

ENS Louis-Lumière

La Cité du Cinéma – 20, rue Ampère BP 12 – 93213 La Plaine Saint-Denis

Tel. 33 (0) 1 84 67 00 01

www.ens-louis-lumiere.fr

Mémoire de master

Spécialité cinéma, promotion 2017-2020

Soutenance de juin 2020

Les images de la Delta Penelope

Thomas WEYLAND

Ce mémoire est accompagné de la partie pratique intitulée : « Post-produire les images de la Delta Penelope »

Directrice de mémoire : Giusy PISANO

Directrice et directeur de mémoire extérieurs : Caroline CHAMPETIER et Éric GUICHARD

Présidente du jury cinéma et coordinatrice des mémoires : Giusy PISANO

Remerciements

Je remercie Alain Sarlat d'avoir fait naître mon mémoire.

Je remercie mes codirecteurs et codirectrices de mémoire : Caroline Champetier, Éric Guichard et Giusy Pisano pour la bienveillance avec laquelle ils m'ont accompagné dans mon travail de recherche.

Un remerciement particulier à tous les professionnels qui m'ont accordé des entretiens sans lesquels ce mémoire n'aurait pas pu être réalisé :

Josselin BILLOT

Caroline CHAMPETIER

Olivier GARCIA

Éric GUICHARD

Patrick LEPLAT

Martin ROUX

Je remercie l'équipe pédagogique et administrative de l'ENS Louis-Lumière, notamment Françoise Baranger, Alice Berthonneau, Isabelle Pragier, Michèle Bergot, Florent Fajole, Véronique Lorin, Laurent Stehlin, John Lvoff, Sylvie Carcedo, Didier Nové, Jean-Michel Moret, Pascal Lagriffoul, David Faroult, Michel Marx, Jérôme Boivin et Tony Gauthier.

Je remercie également tous les intervenants qui sont venus à l'école partager avec bienveillance leurs conseils et leurs expériences.

Je remercie mes camarades de promotion ainsi que tous les élèves de l'école pour les expériences que nous avons partagées ensemble.

Merci à mes parents ainsi qu'à Thomas et Jo Woroniak.

Résumé (français)

Depuis l'invention du cinéma, la caméra est un outil essentiel dans la fabrication des films, des images. Cet outil n'a cessé d'évoluer et de se perfectionner pour délivrer des images toujours plus fidèles, toujours plus proches de la réalité. La Delta Penelope développée par Aaton et Jean-Pierre Beauviala s'inscrit dans cette lignée d'appareils de prise de vue, mais propose de s'arrêter un instant et de se demander vers quoi nous mène cette amélioration constante des outils. L'invention de cette caméra ouvre une voie différente, celle de faire des images non plus fidèles à la réalité, mais fidèles à nos perceptions.

Dans notre étude nous essaierons de comprendre les moyens techniques engagés pour élaborer cette caméra. Nous analyserons de quelle manière la Delta Penelope réagit aux couleurs et nous essaierons de comprendre le fonctionnement des composants internes de cette caméra. Nous nous sommes intéressés ensuite aux traitements des données de la caméra aussi bien celui fait dans la caméra, en interne, à la prise de vue, que celui fait en postproduction, avec des logiciels de traitement des données.

Par une approche industrielle et économique, nous avons essayé de comprendre en quoi la Delta Penelope a constitué un échec commercial pour la société Aaton. Nous analyserons comment Aaton a essayé de s'adapter à la transition numérique ainsi qu'à un nouveau marché en proposant sa première caméra numérique et nous essaierons d'étudier le positionnement de cette caméra sur ce nouveau marché.

Enfin notre partie pratique de mémoire consiste à post-produire les essais de plusieurs directeurs de la photographie réalisés avec la Delta Penelope pour essayer de mettre en évidence les particularités de son rendu d'image. Nous avons tenté de comprendre comment un logiciel de postproduction actuel interprète les images du capteur vibrant de la Pénélope et nous l'avons comparé avec le principe prévu par le brevet de Aaton.

Liste des mots clefs (français)

Rendu d'image, Capteur CCD, Transition numérique, Delta Penelope, Aaton, Jean-Pierre Beauviala

Résumé (anglais)

The video camera has been an essential tool in the process of making moving images since the invention of cinema. This device has evolved into delivering more and more realistic images. The Penelope Delta, developed by Aaton and Jean-Pierre Beauviala, is not an exception but it also makes people think about a new future for the cinema through the constant improvement of the technique. Its development offers a new vision, it focuses on delivering images closer to our perceptions than to reality.

This study will help understand how this video camera was developed. In this purpose, it will describe how the Delta Penelope responds to colour and how the internal items operate and interact with each other. Then, it will focus on data processing in the video-camera itself while filming as well as after the production, using specific data processing softwares.

An industrial and economical approach will help us to understand why the Penelope Delta video camera, launched by the Aaton company, commercially failed. However, Aaton tried to adapt to the digital transition and to the new market by selling its first digital video camera, its place in the digital market will be studied.

Finally, the experimental part of this thesis will consist in post-producing image tests made by several directors of photography using a Penelope Delta video-camera in order to point out the particularities of the resulting images. The images from the pixel shift system and interpreted by post-producing software will be compared to the mechanism designed by the Aaton patent.

Keys words

Image rendering, CCD sensor, Digital transition, Delta Penelope, Jean-Pierre Beauviala, Aaton

Table des matières

Introduction.....	7
Partie 1 : Caractéristiques techniques de la Delta Penelope.....	13
Chapitre 1. Les couleurs de la Delta Penelope.....	14
A/ Sensibilité spectrale de l'oeil.....	14
B/ Sensibilité spectrale de la Delta Penelope	16
Chapitre 2. Le capteur de la Delta Penelope.....	20
A/ Éléments du capteur de la Delta Penelope	20
1. Mosaique de Bayer	20
2. Un capteur CCD FT.....	22
B/ Caractéristiques du capteur de la Delta Penelope	24
1. Définition du capteur	24
2. Vibration du capteur	26
Chapitre 3. Les données de la Delta Penelope.....	29
A/ Enregistrement des données de la Delta Penelope.....	29
1. Encodage.....	29
2. Format d'enregistrement	32
B/ Traitement des données de la Delta Penelope.....	37
Partie 2 : Enjeux économiques de la Delta Penelope.....	43
Chapitre 1. Transition numérique.....	44
A/ Évolution de la projection et des caméras numériques	44
B/ De la culture argentine à la culture numérique	46
C/ Le fournisseur des capteurs numériques.....	51
Chapitre 2. Échec commercial de la Delta Penelope.....	55
A/ Le prix de la Delta Penelope.....	56
B/ Les clients de Aaton	59
Conclusion	62
Références	65
Entretiens.....	65
Mémoires.....	65
Documentations techniques.....	65
Archives.....	66
Bibliographie	66
Articles de périodiques.....	66
Sources internet.....	67
Table des illustrations	70
Dossier PPM.....	71
Note d'intention.....	73

Introduction

« Si l'on n'a pas un rêve d'avance, alors on ne fait que gérer. »
Jean-Pierre Vincent

Mes premières images, sont celles prises avec un Panasonic NV-S7 édition 1992, à la pointe de la technologie lors de son achat. Les images d'un petit enfant dont le premier contact avec un appareil de prise de vue s'est fait par des films de famille.

Cet appareil m'a toujours intrigué. Comment pouvait-il me restituer, 20 ans après, des images aussi précises et raviver le souvenir de détails oubliés ? Pour n'importe qui d'autre, ces images paraîtront fades, quelconques ou impudiques, mais pour moi elles sont extrêmement précieuses, car elles sont à l'origine de mon envie de cinéma. Poussé par mon besoin de retrouver l'image de mes souvenirs j'ai choisi aujourd'hui d'étudier le monde des caméras.

Au caméscope de mon enfance, j'ai préféré la Penelope Delta. Une caméra numérique professionnelle développée pour le cinéma par la société grenobloise Aaton. Pourquoi ce choix ? Parce que je suis persuadé qu'en étudiant cette caméra je pourrai mieux comprendre de quoi est fait le rendu d'une image que ce soit une image de cinéma professionnelle ou amateur, de cinéma numérique ou argentique.

Cette caméra s'appelle Pénélope en référence à la femme d'Ulysse, en référence à son ouvrage, « [un ouvrage] issu d'un long travail minutieux » comme l'a dit Jean-Pierre Beauviala lors d'une rencontre à La Fémis en 2012¹. Le fruit du travail de Pénélope était un voile funéraire pour le décès de son beau-père. Un voile que Pénélope tissait le jour et défaisait la nuit pour le reprendre la journée suivante. Tout cela dans le but de faire attendre ses prétendants parmi lesquels elle aurait été obligée de choisir celui qui remplacerait son mari disparu dès lors qu'elle aurait terminé son ouvrage. Contrairement à l'ouvrage de Penelope, la Delta Penelope n'a jamais été terminée et il n'en reste aujourd'hui que quelques prototypes. Mais cette caméra comme la toile tissée par Pénélope semble être vouée à être

¹ « Rencontre avec Jean-Pierre Beauviala – 2e journée », La Fémis, 22 novembre 2012.

GRIZET, Denis, *Les appareils de prise de vues de la société Aaton (1971-2013). Du « direct » au « numérique » : techniques et esthétiques*, Mémoire de recherche, Université de Rennes 2, 05/07/2017

décortiquée et réassemblée sempiternellement pour permettre aux curieux, à ceux désireux de comprendre le fonctionnement d'une caméra numérique de percer les secrets du numérique grâce à l'héritage laissé par Jean-Pierre Beauviala.



Figure 1 : prototype de Delta Penelope.



Figure 2 : Panasonic NV-S7

La Penelope Delta possède en commun avec le Panasonic NV-S7 le fait d'avoir un capteur numérique CCD². Cela signifie qu'une caméra développée en 2010 est équipée d'une technologie qui régnait sur le monde de la vidéo vingt ans plus tôt.

Contrairement au Caméscope de Panasonic, la Delta Penelope n'a jamais été fabriquée de manière industrielle et n'a jamais été commercialisée. Cette invention a été en développement de 2011 à 2013 avant que ne soient arrêtés les investissements d'Aaton qui fabriquait cette caméra. La fin de Aaton marque également la fin de la société sous la direction de Jean-Pierre Beauviala son créateur, figure emblématique de la petite société grenobloise.

Mon attachement pour le Caméscope qui a filmé mon enfance est très fort, car ma mémoire s'est construite à partir des images qu'il a produites. Le souvenir des couleurs de mon enfance se mélange au souvenir des couleurs de ce Caméscope. Ainsi le vert de l'herbe de mon enfance est un mélange entre les souvenirs d'un enfant et le vert enregistré par un vieux Caméscope. Ce souvenir est un fantôme, une réalité inatteignable qu'aucune restitution de la couleur ne me permettrait de retrouver.

² Carbonate compensation depth

Pourtant il semble qu'il existe une caméra qui soit capable de retrouver la sensation, la couleur, le souvenir, capable de produire « une image organique », selon les propos de Caroline Champetier :

« Les premières images de l'Aaton Delta-Penelope en liberté ont été projetées chez Eclair le 17 novembre 2011 en présence de Catherine Athon, Aude Humblet, Thierry Beaumel, Caroline Champetier, AFC, et Jean-Pierre Beauviala. Pour mémoire cette caméra est la première " 4K " à viseur optique, enregistrant en interne des images RAW non compressées et totalement ouvertes à qui veut les " debayeriser " à sa façon.

