaumont Aquaboulevard, a expliqué le principe de la projection numérique et souligné l'importance de l'adaptation des cabines et des écrans de projection. Le projecteur de l'Aquaboulevard est équipé de la tête de projection numérique Texas Instruments TI DLP Cinema, comprenant 3 matrices DMD (Digital Micromirror Device) de 1310720 micro-miroirs chacune à la résolution de 1280 x 1024 pixels codant les couleurs sur 42 bits (3 x 14 bits), et d'un objectif anamorphique d'un rapport d'anamorphose de 1,5 pour le format 1,85. Il existe également un objectif d'un rapport d'anamorphose de 1,9 pour le format 2,35. Par rapport au DLP standard à matrice unique, traitant le signal sur un maximum de 12 bits, le DLP Cinema traite le signal sur 14 bits et comporte, à l'arrière des 3 matrices, une couche noire mate qui limite les réflexions de la

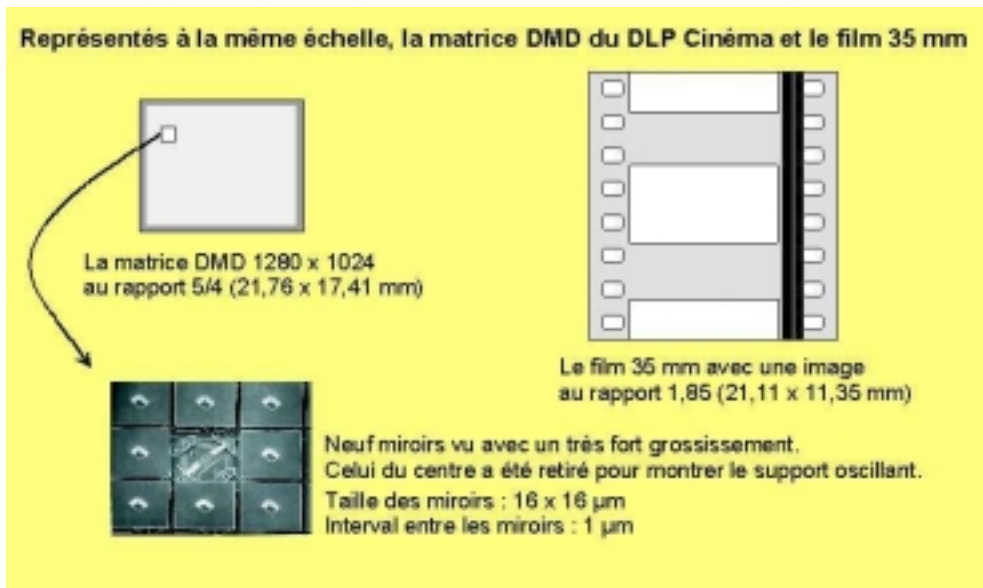
³⁸ D'après un document Gaumont.