Plans dans les rues presque italiennes du centre de Grenoble, la montagne en fond de plan déjà enneigée. Tout tient dans l'image : les façades sombres à l'ombre, les différentes couleurs de crépis, vert, jaune ou vieux rose, le ciel bleu et la neige ! Il y a aussi le visage d'une passante dont la peau touchée par un rai de soleil est absolument naturelle, la dynamique est impressionnante, j'ai la même excitante sensation que pendant les essais de la Kodak 5213 il y a deux ans.

Puis une autre image, un tilleul de la place dite des tilleuls, sur un fond d'immeuble aux murs roses ; au centre supérieur de l'image, un éclat de soleil touche une partie du mur et les feuilles jaunes du tilleul, la surexposition de cette partie de l'image est évidente, elle ne la détériore pas, mais nous décidons d'aller en quelque sorte " enquêter " dans ces blancs. Aude Humblet, aux commandes de la console d'étalonnage, fait un masque, extrait la partie surexposée : tout apparaît dans sa couleur originelle, traversée par le soleil, jusqu'à la nervure des feuilles du tilleul, épuisée par l'été.

La surimpression de la zone masquée à la partie d'origine donne une image vibrante de couleur, belle et surtout organique. Pas de sentiment d'ultra définition, de flou dans les hautes lumières, ni de trop fort contraste. L'œil semble croire tout simplement à l'image et le cerveau suit.

J'ai le sentiment que ce capteur pourrait permettre de faire des images uniquement dans le haut de courbe, autrement dit enfin la possibilité de belles surexpositions :

les rideaux de *La Marquise d'O* ou les flashbacks de *César et Rosalie*.³ »

L'une des qualités de la Delta Penelope que l'on retrouve dans les témoignages des chefs opérateurs qui ont pu l'utiliser est son rendu exceptionnel et unique des tons chair, de la peau comme nous l'a fait remarquer Josselin Billot :

³CHAMPETIER, Caroline, « Vous avez dit organique », in *Lettre AFC*, n°215, mise en ligne : 11/12/2011, URL : <https://www.afcinema.com/Vous-avez-dit-organique-7356.html> (consulté le 15/07/2020)

« Il faut savoir que le rendu des peaux c'est vraiment quelque chose de clef pour les chefs opérateurs. Je ne dirais pas que c'est ce qu'il y a de plus important, mais c'est très important d'avoir un rendu naturel des tons chair. La pellicule a toujours su très bien le faire, mais que n'a jamais su bien faire la vidéo malheureusement. C'est un peu une référence, c'est-à-dire qu'on regarde toujours ça : le rendu des peaux. C'est un truc dont tu entendras souvent parler : les tons chair. C'était un des points forts de cette caméra grâce à son capteur CCD qui a quand même ce gros avantage d'avoir une très belle restitution des couleurs. Le rendu des tons chair était plutôt joli et donc on peut exagérer, on peut pousser la saturation, on peut aller un peu au bout, à la limite pour voir à quel moment ça part en vrille, à quel moment la caméra saute et que la peau devient toute rouge. C'est un bon test de pousser la chroma. Là on avait beau pousser, pousser, pousser ça sortait toujours naturel.⁴ »

Des propos qui font échos à ceux de la directrice de la photographie Caroline Champetier :

« De mon point de vue ce qui était caractéristique de cette caméra c'était un rendu de couleurs infiniment plus fin, plus échantillonné et moins agressif qu'avec toutes les caméras digitales. On se trouvait projeté dans une organicité de la couleur qui nous rappelait énormément le film. Et j'ai retrouvé ça quand Martin Roux nous a montré les images qu'il a faites de sa femme avec la Delta Penelope. Et j'ai trouvé que le rendu de sa peau était extraordinaire.⁵ »

Mais alors pourquoi cette caméra malgré ses atouts n'a-t-elle finalement pas vu le jour ? Pourquoi la dernière invention de Jean-Pierre Beauviala chez Aaton lors de la transition numérique n'a pas été le succès commercial espéré alors que plusieurs professionnels s'accordent à dire que cette caméra numérique possédait un rendu unique des couleurs et de la peau ?

Malgré le fait que cette caméra n'ait pas été commercialisée, elle a été présentée publiquement lors du salon IBC⁶ de septembre 2012 à Amsterdam. Il a existé quatre prototypes achetés par des loueurs qui ont permis à un très petit nombre de chefs opérateurs de réaliser des essais ou de tourner avec une Delta Penelope.

4 **Josselin BILLOT**, entretien réalisé par téléphone le 13/03/2020

5 **Caroline CHAMPETIER**, entretien réalisé par téléphone le 21/04/2020

*« International Broadcasting Convention ». Ce salon présente chaque année les dernières innovations technologiques en matière de broadcast et de télévision numérique.

J'ai eu la chance de pouvoir manipuler cette caméra lors d'un atelier « Filmer avec la Delta Penelope » organisé à l'ENS Louis-Lumière les 5 et 6 novembre 2019 par Pascal Lagriffoul (Chef opérateur et coordinateur de la spécialité cinéma à l'ENS Louis-Lumière) et Giusy Pisano (Professeure des Universités à l'ENS Louis-Lumière). Avec l'intervention de Martin Roux (Directeur de la photographie) et Laurent Ripoli (Étalonneur). Les deux prototypes de caméras mis à notre disposition étaient ceux confiés par la société Panavision.



ENS Louis-Lumière, 2019, GP

A cette occasion, j'ai pu remarquer que sa qualité ergonomique était fidèle au concept développé par Aaton, depuis ses débuts. Constat que j'ai réalisé lors de son utilisation dans une configuration peu accessoirisée, du moins pas telle qu'elle l'aurait été pour un long-métrage. Et d'ailleurs comparée à l'accessoirisation des caméras actuelles, la Delta Penelope devient rapidement aussi peu ergonomique que n'importe quelle caméra numérique dès lors qu'elle est équipée pour une configuration en « grosse équipe image » (chef op, cadreur, assistant cam, assistant vidéo...).



L'enjeu des essais était de manipuler l'appareil et de nous forger notre propre idée quant à ses performances. Divers tests ont été réalisés plus pour analyser ses caractéristiques techniques que pour obtenir un résultat artistique. Or, nous avons regardé ces images sur un ordinateur dont nous ne connaissions pas les réglages. De plus la post-production des images de la Delta Penelope nécessite un passage via un logiciel développé par Aaton (Ergon) qui sert à la débayerisation des images et au traitement de celles faites avec le capteur vibrant. Nous n'avions pas à ce moment-là ce logiciel et nous avons utilisé Da Vinci Resolve de la société Black Magic. Le passage par un autre logiciel pour les modifications, le traitement, la débayerisation a-t-il rendu d'autant plus opaques les « vraies » images de la Delta Penelope ? En effet : quelles manipulations avaient été apportées aux images « brutes », celles en sortie de capteur avant leur projection sur grand écran ? Vues en projection, ces images sont impressionnantes en qualité, certes après un traitement des données maîtrisé en post-production. De même, comme nous allons le voir par la suite, les essais réalisés auparavant par des professionnels soulignent la qualité du rendu de la couleur, notamment en surexposition.

C'est à partir de cette expérience que j'ai commencé à étudier la Delta Penelope. Dans une approche scientifique qui s'est combinée aux témoignages des professionnels de l'image afin de mieux comprendre l'histoire de cette caméra, l'histoire des changements apportés par la transition numérique aux caméras de cinéma.

Partie 1 : Caractéristiques techniques de la Delta Penelope

Chapitre 1. Les couleurs de la Delta Penelope

« Le rendu des couleurs de ce capteur CCD est assez chouette, il y a des beaux rendus de couleur, la force de cette caméra, de son capteur c'est le rendu des couleurs. » »

L'une des qualités qui revient souvent dès lors que l'on parle de la Delta Penelope c'est sa richesse colorée, le rendu de ses couleurs. Nous avons donc décidé de partir de là pour essayer de mieux comprendre cette qualité de la caméra défendue par plusieurs professionnels. Or il existe depuis longtemps déjà une science qui s'intéresse à la reproduction de la couleur : la colorimétrie.

A/ Sensibilité spectrale de l'œil

Les principes de la colorimétrie sont basés sur le modèle perceptif de l'œil humain comme décrit dans la littérature scientifique à ce sujet :

« La vision d'une couleur est un phénomène qui dépend de deux sensations élémentaires : d'une part celle liée à la teinte, d'autre part celle liée à la luminosité. Ces deux sensations font intervenir **deux sortes de cellules photosensibles de la rétine**, de nombre et de distribution très inégaux, respectivement **les cônes** et **les bâtonnets**.

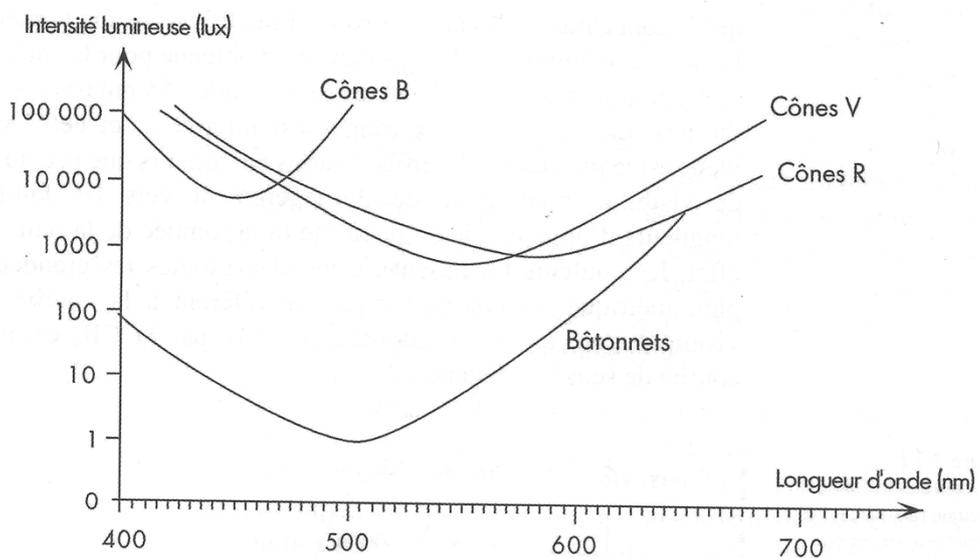


Figure 3 : sensibilité spectrale de l'œil

La couleur est analysée par **les cônes**, que l'on classe en trois catégories en fonction du pigment

qui les compose : ceux sensibles aux longueurs d'onde les plus élevées (600 à 700nm) c'est-à-dire **les rouges et les oranges**, ceux spécialisés dans les longueurs d'onde moyennes (500 à 600 nm) correspondant **aux verts et aux jaunes**, et enfin, ceux qui se chargent **des bleus et des violets** (longueurs d'ondes courtes de 380 à 500 nm). Les cônes « verts » sont les plus nombreux, environ le double des cônes « rouges », tandis que les cônes « bleus » sont dix fois moins représentés. Notre système visuel n'est donc pas pareillement sensible à ces trois couleurs. Il distingue préférentiellement d'abord le vert, puis le rouge et enfin le bleu, comme nous le verrons plus loin. **On dit que la vision humaine est « trichromatique » ; elle s'effectue par une analyse et une décomposition de la lumière incidente en trois flux : rouge, vert et bleu.⁷ »**

Ainsi la couleur est basée sur la perception de différentes longueurs d'onde, notre œil ne voit pas toutes les couleurs, ils en sélectionnent certaines que notre cerveau réinterprète pour composer une perception colorée.

La couleur au cinéma est apparue avec les premières pellicules couleurs qui étaient sensibles aux longueurs d'onde correspondant au rouge, au bleu et au vert. Pour permettre de recomposer la couleur par synthèse additive trichrome en se calquant sur le modèle de sensibilité de l'œil.

Ainsi la colorimétrie proposait de caractériser une caméra en étudiant sa sensibilité spectrale, c'est-à-dire la manière dont une pellicule percevait la couleur grâce à ses colorants sensibilisateurs. Ces colorants étaient des composés chimiques intégrés à la pellicule et spécifiquement sensibles à certaines longueurs d'onde.

Dans les caméras numériques, ces colorants ont été remplacés par un système de filtres colorés, mais le principe d'une sensibilité colorée trichromique a été conservé. La Delta Penelope comme presque toutes les caméras numériques est sensible aux longueurs d'onde correspondantes aux couleurs rouge, vert et bleu. Ainsi il est possible de caractériser une caméra numérique comme une caméra argentique c'est-à-dire en traçant une courbe de sensibilité spectrale.

⁷ BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p20-21

B/ Sensibilité spectrale de la Delta Penelope

Voici donc la courbe de sensibilité spectrale de la Delta Penelope réalisée par Elena Erhel pour le laboratoire de sensimétrie et colorimétrie de l'ENS Louis-Lumière en 2018 :

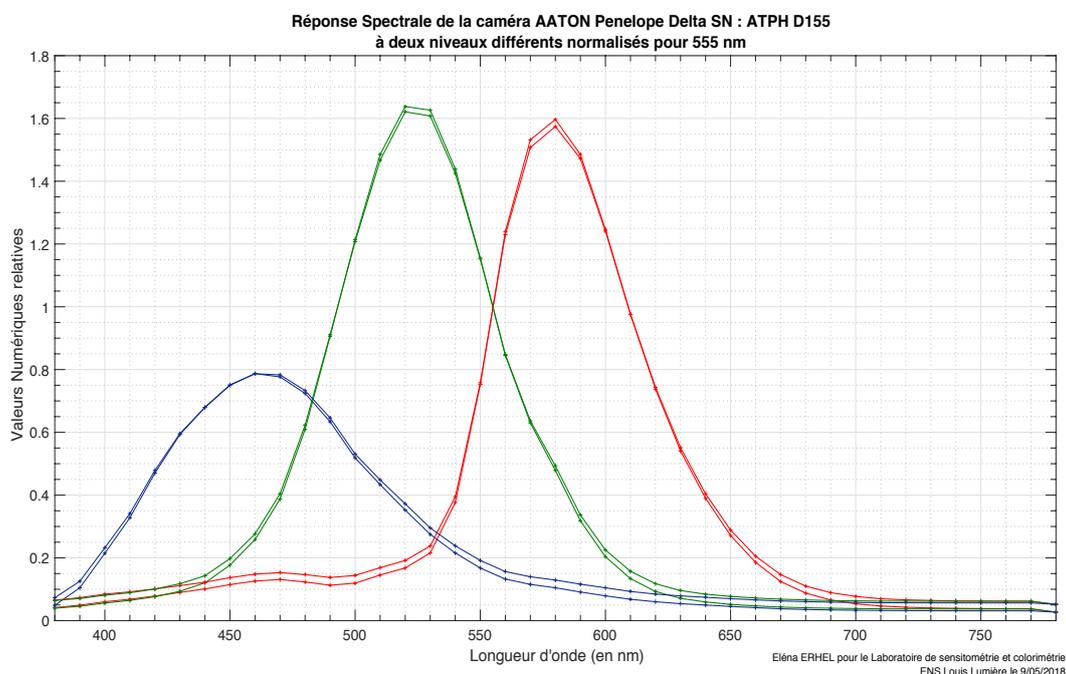


Figure 4 : courbes de sensibilité spectrale de la Delta Penelope

Pour comprendre ces courbes, nous avons réalisé un entretien avec le chef opérateur Martin Roux qui lorsqu'il était assistant avait réalisé de nombreux tests et essais sur la Delta Penelope.

Au cours de cet entretien, Martin Roux a représenté schématiquement une courbe de sensibilité spectrale de caméra « idéale », c'est-à-dire celle d'une caméra qui perçoit les couleurs de manière suffisamment discriminantes pour différencier un grand nombre de nuances colorées.

Voici ce schéma :

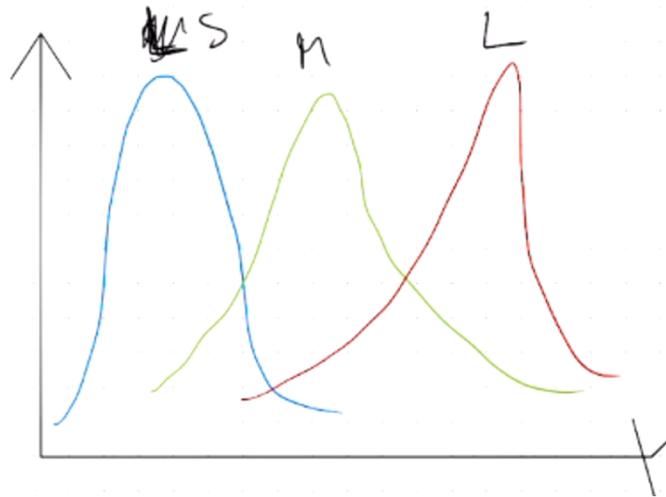


Figure 5 : courbe de sensibilité spectrale optimisée

Ce modèle permet d'avoir des zones de recouvrement entre les sensibilités aux trois couleurs primaires suffisantes pour permettre de les situer les unes par rapport aux autres sans les confondre. Ainsi une couleur est exprimée par 3 valeurs numériques de rouge, de vert et de bleu suffisamment précises, suffisamment échantillonnées, pour permettre d'en faire le meilleur rendu possible, la meilleure restitution possible. A ce propos un document publié par le CST nous éclaire sur le sujet :

« Notons qu'il serait tout à fait illusoire de vouloir tracer le gamut d'analyse de la caméra. En effet, supposons que nous puissions construire des filtres extrêmement sélectifs correspondant chacun à une seule longueur d'onde identique à chaque primaire du rec 2020 : la caméra serait alors totalement aveugle à tout ce qui se situe en dehors de ces trois longueurs d'onde. **Tout comme pour l'argentique il faut donc que la bande passante des trois filtres R, G, B soit relativement large et même qu'il y ait une légère zone de recouvrement pour ne pas laisser de trous dans l'analyse spectrale.** Un gamut ne correspond en réalité qu'à un espace de travail ou à un système d'affichage considéré, soit seul, soit intégré avec toute la chaîne de traitement amont. On peut fort bien reproduire les couleurs à l'aide de trois primaires monochromatiques de type laser, nos cônes L, M et S recevant chacun une information et travaillant par antagonisme avec les autres récepteurs, mais on ne pourrait ni éclairer ni construire une caméra selon un tel modèle.⁸ »

Ainsi l'enjeu à la prise de vue, dans la caméra, est d'enregistrer les couleurs de manière suffisamment précise et suffisamment large pour pouvoir restituer un maximum de couleur. Comme nous l'a

⁸ Groupe de travail du département image de la CST : GAUDIN, Jacques SARLAT, Alain, ARNAUD, Gilles, CAINJO, Yann, MAGNIEN, Baptiste, *Étude sur les caractéristiques des capteurs*, CST, Février 2019, p46-47

expliqué Martin Roux :

« C'est comme une palette, on a des primaires d'acquisition qui ne sont pas les primaires que l'on veut représenter. Ce que l'on demande à une sensibilité spectrale de capteur c'est d'être pertinente pour analyser finement le réel.⁹ »

Si l'on regarde attentivement les courbes de la Delta Penelope nous constatons qu'elles auraient pu correspondre à ce modèle de sensibilité spectrale idéal, car le recouvrement aurait pu être optimal et permettre une très bonne séparation des couleurs. Mais nous voyons également qu'elle présente un défaut de sensibilité au bleu. En effet la caméra était deux fois moins sensible au bleu qu'au rouge ou au vert.

Un problème de la caméra sur lequel Patrick Leplat nous explique avoir été confronté :

« Après la période de développement et de test , Aaton a reçu tous les capteurs de la part de Dalsa et il n'y a pas eu de contrôle qualité qui analyse si ces capteurs étaient exactement les mêmes que ceux qui avaient servi à tester la caméra. Il y a donc eu une interrogation sur ces capteurs ; c'est à ce moment-là qu'il m'a contacté, lors du premier essai de cette nouvelle période sensée être la mise en fabrication de la Delta Penelope. J'ai demandé à regarder la caméra et me suis rendu compte que le capteur n'était pas homogène, que le process vidéo et la colorimétrie n'allaient pas : sur l'homogénéité il y avait un problème de température parce que le capteur était composé de 4 CCD. »¹⁰

Ainsi l'on peut voir sur certaines images faites avec la Delta Penelope se dessiner les quatre cadrans composés chacun d'un capteur CCD ayant une sensibilité au bleu différente. Une croix se distingue sur l'image par la différence de bleu dans les parties sombres de l'image.

Un défaut dont Jean-Pierre Beauviala explique l'origine dans la fabrication même des capteurs :

« C'est très bizarre ce qui se passe. Non, tu verras aussi que le problème de la Delta Penelope, c'est là qu'on a été vraiment emmerdé... On aura mis du temps à résoudre ce problème. Autant on aurait pu faire les équilibres des quatre cadrans en postproduction au lieu de vouloir le faire à tout prix dans la caméra où on s'est cassé les dents ou il nous aurait fallu un an de plus et

⁹ **Martin ROUX**, entretien réalisé par visioconférence le 10/04/2020

¹⁰ **Patrick LEPLAT**, entretien réalisé par Caroline Champetier le 12/11/2020

beaucoup de sueur et ça n'aurait pas été parfait parce qu'une caméra ce n'est pas un ordinateur assez puissant. Il fallait le faire en postproduction. On en a déjà parlé de ça. Je ne sais pas si je vous l'ai déjà dit, c'est qu'il fallait effectivement livrer les images en haut avec les petites erreurs « bleu, vert, rouge », que personne ne voyait ou si on les voyait on n'en avait rien à foutre, c'est juste pour voir le cadrage, et puis nettoyer correctement le Raw en postproduction, mais là où on n'aurait rien pu faire c'est que Dalsa n'avait pas respecté une promesse orale qu'il m'avait faite quand on a commandé je ne sais plus combien de capteurs pour un demi-million d'euros. Ce qui nous a ruinés, puisqu'on n'a pas pu fabriquer les câbles. **C'est que quand tu fais des capteurs CCD pour emporter le signal, il faut que les conducteurs passent au-dessus de l'image. Ce qui veut dire que ça bouffe de la lumière et en particulier le bleu.** Il y a une sauce qui s'appelle, je ne sais quoi d'indium, le sulfure d'indium ou je ne sais quoi, qui lui laisse passer le bleu, deux fois plus et même je crois quatre fois plus, ce qui aurait changé complètement la donne.¹¹ »

Un défaut colorimétrique qui serait dû au capteur. Nous allons donc maintenant étudier plus en détail le capteur de la Delta Penelope.

¹¹Jean-Pierre BEAUVIALA, entretien réalisé par Pascal Lagriffoul, Alain Sarlat, Malo Thouement et Caroline Champetier à l'ENSSL en janvier 2019

Chapitre 2. Le capteur de la Delta Penelope

A/ Éléments du capteur de la Delta Penelope

Comme l'ont mis en évidence les problèmes de sensibilité au bleu, le capteur de la Delta Penelope est composé de 4 dalles qui forment un seul capteur au format super 35, c'est-à-dire une taille de capteur correspondant à celui d'une pellicule 35mm.

Ce capteur donne au rendu des images de la Delta Penelope une sensation qu'un grand nombre de professionnels se souviennent avoir connue avec l'argentique, une sensation subjective que nous avons essayé de comprendre en étudiant de quoi est fait le capteur de cette caméra.