lumière. L'avantage de ce système est que la tête numérique est montée sur une console Christie standard munie d'une lampe à xénon d'une puissance de 7 kW. Un serveur QuBit, contenant une rampe de disques durs d'une capacité totale de plus de 50 Go ainsi qu'une chaîne son numérique standard de six voies non compressées accompagnent le système. Les matrices sont des semi-conducteurs recouverts de miroirs oscillant très rapidement sous l'action d'une tension électrique. Chaque miroir correspond à un pixel par composante RVB de l'image. Le système fonctionne suivant le principe du tout ou rien : le pixel est soit allumé pour renvoyer la lumière sur l'écran, soit éteint dans le cas contraire. La lumière est modulée par le temps d'allumage de chaque pixel, qui détermine le niveau de luminance correspondant dans les valeurs de gris. « *Lors de l'installation, une calibration très précise de la tête est effectuée. Une mesure colorimétrique des composantes et du blanc sur l'écran permet de recalculer la colorimétrie du projecteur pour compenser les variations dues aux optiques, hublot de projection, lampe, miroirs de lanterne, etc.* »³⁹. Actuellement, Christie sort sa deuxième génération de DLP Cinema : la console Digipro II. D'autre part, la tête numérique TI DLP a été développée dans une version commerciale par la société Barco, pour s'adapter sur une lanterne Kinoton. C'est ce projecteur que l'on appelle le D Cinestar. Barco a également signé un accord avec Cinemeccanica et Strong pour s'assurer une compatibilité avec les principaux constructeurs de projecteurs 35 mm. Mais le monopole détenu par Texas Instruments ne va évidemment pas durer car JVC annonce déjà une technologie concurrente, la D-ILA, utilisant des matrices à LCD réfléchives de 2048 x 1536 pixels. La société Duboi possède également un projecteur équipé d'une tête de projection numérique DLP en version standard, optimisé et étalonné pour ses conditions d'utilisation dans une salle de projection équipée d'un écran de 6 m de base. Plus compétitifs et moins encombrants, le Roadster S6 de Christie et les PT-D 9500 et PT-D 9600 de Panasonic affichent eux aussi la résolution 1280 x 1024. Ainsi, la projection numérique n'en est qu'à ses débuts et la comparaison avec la projection film n'est pas évidente. Elle dépend de la configuration du projecteur numérique, c'est-à-dire de ses réglages, des caractéristiques de l'écran de projection, qui diffèrent entre le film et le numérique notamment au niveau de la courbure et de la réflectance, et des caractéristiques du projecteur film.

Matrice DMD 1280x1024 ⁴⁰

³⁹ SINTAS Matthieu, *Le cinéma numérique au congrès de la FNCF Poitiers 2000*, Dossier Technique de la CST N°28, novembre 2000.

⁴⁰ SINTAS Matthieu, *Le cinéma numérique au congrès de la FNCF Poitiers 2000*, Dossier Technique de la CST N°28, novembre 2000.



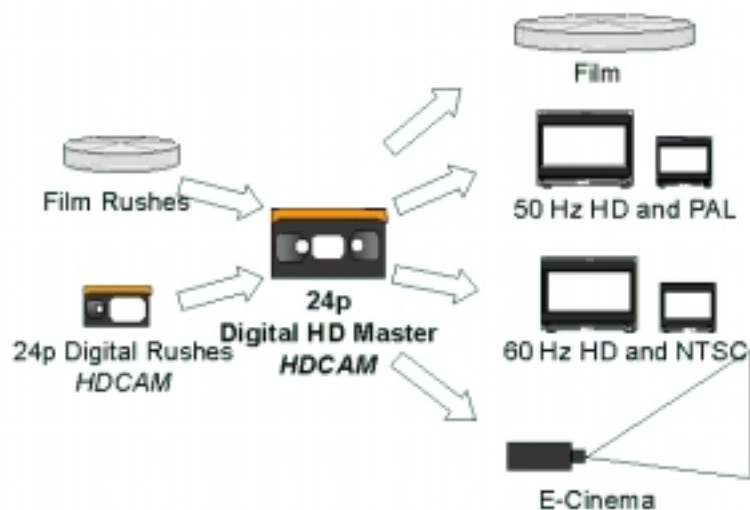
Cependant, on peut relever quelques atouts essentiels de la projection numérique. En dehors de la grande qualité de l'image projetée, la projection présente l'avantage d'être constante au fil du temps. Les problèmes de rayures ou de cassures du film et l'instabilité des couleurs n'existent plus en projection numérique. La luminosité est uniforme et la stabilité de l'image est évidemment parfaite. En ce qui concerne la fiabilité et la souplesse d'exploitation, la projection numérique du Gaumont Aquaboulevard n'a connu qu'un seul incident issu du serveur au cours de dix premières semaines de projection. De plus, Jean-Yves Rabet a mis l'accent sur les points importants que sont : *« une optimisation de l'exploitation des salles, une plus grande diversité de films proposés au public, un besoin impératif de standards mondiaux pour la projection numérique, une nécessaire baisse des prix des équipements, l'implication conjointe des distributeurs, des exploitants et des régies publicitaires pour le financement des équipements, la réinvention des métiers du cinéma : la production, la distribution, l'exploitation »*⁴¹. Ce dernier point, que j'ai traité plus haut pour les métiers de la prise de vues, concerne particulièrement le secteur de l'exploitation et de la distribution cinématographique. L'informatisation et l'automatisation croissantes des systèmes de projection vont amener les rôles du distributeur et du projectionniste à évoluer : il ne s'agira plus de tirer un certain nombre de copies pour un film ou de charger un projecteur, mais de gérer et de protéger sa transmission par satellite ou par voie hertzienne vers les serveurs des salles de projection. Par ailleurs, la MPA (Motion Picture Association) aux USA, qui regroupe l'ensemble des majors américaines, déclare que l'exploitation numérique des films est la plus grande opportunité d'améliorer le spectacle cinématographique depuis l'arrivée du son et de la couleur. Ses membres ont défini 10 buts à atteindre en vue d'une standardisation : *« Augmenter de manière significative les possibilités du spectacle cinématographique. La qualité doit dépasser celle d'une copie de présentation. Le système doit permettre une compatibilité mondiale pour que le contenu ne soit pas limité dans ses possibilités de diffusion comme c'est aujourd'hui le cas avec le film. Les composants de la chaîne doivent être standards pour permettre la concurrence entre les industriels. Les interfaces doivent être standardisées pour que les équipements de différents fournisseurs soient interconnectables. Le matériel doit être upgradable en prévision des évolutions technologiques. Le système devra permettre des transmissions sécurisées par voies électroniques (satellite) et sur des supports physiques (DVD ROM). La sécurité devra être assurée par un accès conditionnel,*