1. Mosaïque de Bayer

Comme nous l'avons vu précédemment le capteur de la Delta Penelope est sensible au rouge, au vert et au bleu. Or les capteurs numériques ne sont sensibles qu'à la luminance, ils sont indifféremment sensibles aux différentes longueurs d'onde. Ainsi pour que les caméras numériques soient sensibles à plusieurs couleurs elles ont été équipées de filtres colorés placés devant le capteur photosensible.¹²

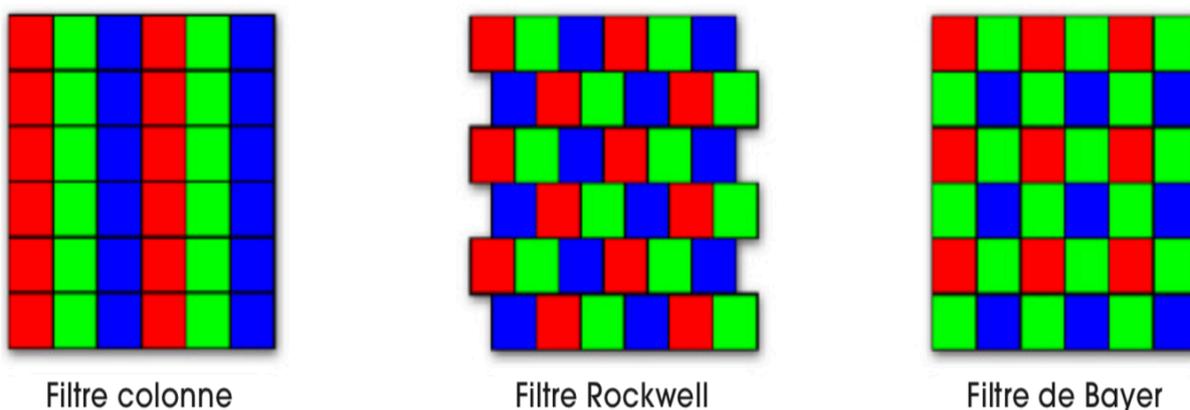


Figure 6 : Quelques exemples de matrices

Il existe plusieurs systèmes de matrices colorées, mais celle qui nous intéresse est celle de Bayer, car c'est elle que nous retrouvons sur la Delta Penelope.

¹²Groupe de travail du département image de la CST : GAUDIN, Jacques SARLAT, Alain, ARNAUD, Gilles, CAINJO, Yann, MAGNIEN, Baptiste, *Étude sur les caractéristiques des capteurs*, CST, Février 2019, p20

Or l'utilisation d'un filtre coloré implique une étape de développement numérique appelé le dématricage qui est une étape qui consiste en :

« une interpolation des valeurs issues des photosites permettant de les convertir en pixels vrais et d'obtenir ainsi les valeurs numériques R, G, B caractérisant chaque pixel. Le résultat global dépend beaucoup des algorithmes utilisés lors de cette phase clef. C'est pour cette raison que, dans la mesure du possible, il est important pour cette étude de pouvoir accéder directement aux valeurs numériques du fichier RAW¹³ pour s'affranchir de tout type d'interpolation.

L'étape de dématricage est une étape cruciale qui peut être faite dans la caméra ou, en mode RAW, a posteriori, avec des moyens beaucoup plus puissants et des algorithmes plus performants.¹³ »

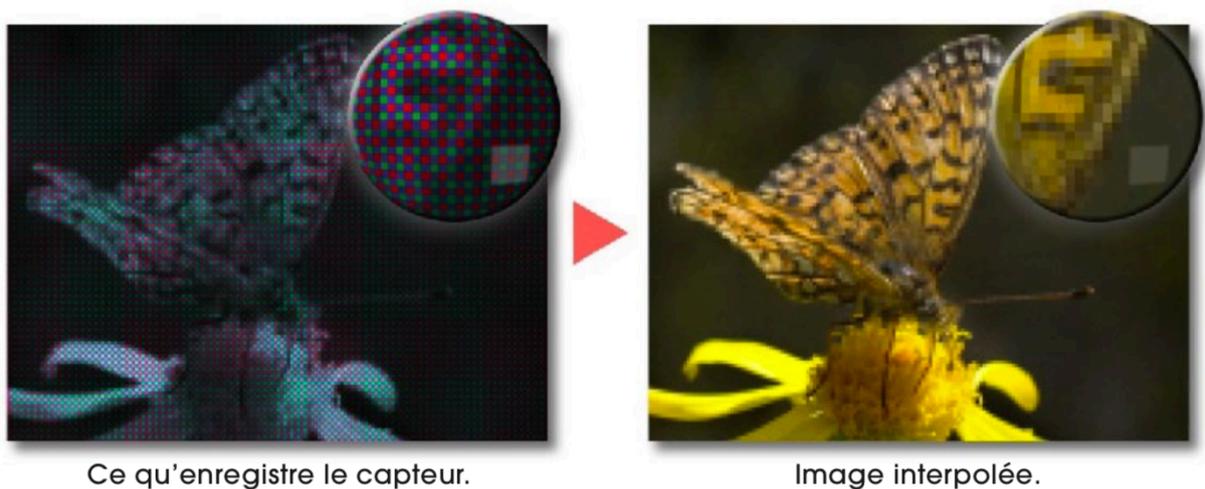


Figure 7 : Exemple d'interpolation de matrice colorée

Or l'importance de cette étape dans le rendu de l'image, dans l'intention esthétique semble être sujet à controverse comme le témoigne cette discussion entre Jean_Pierre Beauviala, Caroline Champetier, Alain Sarlat et Pascal Laggrifoul :

« Jean-Pierre Beauviala : Sachant que débayeriser, ce ne sont pas du tout des courbes !

Caroline Champetier : Non, c'est avant les courbes.

Pascal Laggrifoul : Débayeriser, oui, c'est cette opération primaire, primordiale, primitive...

Jean-Pierre Beauviala : C'est de la chimie simple, il ne faut pas lui donner des vertus qu'elle n'a pas.

13 Groupe de travail du département image de la CST : GAUDIN, Jacques SARLAT, Alain, ARNAUD, Gilles, CAINJO, Yann, MAGNIEN, Baptiste, *Étude sur les caractéristiques des capteurs*, CST, Février 2019, p21

Pascal Laggrifoul : Il se trouve qu'elle en a, puisque c'est la structure même du filtre qui l'impose.

Jean-Pierre Beauviala : Oui, mais tu es coincé. C'est donné par le fabricant de caméras, point à la ligne. Tu développes dans le révélateur du... Bayer, il n'y en a pas 36. Alors, maintenant, les fabricants de logiciels de debayerisation comme Rawtherapee, il y en a plein, mais ce ne sont jamais que des formules qui demandent plus ou moins de puissance, plus ou moins de rapidité, plus ou moins de mémoire, plus ou moins de ceci, plus ou moins de cela. Mais tu ne peux pas leur coller des intentions esthétiques quand tu débayerises tu ne peux faire que le mieux possible pour éviter les erreurs d'interprétation, etc.¹⁴ »

Donc si l'interprétation du capteur n'est pas l'étape qui donne à la Delta Penelope son rendu si singulier c'est qu'il doit exister une particularité du capteur qui intervient avant cette étape. Pour essayer de comprendre cette particularité, nous nous sommes donc intéressés à la structure du capteur.

2. Un capteur CCD FT

Le capteur de la Delta Penelope est un capteur CCD FT¹⁵ qui comme nous l'a expliqué le chef opérateur Josselin Billot n'est pas la technologie sur laquelle pariaient les autres fabricants de caméras en 2013 :

« Les capteurs CCD sont vraiment les capteurs du passé, ce sont les capteurs qui équipaient les caméras dans les années 90. Depuis les années 95, les capteurs CCD ont été mis au rebut au profit des capteurs CMOS. Les capteurs CMOS présentaient beaucoup d'avantages alors que le CCD avait plusieurs défauts. Donc le CCD a été remplacé par le CMOS et personne n'a jamais pensé à revenir en arrière.

Mais pour moi l'avantage du capteur CCD, au-delà de sa douceur c'est que les pixels sont collés les uns aux autres. C'est difficile à expliquer, à concevoir, mais l'image est plus pleine parce que tout est capté. Sur un capteur CMOS, les pixels sont plus petits et plus éloignés les uns des autres. C'est comme si on avait un œil avec plein de trous. C'est Beauviala qui explique

¹⁴Jean-Pierre BEAUVIALA, entretien réalisé par Pascal Lagriffoul, Alain Sarlat et Malo Thouement à l'ENSLI en janvier 2019

¹⁵BEAUVIALA, Jean-Pierre, *disques durs personnel*, documents personnels et documents internes à la société Aaton entre 2005 et 2013

ça. C'est un peu un poète donc là je te raconte ça un peu comme un poète.¹⁶ »

Les technologies CCD et CMOS reposent sur l'utilisation de cellules photosensibles qui se chargent négativement et proportionnellement au nombre de photons incidents. Ces charges transitent ensuite une fraction de seconde dans des registres de stockage avant d'être converties en tensions qui seront les données enregistrées par la caméra.

La différence entre les capteurs CCD et CMOS réside dans ce processus de conversion charge/tension. Dans un capteur CCD cette conversion est effectuée à la sortie du capteur alors que dans un capteur CMOS elle est réalisée directement au niveau de chaque cellule photosensible. Chaque cellule d'un capteur CMOS incorpore un réseau de transistors qui convertissent les charges en tension avant qu'elles ne soient enregistrées dans les supports de stockage de la caméra. Cette solution présente l'avantage d'être plus économe en énergie que la technologie CCD et permet de concevoir des capteurs de très grande définition.¹⁷

Alors que l'avantage de la technologie CCD est d'allouer, sur chaque cellule, une surface beaucoup plus importante à la zone photosensible (la quasi-totalité), du fait de l'absence de ces transistors. L'ouverture du pixel (ou facteur de remplissage) est donc très élevée et le pas d'échantillonnage est très faible.¹⁸

Au cours de notre entretien avec le chef opérateur Martin Roux nous sommes revenus sur le capteur de cette caméra que nous avons pu manipuler lors d'un atelier organisé à l'ENS Louis-Lumière en novembre 2019 sur lequel Martin était intervenant :

« Ce que je vous disais pendant l'atelier, c'est que je trouve la Pénélope impressionnante parce qu'à 3,5K sur un CCD avec une image pas retouchée, avec un fill factor de 100%, la capacité de résolution est démentielle. Et d'une certaine manière ce qu'on va chercher aujourd'hui en 6K avec une Venice ou une autre caméra comme celle-là, en termes de capacité de résolution, je ne trouve pas que ce soit supérieur d'un point de vue perceptif.¹⁹ »

L'un des paramètres qui caractérise les images de la Delta Penelope semble donc être cette notion de facteur de remplissage, *fill factor* ou encore *fillin* qui constitue la particularité de la technologie CCD.

¹⁶Josselin BILLOT, entretien réalisé par téléphone le 13/03/2020

¹⁷BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p216

¹⁸BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p209-210

¹⁹Martin ROUX, entretien réalisé par visioconférence le 10/04/2020

Et le second paramètre intrinsèque au capteur et qui contribuerait à retrouver cette sensation qui existait du temps de l'argentique serait la capacité de résolution.

Or ce paramètre ne peut être étudié sans étudier la fonction du capteur vibrant de la Delta Penelope dont Jean-Pierre Beauviala en a expliqué le principe dans une vidéo faite lors du tournage en Delta Pénélope lequel Josselin Billot était chef opérateur :

« On a choisi la cible Dalsa [cad un capteur CCD FT] pour ce qu'on appelle le *fillin* qui est presque de 100%. Pour ne pas mettre plus de pixels qu'il n'en faut. Quand on a trop de définition, encore que ça dépend ce qu'on appelle la définition, la peau des gens est..., il faut filtrer, filtrer, filtrer, alors on se tue à filtrer, à enregistrer des images floues, floutées comme le filtre perlé de Tiffen ou je ne sais quoi. Puis on enregistre ça avec une très haute définition. C'est complètement con !

Mais on a trouvé une astuce qui consiste à faire bouger la cible d'une image à l'autre d'un demi-pixel. Si on fait ça de manière aléatoire on retrouve quelque chose de l'ordre du captage film où les grains passent leurs temps à bouger d'une image à l'autre.²⁰ »

B/ Caractéristiques du capteur de la Delta Penelope

1. Définition du capteur

Avant de s'intéresser au capteur vibrant, il nous faut bien comprendre ce que signifient les termes employés par Martin Roux et Jean-Pierre Beauviala :

« **La définition d'une image numérique** est caractérisée par le nombre total de pixels qui la composent. Elle s'exprime soit en nombre de pixels horizontaux et verticaux, soit en nombre total de pixels. »²¹

Ainsi lorsque que l'on regarde dans les métadonnées des images enregistrées avec la Delta Penelope nous constatons qu'une image possède une définition de 3,5K quand la fonction capteur vibrant est désactivée. Ainsi le capteur de la Delta Penelope a bien une définition de 3,5K.

20 **BILLOT, Josselin**, « Test de la Delta Penelope d'Aaton », cinematographie.info, mise en ligne : 09/06/2013,

URL : <https://cinematographie.info/index.php?/topic/3464-test-de-la-penelope-delta-daaton/?s=5200dc6072f6f511d6867cdda7e8d985> (consulté le 15/06/2020)

Lucy From Paris EP3 - Test Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/67811891> (consulté le 21/07/2020)

Making Of Lucy From Paris EP3 - Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/71203241> (consulté le 21/07/2020)

21 **BELLAÏCHE, Philippe**, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p594

Attention toutefois, cette caractéristique ne doit pas être confondue avec la résolution spatiale :

« **La résolution spatiale d'une caméra vidéo** est définie par le nombre maximal de lignes blanches et noires alternées qui peuvent être distinguées sur une dimension égale à la hauteur de l'image. Elle s'exprime en nombre de lignes TV par hauteur d'image (LTV/Ph).²² »

Après avoir défini ces deux termes, nous comprenons mieux ce que nous a expliqué Martin Roux :

« Le capteur vibrant c'était une décorrélation concrète entre définition du capteur et capacité de résolution. Je trouve que c'est hyperintéressant parce que ça permettait de changer la résolution sans changer la définition du capteur.²³ »

Or quand nous regardons les métadonnées d'une image enregistrée par la Delta Penelope lorsque la fonction vibrante est activée nous constatons qu'une image possède une définition de 7K. Tout semble se passer comme si la vibration du capteur avait doublé la définition de l'image. À ce sujet Martin Roux nous en a expliqué le principe :

« La réflexion est la suivante : comment faire pour que d'une image à la suivante, les photosites bougent ? La solution qui a été trouvée par Jean Pierre Beauviala et son équipe consiste à faire bouger le capteur d'image en image. Le capteur bouge donc, perpendiculairement à l'axe optique, pour prendre une position différente de quelques microns à chaque image. Il en résulte une définition accrue, puisque d'une image 3,5K, Aaton parle d'une image 7K obtenue.²⁴ »

Mais l'innovation ne se situe pas là puisqu'en 2012 si l'on se réfère à la « Digital Camera Comparison Chart » qui est une publication annuelle de l'ASC il existe déjà des caméras de cinéma numérique dont la définition va de la HD à la 8K.

L'innovation du capteur vibrant se situerait donc plutôt dans la manière d'aborder la question. Là où le cinéma numérique a fait de la définition un standard permettant de normaliser la chaîne de

22 Id., p 253-254

23 **Martin ROUX**, entretien réalisé par visioconférence le 10/04/2020

24 **ROUX, Martin**, *Persistence ou l'influence de l'esthétique argentine sur les technologies numériques*, Mémoire de fin d'études, ENS Louis-Lumière, 2012, p31

*The American Society of Cinematographers

postproduction la Delta Penelope essaie d'en faire un moyen de maîtriser la résolution pour recréer un rendu semblable à celui de la pellicule.

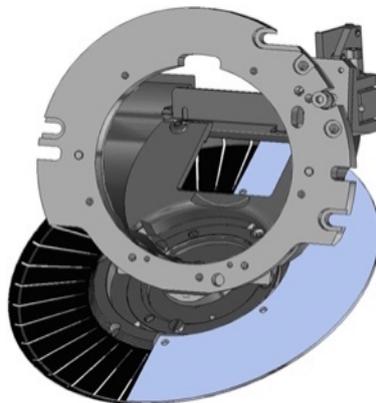
2. Vibration du capteur

Dans son mémoire de master rendu à l'ENS Louis-Lumière en 2012, Martin Roux explicitait le concept de la stochastique du film qui semble être ce qui manque au numérique pour donner la même sensation que le support argentique.

« La stochastique du film assure donc l'implication totale (car inconsciente) du spectateur dans la reconstitution d'un environnement coloré fidèle à sa perception du réel. C'est aussi pour ce phénomène coloré que Jean-Pierre Beauviala, avec Aaton, a choisi de faire bouger le capteur de la Penelope Delta à chaque image. Pour essayer d'obtenir de subtiles variations.

« En cinéma argentique, d'un photogramme à l'autre, vingt-quatre fois par seconde, on n'a pas le même récepteur de lumière. D'une image à l'autre, les grains sensibles ne sont pas au même endroit et en plus ils n'ont pas la même taille donc pas la même sensibilité. Chaque point de l'image est successivement légèrement surexposé, puis sous-exposé. Le cerveau a donc plus d'information à interpréter et perçoit une image plus subtile et plus nuancée (très important pour la structure de carnation). La structure aléatoire de l'image argentique suscite l'émotion liée à ce travail inconscient du regardeur !

En revanche en numérique, les pixels du capteur sont identiques d'une image à l'autre ; ils ne captent pas la matière, la profondeur des couleurs comme sait le faire la pellicule. »²⁵



Miroir obturateur de la Delta Penelope

25 ROUX, Martin, *Persistence ou l'influence de l'esthétique argentique sur les technologies numériques*, Mémoire de fin d'études, ENS Louis-Lumière, 2012, p45

En 2013, Éric Guichard réalise des essais pour le film « Les Saisons » réalisé par Jacques Perrin. Au cours de ces essais, il filme des images avec une Delta Penelope dont Olivier Garcia, directeur de la société HD System, assurera la postproduction.

Voici ce que nous dit Olivier Garcia au sujet de son expérience dans le traitement des images « vibrantes » de la Delta Penelope :

« L'idée du capteur vibrant était vraiment une très bonne idée. Mais nous avons parfois des problèmes de netteté avec le capteur vibrant. C'est-à-dire qu'avec ce procédé vibrant nous perdions un peu de piqué et nous avons parfois des manques d'informations couleur. Or si vous avez moins d'informations couleurs vous avez aussi moins d'informations de netteté. C'est la résultante de ce qu'analyse votre cerveau.

Par exemple si je fais une analogie avec du 35mm, en projection, avec le grain d'argent qui bougeait aléatoirement la résolution donnait environ du 3,5K. Mais comme le grain d'argent n'est jamais à la même place sur l'écran, votre cerveau est trompé, il reçoit trop d'informations qui bougent en même temps et votre cerveau vous envoie le signal qu'il y a une résolution élevée. Ainsi vous avez l'impression qu'une image 35mm est finalement aussi piquée qu'un capteur 4K alors que ce n'est pas vrai. Et ce phénomène affecte également la couleur. C'est-à-dire que plus vous avez d'informations couleurs plus votre cerveau aura l'impression qu'il y a beaucoup de résolution et de netteté.

Donc ce qui était intéressant dans le fait que le capteur soit vibrant c'était comme le disait Aaton de chercher à donner le même aspect que le 35mm, on va perdre le cerveau en essayant de faire en sorte que les pixels, les photosites ne soient jamais à la même place.

Donc le but du jeu était de récupérer le fameux fichier DNG open source et de se servir de cet effet vibrant pour redonner au cerveau la perception de l'aspect 35mm tout en évitant de trop altérer l'information de couleur et la netteté.²⁶ »

Ainsi d'après ce que nous a expliqué ce spécialiste de la postproduction, la fonction vibrante du capteur intégrée à la caméra permettait d'augmenter le nombre d'informations enregistrées et permettait d'obtenir un rendu analogue à celui de l'argentique par un travail d'intégration de ces données en postproduction.

Or pour obtenir ce rendu le travail des laboratoires de postproduction numérique était beaucoup plus complexe et beaucoup plus lourd que pour n'importe quelle autre caméra numérique de l'époque,

26 Olivier GARCIA, entretien réalisé par téléphone le 22/04/2020

comme l'explique Olivier Garcia :

« En fait l'effet vibrant ne donnera pas le même rendu d'un plan à l'autre. C'est pour cela qu'il faut traiter chaque plan indépendamment et c'est beaucoup plus difficile à gérer que du 35mm parce qu'au départ les photosites sont à la même place. Donc on triche et c'est beaucoup plus difficile à gérer dans une fiction classique. Nous sur ce film on avait à gérer beaucoup d'animaux et donc beaucoup de métrages parce qu'on on tournait beaucoup. Il y avait vraiment beaucoup de rushs qu'on devait traiter rapidement pour le montage et ça représentait vraiment beaucoup de boulot.²⁷ »

Il existait dans la chaîne de production argentique un acteur qui avait un rôle essentiel dans le rendu des images argentiques : l'émulsionneur. Certes les laboratoires pouvaient développer les pellicules selon différents procédés pour obtenir des rendus différents, mais toujours dans le cadre de ce que permettaient les pellicules conçues par les émulsionneurs.