⁴¹ RABET Jean-Yves, conférence du Satis e-cast 2000 : Journée Cinéma numérique. « Le cinéma numérique vu par ses utilisateurs. De Pitof à Wim Wenders ».

une gestion électronique des droits et du philigranage (watermarking). Les équipements de lecture devront utiliser une authentification en ligne pour que le contenu ne soit jamais disponible en clair. Les coûts d'achat et d'utilisation des équipements devront être raisonnables. »⁴².

D'autre part, le DVD, ou Digital Versatile Disc, est un média de distribution répondant aux exigences de qualité de l'industrie du film, qui peut préserver le format 16/9 de la HD, mais évidemment pas sa définition. Apparue en 1997, il gère un signal vidéo de haute résolution conforme au standard broadcast CCIR-601 de 704 x 576 pixels en Pal et de 704 x 480 pixels en NTSC. Son débit maximum est de 9,8 Mbits/s pour une durée de 133 minutes de film sur une même face d'un disque haute densité. Il affiche plusieurs formats d'image aux rapports écran large 16/9 et 4/3 avec possibilité de « pan-scan » ou « letter box ». Le DVD existe en plusieurs variantes suivant le nombre de couches et le nombre de faces utilisées. On peut mettre l'équivalent de 7 à 26 CD sur un DVD, suivant la capacité choisie. Le DVD 5 est un disque ne contenant qu'une seule couche de données sur une seule face d'une capacité de 4,7 Go, le DVD 9 est un disque contenant deux couches de données sur une seule face d'une capacité de 8,5 Go, le DVD 10 est un disque contenant une seule couche de données sur deux faces d'une capacité de 9,4 Go, le DVD 18 est un disque contenant deux couches de données sur deux faces d'une capacité de 17 Go. Le DVD peut donc contenir actuellement jusqu'à 8 heures de vidéo de qualité supérieure au laser disc.

Diffusion à partir d'un master 24p⁴³



De cette analyse générale se dégage le fait que la vidéo numérique, en particulier la haute définition, engendre une nouvelle approche technique de l'image. Mais cessons là cet « état des lieux » du cinéma qui, somme toute, ne sera jamais qu'anecdotique, et découvrons plutôt les secrets de la technologie vidéo numérique haute définition.

⁴² SINTAS Matthieu, *Le cinéma numérique au congrès de la FNCF Poitiers 2000*, Dossier Technique de la CST N°28, novembre 2000.

⁴³ D'après un schéma Sony.