Or l'arrivée des capteurs numériques a fait disparaître cet acteur et a laissé une place vacante qu'ont dû se partager les laboratoires et les fabricants de caméras. Et la question du développement des images numériques telle qu'elle s'est posée avec la Delta Penelope en 2013 semble toujours d'actualité d'après les propos d'Éric Guichard :

« Jean-Pierre militait pour un système qui soit pérenne. Aujourd'hui par exemple, au sujet des fichiers Red One, les logiciels ont eu tellement de mises à jour que nous ne sommes plus capables de développer une Red One. Il nous aurait fallu garder la version originale avec le fichier original et le redévelopper avec le développeur de l'époque. Or évidemment personne ne l'a gardé puisque l'ordinateur lui-même ne tournerait peut-être plus aujourd'hui. Il y a un problème de pérennité dans le fichier numérique qui est problématique. Maintenant c'est un petit peu mieux géré parce que c'est mieux suivi par les laboratoires. Mais on ne sait pas où l'on en sera dans 20 ans et personne n'est capable de le dire. On peut imaginer que les fichiers qui n'ont pas été transférés sur des supports plus ouverts ne pourront plus être ouverts. Nous n'aurons peut-être plus la machine, le savoir-faire ou le bon logiciel pour traiter ces images.²⁸ »

²⁷ Olivier GARCIA, entretien réalisé par téléphone le 22/04/2020

²⁸ Eric GUICHARD, entretien réalisé par visioconférence le 15/05/2020

Chapitre 3. Les données de la Delta Penelope

Pour comprendre de quoi sont faites les images de la Delta Penelope il nous a fallu étudier le devenir des données de cette caméra et s'interroger sur le rôle qu'ont à y jouer les différents acteurs de l'image. Mais comme nous l'a fait remarquer Martin Roux :

« [...] à partir du moment où tu dis : je fais une caméra qui fait un RAW lin, ta caméra est finie. Elle livre un RAW lin, il n'y a pas de problème. Le problème si tu veux c'est ce que tu vas donner comme outil, comme courbes pour optimiser l'exploitation de la dynamique et de la couleur en postproduction ou pas.²⁹ »

A/ Enregistrement des données de la Delta Penelope

1. Encodage

Comme nous l'avons vu la matrice de Bayer permet au capteur d'être sensible à 3 couleurs. Et comme nous l'a expliqué Martin Roux ce sont ces 3 couleurs qui vont être converties en signal dans la caméra :

« Dans toutes les caméras CCD et CMOS actuelles, la quasi-totalité des traitements que subissent les signaux R, V, B s'effectue en numérique par des circuits à très haute échelle d'intégration. Il en découle de nombreux avantages, tant sur le plan de la facilité et de la précision des réglages que sur celui de leur fiabilité. »³⁰

Cette conversion se fait en plusieurs étapes : la première est analogique, lorsque les photons réagissent avec les cellules photosensibles pour être transformés en une tension et la seconde est numérique lors de la conversion de cette tension en données numériques, en octets. La littérature technique nous permet de mieux comprendre ce qu'il se passe au niveau de cette étape :

« [...] toute caméra numérique comporte forcément un étage de traitement analogique, destiné à mettre en forme le signal issu des capteurs : échantillonnage, gains vidéo et, dans certains

²⁹Martin ROUX, entretien réalisé par visioconférence le 10/04/2020

³⁰BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p227-228

cas, précompression de la dynamique. Ce n'est qu'ensuite que le signal est converti en numérique.³¹ »

Or cette conversion de l'analogique au numérique, le passage du signal aux données, influence directement le rendu d'image via la dynamique lumineuse qu'elle impose à la caméra :

« Les niveaux de tensions analogiques issues des capteurs photosensibles CCD ou CMOS sont convertis en numérique via un processus classique de quantification linéaire. Le nombre de bits utilisés pour la quantification des composantes R,V,B de chaque pixel est appelé « profondeur de codage ». **La profondeur de codage est un paramètre déterminant puisque c'est d'elle que dépend la dynamique lumineuse tolérée sur l'image**, c'est-à-dire le ratio entre le point le plus lumineux et le point le plus sombre pouvant être simultanément affichés sans écrêtage ni altération des dégradés. »³²

Ainsi le choix d'une profondeur de codage pour un fabricant de caméras n'est pas anodin, c'est lui qui fixe les limites de sa caméra, celles sur lesquelles on ne pourra pas revenir en postproduction :

« Le ratio en contraste est mathématiquement égal à $2^a:1$, où a est le nombre de bits de quantification. L'échelle est linéaire, à chaque fois que la quantité de lumière double, la valeur numérique double. »³³

« Si l'on associe communément la profondeur de codage à la dynamique lumineuse, c'est parce que l'on suppose que l'image ne doit pas afficher de postérisation visible. Cela signifie que le nombre de niveaux de gris disponibles soit affecté à une dynamique lumineuse dont l'étendue est raisonnablement dimensionnée. Tout doit être fait pour que le pas entre chaque niveau de luminosité soit suffisamment faible pour donner une gradation visuellement continue et non en marches d'escalier. Car sinon, sur le plan technique, même une image codée sur seulement 8 bits peut afficher une image d'une dynamique de 16 diaphs. Mais elle serait absolument inexploitable, car totalement postérisée. »³⁴

31 BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p. 227-228

32 BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p. 230-231

33 Idem

34 Idem

En 2013, la Delta Penelope a fait le choix de proposer un enregistrement linéaire encodé en 16 bits là où très peu d'autres caméras proposent une telle profondeur de codage. En effet elles vont plutôt proposer des solutions propriétaires qui sont toutes différentes comme le démontrent les explications de Martin Roux en se référant à d'autres caméras contemporaines de la Delta Pénélope :

« À l'époque Red ont un RAW 12 bits et du Redlog film, RedGamut je ne sais pas combien. Si tu veux, ils ont, dans leur environnement fermé et leurs courbes, une proposition d'interprétation de l'image. Arri a ça également, mais Arri par contre n'a pas de caméra qui fasse du RAW. Ils proposent tout de même le ArriRaw, mais c'est du RAW Log et c'est très peu utilisé, ça reste marginal. Arri ils ont vraiment fait le boulot de donner des courbes et pas mal d'informations sur leur traitement des données et de manière générale tout le monde utilise leurs caméras en LogC donc en Log 10 bits.

La Sony F900 ça n'a rien à voir, parce que ce n'est pas une caméra qui enregistre du Log. C'est une caméra vidéo sur laquelle tu peux faire des hypergamma donc en gros c'est une caméra broadcast avec quelques fonctions étendues, mais c'est une caméra broadcast. Donc d'une certaine manière elle n'est pas dans le même monde en termes de fonctionnement électronique. C'est une caméra qui livre une image qui est déjà dans un espace rec709 qui n'est pas du tout dans un espace, disons wide gamut. Ce n'est pas pareil.

Et la Genesis fait un RAW qui je crois s'appelle le Panalog. C'est une caméra qui fait de la vidéo 12 bits Log, un truc comme ça. En tout cas, si tu veux comme approche du RAW un petit peu « pur » c'est une des toutes premières caméras qui fait un RAW pas compressé, lin, 16 bits. C'est un peu dément si tu veux comme alignement de spécifications.

Après il va y avoir pas longtemps après la F65. C'est du 16 bits, c'est un tout petit peu compressé, mais ce n'est qu'une compression de rien du tout si tu veux parce que c'est juste une courbe de compression mathématique très simple. C'est hyper échantillonné.

Ensuite il va y avoir toutes les caméras Sony et Red va se mettre au 16 bits aussi en réduisant considérablement ses taux de compression. Donc d'une certaine manière, si tu tournes en compression 3 pour 1 avec une Red tu es quand même très peu compressé. Alors que si tu es en 16 bits 3 pour 1 tu as quand même un bon débit. Mais ça reste de la compression spatiale, c'est ce que faisait Sony à ce moment-là sur la F65.

Donc quand la Delta Penelope sort, elle a ce côté sans concession du RAW linéaire qui est assez nouveau.³⁵ »

Derrière ces choix techniques de la Delta Penelope, en se référant aux propos de Jean-Pierre Beauviala, il semble y avoir une réflexion à plus long terme sur la gestion des données ainsi qu'un pari sur les futurs standards qui permettront de traiter ces données :

« ...pour les mémoires actuelles, quand tu fais du 4K (même si on a une astuce pour que, sans compresser... enfin bon, on ne va pas rentrer dans le détail), c'est quand même des flux gigantesques ! Alors, c'est difficile de les enregistrer dans la caméra. C'est déjà plus facile de les copier sur des disques normaux [de stations de postproduction]. Mais après, tu te retrouves avec des TeraBytes !...

Mais, ça vient ! L'année prochaine. **Nous, si on fait une caméra, ce n'est pas pour dans 6 mois, mais pour dans un ou deux ans.** Et dans deux ans, ce problème ne se posera plus. C'est pour ça qu'on n'a pas choisi la méthode compressée.³⁶ »

Or comme le montrent les choix des différents fabricants de caméras, le numérique se refuse à toute standardisation, à toutes normes en matière de gestion des données. De sorte qu'en 2013 aucun standard ne s'est encore imposé rendant toujours complexe le traitement des données de la Delta Penelope pour en exploiter pleinement le potentiel.

2. Format d'enregistrement

Pour mieux comprendre ce qu'est précisément le RAW nous sommes allés chercher sa définition dans *Les secrets de l'image vidéo* de Philippe Bellaïche :

« « RAW » n'est pas un acronyme, mais un terme anglais signifiant « brut ». La particularité de ce format est d'enregistrer directement les données natives issues du capteur, sans aucun traitement vidéo ni même dématricage de Bayer. Les données récoltées par les photosites des

35 **Martin ROUX**, entretien réalisé par visioconférence le 10/04/2020

36 **CHATELET, Thomas**, « Jean-Pierre Beauviala : le magasin numérique 4K de l'Aàton Pénélope (entretien avec Jean-Pierre Beauviala au Micro-Salon 2010, le 13/02/2010) », cinematographie.info, mise en ligne : 26/02/2010,

URL : <https://cinematographie.info/index.php/?topic/1720-jean-pierrebeauviala-%20le-magasin-numerique-4k-de-laaeton-penelope-videoenglish/> (consulté le 15/06/2020)

<https://www.youtube.com/watch?v=XOsU-2NvQdo&feature=youtu.be> (consulté le 15/06/2020)

capteurs sont récupérées dans leur état le plus rustique et converties en numérique. Elles contiennent l'intégralité des trois couches d'information R, V, B et peuvent être utilisées en postproduction pour se prêter à toutes les intentions artistiques, comme si elles provenaient directement du capteur. Le format RAW présente également comme force majeure de conserver la pleine profondeur de codage dont bénéficie la caméra, pouvant aller jusqu'à 16 bits. L'intégralité de la dynamique lumineuse de la scène que le capteur emmagasine est ainsi totalement préservée. **Un fichier RAW n'est donc pas un fichier image, mais un fichier de données** qui contient toutes les informations requises pour faire une image. Il constitue ce que l'on appelle communément un « **négatif numérique** », par analogie au négatif film. Comme ce dernier, il doit être « **développé** », entendez par là que ses données doivent être interprétées pour constituer l'image finale. Il forme ainsi un *master* qui peut être archivé tel quel et qui pourra être ressorti plusieurs années plus tard pour être traité avec un étalonnage différent ou pour être conformé selon de futures normes de projection numérique. La phase d'étalonnage définitif peut, si elle est assez basique, se faire depuis les logiciels de montage, ou alors au moyen de logiciels dédiés très sophistiqués, offrant des possibilités inouïes. **Il existe plusieurs types de fichiers RAW propriétaires, chaque marque ayant le sien, avec sa propre structure et son extension de fichier.** Les formats propriétaires sont certes totalement incompatibles entre eux et font perdre la notion de standard universel que constituait la pellicule 35mm, mais ils ont comme intérêt d'être optimisés par chaque fabricant pour chaque type de caméra.

Si le processus RAW offre des avantages indéniables, il présente en contrepartie un inconvénient majeur. Il est en effet très gourmand en données, plus de 5 fois plus qu'un codec vidéo traditionnel, et **son traitement nécessite une puissance informatique conséquente.** Une carte mémoire de 64 Go peut contenir 6 minutes d'un fichier RAW 4K sur 16 bits (débit de 1,3 Gbits/s en 25p), mais 1 heure de XAVC Intra 4K (10 bits, 250 Mbits/s en 25p). Pour réduire le volume binaire, certains constructeurs proposent un RAW compressé sans perte en ondelettes, qui peut être un bon compromis.³⁷ »

Dans cet ouvrage nous retrouvons l'idée que le RAW serait l'équivalent du négatif argentique. Or en argentique le garant du négatif film était l'émulsionneur qui a aujourd'hui disparu en laissant une place libre. Mais au lieu qu'un nouvel acteur vienne prendre sa place, il semblerait que ce soient les

³⁷ BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p287

fabricants de caméras qui aient choisi de jouer le rôle d'un émulsionneur numérique.

Voici ce qu'explique un document publié par la CST à ce sujet :

« L'intérêt du mode RAW est de chercher à préserver le maximum d'information et de dynamique. C'est à tort que le RAW est souvent appelé Négatif numérique puisque, comme énoncé précédemment, une partie du développement est effectué dans la caméra et que, par ailleurs, sa progression est positive.

L'inconvénient d'un fichier RAW est, certes, d'être plus volumineux, mais il faut rappeler qu'un fichier RAW non dématricé ne contient que le tiers des informations que contiendrait un fichier RGB extrapolé ou même un fichier composantes vidéo Y'CbCr non compressé avec la même profondeur de quantification. Tous les photographes savent qu'avec la même profondeur de quantification et la même résolution, un fichier RAW est toujours moins volumineux qu'un fichier Photoshop dématricé et cela dans un rapport de 1 à 3 (sans tenir compte des calques éventuels).

Chaque fabricant a développé son propre type d'encodage RAW. En cas d'impossibilité de lecture directe des valeurs inscrites dans le fichier RAW (du fait de l'absence de communication de la part des fabricants), Adobe DNG Converter sera utilisé pour transformer le RAW en DNG, mais sans certitude d'une transparence absolue dans la conversion.

Il est indispensable de connaître les différents types de solutions dites RAW, les courbes de transfert et les profondeurs de quantification pour comprendre les limites, les avantages et les inconvénients de tel ou tel système.³⁸ »

Ainsi comme nous avons déjà commencé à l'exposer, chaque fabricant propose une solution différente qui a chacune ses avantages et ses inconvénients, comme le détaille le document de la CST :

« **Les fichiers Arri RAW :**

Le système ARRI RAW se base sur un log C dont la formule, et donc la courbe, change selon la sensibilité affichée sur la caméra. Le traitement se fait en 16 bits linéaires dans la caméra puis est converti en log C sur 10 bits ou 12 bits avant écriture dans le fichier.

C'est donc un fichier RAW en 10 bits ou 12 bits log qui est enregistré. La courbe log dépend

38 Groupe de travail du département image de la CST : GAUDIN, Jacques SARLAT, Alain, ARNAUD, Gilles, CAINJO, Yann, MAGNIEN, Baptiste, *Étude sur les caractéristiques des capteurs*, CST, Février 2019, p23

de la sensibilité affichée sur la caméra ; la sensibilité n'est donc pas une métadonnée.

L'intérêt de ce système est de pouvoir quantifier différemment les basses lumières ou les hautes lumières selon le réglage de la sensibilité sur la caméra. Une sensibilité faible privilégiera le rendu de hautes lumières et à l'inverse une sensibilité haute celui des basses lumières.

Les fichiers RAW Panasonic :

La Varicam Pure est une version de la Varicam 35 équipée d'un module partenaire, Codex, permettant d'enregistrer en RAW 4096x2160 non compressé 12 bits en V-Log jusqu'à 120 i/s (10 bits au-delà) et s'appuyant sur le standard DNG. À noter que la balance des blancs est faite préalablement et n'est donc pas une métadonnée. Cette gamme de caméras présente également la particularité de posséder deux sensibilités ISO nominales, 800 ISO et 5000 ISO.

La Varicam LT peut également, via une double liaison SDI 3G, enregistrer en RAW sur un Atomos Shogun ou un Odyssey 7 Q+ en DNG. Le V-RAW a les mêmes caractéristiques que sur la Varicam Pure : 4K 12 bits non compressé, mais jusqu'à 60 i/s maximum.

Les fichiers RAW Sony :

Sony propose, via les interfaces idoines, des fichiers RAW X-OCN (X-Original Camera Negative) 16 bits en mode linéaire. X-OCN ST est la version standard ; X-OCN LT est la version allégée, compressée sans pertes visibles. Sur la Venice, Sony propose également deux modes de sensibilité (500 ISO et 2500 ISO). Sur la F65, la température de couleur n'est pas une métadonnée.

Les fichiers RAW Red :

RED a fait du mystère un outil marketing. RED propose un fichier RED RAW compressé R3D. L'espace couleur proposé est un espace REDWideGamutRGB (RWG) basé sur un blanc D65 et un log sur 10 bits Log3G10 pour lequel le gris à 18 % se retrouve à 30 % de la valeur numérique de sortie.³⁹ »

Nous avons déjà dit que la Delta Penelope proposait un RAW linéaire 16 bits, mais il nous faut préciser que ce RAW est enregistré dans un fichier « open source » celui proposé par Adobe, le

³⁹ Groupe de travail du département image de la CST : GAUDIN, Jacques SARLAT, Alain, ARNAUD, Gilles, CAINJO, Yann, MAGNIEN, Baptiste, *Étude sur les caractéristiques des capteurs*, CST, Février 2019, p24-26

CinemaDNG dont le document de la CST approfondit la définition :

« Le type de fichier DNG, Digital Negatif, a été développé par Adobe à partir de la structure des fichiers TIFF, Tagged Image File Format, dans le but de créer un équivalent des fichiers RAW à la fois pour la prise de vue et pour l'archivage. C'est un format ouvert encodé de 8 à 32 bits pouvant contenir une image RAW matricée ou une image déjà développée, c'est-à-dire dématricée.

Un fichier DNG peut, en théorie, être codé en log ou en linéaire sur 8, 16 ou 32 bits avec ou sans compression et intégrer de nombreuses métadonnées comme un profil (LUT), voire une géolocalisation.

Un certain nombre de caméras (Varicam LT, BlackMagic) ou encore d'enregistreurs externes (Atomos Shogun ou un Odyssey 7 Q+) permettent d'utiliser ce mode d'enregistrement. On peut regretter qu'un plus grand nombre de constructeurs n'offre pas cette option. Cependant, les vidéos DNG se présentent sous forme d'un dossier contenant des milliers d'images DNG ce qui n'est pas forcément commode à manipuler : on a plus l'habitude, en vidéo, de considérer un plan comme un seul fichier encapsulant toutes les images, un code temporel et même le son.⁴⁰ »

L'explication fournie sur le site d'Adobe au sujet du DNG permet de bien comprendre l'intention derrière la création de ce standard :

« Digital Negative (DNG) est un format public d'archivage permettant de stocker les fichiers Raw générés par de nombreux appareils photo numériques. Ce format pallie l'absence d'un standard ouvert pour les fichiers Raw créés par les modèles d'appareils photo et garantit aux photographes qu'ils pourront accéder à leurs fichiers à l'avenir.⁴¹ »

Mais ce choix d'une solution ouverte et transparente ne semble pas forcément compatible avec la pression économique qui pèse sur les fabricants de caméras comme l'explique Éric Guichard :

«Il faut comprendre que les fabricants ce sont leurs **brevets**, ils ne peuvent pas ouvrir les

40Groupe de travail du département image de la CST : GAUDIN, Jacques SARLAT, Alain, ARNAUD, Gilles, CAINJO, Yann, MAGNIEN, Baptiste, *Étude sur les caractéristiques des capteurs*, CST, Février 2019, p23-24

41 S.A. www.help.adobe.com, Digital Negative (DNG), Format d'archivage public pour les données Raw d'appareil photo numérique, mis à jour le 02/03/2020 URL :<https://helpx.adobe.com/fr/photoshop/digital-negative.html> (consulté le 04/08/2020)

robinets comme cela. Sinon tout le monde va les copier. Sony fait des caméras depuis des dizaines d'années, ils ont des dizaines de brevets, des dizaines de savoir-faire. Certains sont extrêmement secrets, donc ouvrir les robinets est juste impossible. Parce que les brevets ne suffisent pas à protéger. Si tu ouvres une caméra et qu'on découvre comment tu codes, comment tu traites le signal. Tout le monde va s'en emparer et **les fabricants ne peuvent pas se le permettre l'open source**. Là où ils peuvent aller plus loin, c'est ce que Philippe Ros défend : que l'on puisse modifier les réglages de la caméra. Arri le fait un petit peu maintenant, Sony commence à le faire. **La démarche de Philippe Ros, c'est de dire ne nous dévoilez pas vos secrets, mais laissez-nous interférer dans certains réglages**. Le picking, toutes ces problématiques ne serait-ce que la courbe, pourquoi ne pas changer la courbe d'un capteur si on a envie sans dévoiler les secrets de fabrication.⁴² »

B/ Traitement des données de la Delta Penelope

En plus des Delta Penelope Aaton mettait à disposition des utilisateurs un logiciel de traitement des données baptisé Ergon. Un logiciel qui était censé permettre le dematriçage, la gestion du capteur vibrant et la gestion du rendu des couleurs.

Martin Roux nous a expliqué le principe de ce logiciel :

« L'Ergon c'était un soft de débayer de la caméra qui servait à réinterpréter aussi le shift du capteur quand tu l'activais. Mais si tu veux d'une certaine manière c'est un peu un détail par rapport au fait de donner des outils d'interprétation du contraste et de la couleur.

Arri fournissent leur caméra aussi avec des maths pour un color mapping, un gamut mapping qui est le LogC, le Arri wide gamut, etc. Ce qui veut dire que tu peux utiliser un fichier Arri dans n'importe quel logiciel d'étalonnage et te retrouver avec une proposition d'interprétation de fichier qui d'une manière générale est la proposition appliquée par tout le monde. Sauf si tu es en ACES* où c'est la proposition de l'ACES, mais sinon les autres solutions sont issues de leurs maths à eux (celles des fabricants), et ça fait partie du boulot de développement de la caméra d'une certaine manière.

Jean-Pierre était assez étranger à la postproduction numérique, il connaissait bien la

42 Eric GUICHARD, entretien réalisé par visioconférence le 15/05/2020

*Academy Color Encoding System

postproduction film, mais il connaissait un peu moins bien la postproduction numérique. Il a fait une caméra sur laquelle il ne livrait pas comme ça de solution clé en main en postproduction. C'était une caméra qui enregistrait en lin, par là même il y avait très peu d'intervention sur le fichier. Effectivement c'était une mentalité assez open source, mais en réalité le monde à l'époque était tel qu'il fallait quand même donner des clefs aux gens parce que tu ne pouvais pas juste demander aux labos de faire la recherche. À l'époque tu arrivais avec ta caméra, tu mettais le fichier dans le logiciel et tu t'attendais quand même à ce qu'il se passe un petit truc. Et il y avait des softs avec lesquels tu n'y arrivais pas, donc très concrètement, ce n'était pas facile à traiter.⁴³ »

À l'inverse pour Éric Guichard l'Ergon était justement le logiciel qui permettait d'avoir rapidement une image à partir des données enregistrées par la Delta Penelope :

«L'idée de Jean-Pierre était que l'on puisse tout de suite regarder les images, donc les « débayeriser » rapidement. Car tu ne pouvais pas lire directement les fichiers DNG sur un ordinateur. Il fallait des outils, à l'époque il n'y avait pas Da Vinci du moins il n'était pas capable de les lire. Il a donc fabriqué l'Ergon qui permettait tout de suite de « débayeriser » les images rapidement. Et d'avoir déjà un flux lisible soit le lendemain par le réalisateur soit pour valider l'image. Ensuite tu envoyais les images au labo qui les traitait de manière x ou y et surtout pouvait les sauvegarder. Donc l'Ergon c'était un outil très pratique. Je pense que dans l'idée de Jean-Pierre le but était d'avoir un workflow très léger. D'un côté un workflow lourd où on envoie la carte au laboratoire qui fait son travail de backup, etc. Et d'avoir sur le plateau un outil léger qui permet de voir les images en bonne qualité, développées à la volée. Et c'était magique, car à l'époque personne ne savait faire cela.⁴⁴ »

Mais il semble que l'utilisation de l'Ergon n'allait pas forcément de soi comme en témoigne cet échange de 2013 entre deux jeunes chefs opérateurs Josselin Billot et Thomas Favel sur le forum du site *cinematographie.info* :

« Effectivement, notre premier réflexe a été d'utiliser l'Ergon, fourni par Aaton, puis nous avons eu des doutes suite à la debayerisation d'un plan qui présentait des défauts :

Problème de matriçage dans le flare violet, et problème dans les hautes lumières sur les pavés

43 **Martin ROUX**, entretien réalisé par visioconférence le 10/04/2020

44 **Eric GUICHARD**, entretien réalisé par visioconférence le 15/05/2020

(sorte de liseré jaune autour des zones surexposées). Nous pensions qu'il pouvait s'agir d'un problème de débayerisation, nous avons donc tenté sur DaVinci Resolve qui semblait atténuer le phénomène. Voilà pourquoi nous avons travaillé avec le soft de Blackmagic.

Voici une capture d'écran du résultat sur DaVinci (je n'ai pas la version sortie de l'Ergon sur mon ordi pour comparer, mais je vais essayer de la mettre aussi en ligne) :⁴⁵ »



Figure 8 : problème de matriçage sur DaVinci Resolve

Face à ce constat, Thomas Favel avait proposé une piste de réflexion sur le problème rencontré :

« En fait c'est un peu plus complexe ce qui se passe chez DaVinci, j'ai l'impression qu'il transforme le lin en log. Évidemment cela atténue certains défauts, et rend l'image en quelque sorte plus flatteuse, disons plus proche de ce que voit l'oeil humain. Pour ma part cela me pose des problèmes un logiciel qui ne dit pas exactement ce qu'il fait des fichiers, au risque d'être bloqués en étalonnage... Est-ce que vous avez essayé de travailler les réglages d'Ergon, qui est un logiciel quand même assez ouvert ?

Je partage ton avis sur les hautes lumières, pas sur les basses. Si on pose pour les hautes les

45 **BILLOT, Josselin**, « Test de la Delta Penelope d'Aaton », cinematographie.info, mise en ligne : 09/06/2013, URL : <https://cinematographie.info/index.php/?topic/3464-test-de-la-penelope-delta-daaton/?s=5200dc6072f6f511d6867cdda7e8d985> (consulté le 15/06/2020)

Lucy From Paris EP3 - Test Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/67811891> (consulté le 21/07/2020)

Making Of Lucy From Paris EP3 - Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/71203241> (consulté le 21/07/2020)

basses viennent très doucement et finement, j'ai pour exemple un plan de Grenoble exposé pour les montagnes en fond, et une rue à l'avant-plan très sombre. Étalonnée sur Baselight on retrouvait une image très équilibrée, avec de hautes lumières très douces et de basses lumières avec du détail. Quant aux peaux, quelle beauté ! Enfin fini l'aspect papier glacé ! »⁴⁶

Patrick Leplat qui a également travaillé sur les images de la Delta Penelope chez Panavision n'a pas non plus utilisé l'Ergon pour traiter les images de la caméra :

« Moi je n'ai pas été impliqué dans l'Ergon simplement dans cette caméra il y avait un bayer et il fallait le débayeriser correctement c'était le rôle de l'Ergon. Au même moment je travaillais sur le Panavision Rushs Management et nous avons fait notre propre débayer de la Delta Penelope je n'avais donc pas besoin de l'Ergon, j'avais intégré le débayer de la Delta Penelope dans le Panavision Rushs Management. C'était un hardware spécifique vu que la caméra fait du RAW à haut débit, donc je comprends ce que fait l'Ergon, mais n'y ai pas participé. »⁴⁷

Au vu de ces différents témoignages, il nous semble qu'en effet, la chaîne de postproduction de la Delta Penelope était encore à trouver en 2013. Notamment au niveau de la gestion des images faites avec le capteur vibrant comme le mettent en évidence les propos de Josselin Billot et d'Éric Guichard :

Josselin Billot « On a regardé et re-regardé et c'était impossible de voir la différence entre le capteur qui bougeait et le capteur qui ne bougeait pas. Il nous avait dit que ça ne marchait pas bien, il nous avait dit que ce n'était pas fini, que c'était encore une Beta. Mais ça aurait pu être concluant s'il y avait eu une version définitive. Mais là pour le coup je ne peux rien dire d'autre que le fait qu'on ne voit absolument pas la différence. Je ne vois absolument pas l'intérêt et l'avantage du capteur vibrant.⁴⁸ »

Eric Guichard « Dans la caméra que j'ai eue, ce système n'était pas opérationnel. J'ai utilisé

46 **BILLOT, Josselin**, « Test de la Delta Penelope d'Aaton », cinematographie.info, mise en ligne : 09/06/2013, URL : <https://cinematographie.info/index.php?/topic/3464-test-de-la-penelope-delta-daaton/?s=5200dc6072f6f511d6867cdda7e8d985> (consulté le 15/06/2020)

Lucy From Paris EP3 - Test Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/67811891> (consulté le 21/07/2020)

Making Of Lucy From Paris EP3 - Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/71203241> (consulté le 21/07/2020)

47 **Patrick LEPLAT**, entretien réalisé par Caroline Champetier le 12/11/2020

48 **Josselin BILLOT**, entretien réalisé par téléphone le 13/03/2020

la double sensibilité 100 asa et de mémoire 800 asa. Ça fonctionnait très bien. Mais je n'ai pas utilisé le capteur flottant.⁴⁹ »

Dans le cadre d'essais pour la préparation du film *Les Saisons* de Jacques Perrin, Éric Guichard a pu réaliser des essais avec une Delta Penelope dont Olivier Garcia, directeur de la société de postproduction HD System, a assuré le traitement des données. Pour ce professionnel de la postproduction, l'important semble être de comprendre et de maîtriser les modifications apportées aux données, quels que soient les logiciels utilisés :

« Il faut savoir que le DaVinci Resolve permet de travailler les RAW de toutes les caméras sauf que le débayer ou le démozaïquage est fait par un toolbox SDK, c'est-à-dire que c'est le constructeur qui donne l'information de l'adresse hexadécimale des photosites, puisque le RAW c'est juste des adresses hexadécimales du capteur. Et la table de conversion fournie par le constructeur nous permet de savoir quelles sont les valeurs de chacune de ces adresses. Sauf que les constructeurs ne donnent pas la totalité du SDK parce que cela reviendrait à donner la possibilité à n'importe qui de refabriquer le même capteur.

Donc si on veut faire un workflow correct avec DaVinci Resolve pour obtenir la meilleure qualité possible il ne faut absolument pas mettre directement un fichier RAW dans le logiciel. On va débayer avec le soft du constructeur, chaque constructeur fournit son logiciel, Arri donne l'ARC, Sony donne le RAW Viewer et un autre soft le SRDM qui vaut dans les 25 000€. Il y aussi Red avec leur propre système. Ces solutions vous permettent d'avoir le maximum du rendu et là on peut sortir des fichiers en open EXR ou en DPX full. Et c'est ça qu'on met dans la timeline du DaVinci pour étalonner. On ne s'amuse pas à travailler en RAW parce que vous n'avez pas la totalité du SDK donc ça ne sert à rien. »⁵⁰

En numérique, le SDK semble être le nouveau lieu dans lequel se joue la protection intellectuelle du savoir-faire des fabricants :

« Il y a un brevet constructeur sur le SDK. Et c'est pour ça que si vous voulez obtenir le meilleur rendu chez Sony par exemple il vous faut le SRDM (Super Demozaic Processor) et c'est un software qui vaut 25 000€. Donc si vous êtes prêt à payer 25 000€ pour le software,

49 **Eric GUICHARD**, entretien réalisé par visioconférence le 15/05/2020

50 **Olivier GARCIA**, entretien réalisé par téléphone le 22/04/2020

Sony vous fait confiance parce qu'à priori ce ne sera pas pour le copier et de toute façon ils vous font signer une NDA (clause de non-confidentialité). Donc c'est qu'à priori vous cherchez plutôt à obtenir le meilleur rendu des images avec leurs caméras.⁵¹ »

Il apparaît donc que le choix d'une solution open source, d'un RAW ouvert et transparent pour la Delta Penelope était une prise de risque économique dans le sens où cette solution consistait à se retirer du jeu de la concurrence des fabricants de caméras. Or la transition numérique semble avoir complètement redistribué les cartes du jeu de cette concurrence que des acteurs économiques bien établis se livraient depuis de nombreuses années.

Pour comprendre l'échec commercial de la Delta Penelope nous avons donc élargi notre champ d'études à la vie économique de la société de Jean-Pierre Beauviala.

51 **Olivier GARCIA**, entretien réalisé par téléphone le 22/04/2020

Partie 2 : Enjeux économiques de la Delta Penelope

Chapitre 1. Transition numérique

A/ Évolution de la projection et des caméras numériques

Pour bien comprendre la transition numérique et le passage de caméra de cinéma argentique à des caméras de cinéma numérique, il nous faut voir les changements qui ont eu lieu dans les salles de projection. Pour ce faire la chercheuse Alexia De Mari nous aide à y voir plus clair :

« La transition numérique il faut voir les caméras, mais il y a vraiment toute la chaîne de production à prendre en compte. Et notamment les salles de cinéma, ça a été un coup d'accélérateur pour le développement du numérique dans les années 2000.

En 2005 c'est la sortie de la Red, en 2009 c'est Avatar. Et Aaton, eux, pendant les années 2000, vont sortir la A-Minima qui est encore une caméra film ; ils vont encore beaucoup travailler sur la pellicule même à la fin des années 90/ début des années 2000 alors que c'est à ce moment-là qu'il aurait fallu commencer les premières recherches sur le numérique, dès la fin des années 90.

Donc Aaton ne veut pas trop en entendre parler, Jean-Pierre dit qu'il a été un peu pris de cours par l'arrivée du numérique avec les aides du CNC, etc. Il pensait que la transition serait moins rapide.

Ça a été un peu le cas pour tout le monde, même Arri a vacillé un petit peu avec l'arrivée du numérique avant de sortir l'Alexa. Mais Arri ils avaient les épaules plus solides et ils ont réussi à sortir un appareil assez rapidement et un appareil assez fiable. Donc ils ont réussi à se relever.⁵² »

Ce remaniement a complètement bousculé le monde de la production cinématographique à tous les niveaux et le jeu de la concurrence a dû se réorganiser dans un monde en mouvement, avec une augmentation du nombre de tournages, qui cherche encore sa stabilité. Ce changement a été d'autant plus complexe qu'il s'est effectué extrêmement rapidement.

Les informations du CNC nous permettent de nous faire une idée de la vitesse à laquelle se fait ce changement brutal :

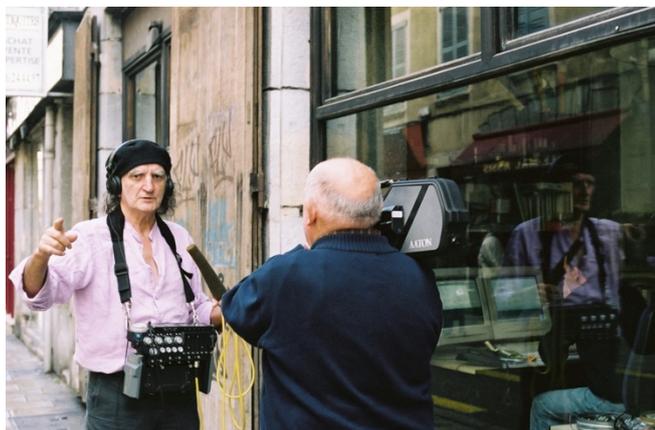
« Selon le CNC, «la proportion de films d'initiative française tournés en vidéo numérique [...] s'établit à 72,5 % en 2011 (150 films tournés en numérique pour 272 films tournés en France en 2011), contre 45,3 % en 2010 (92 films tournés en numérique pour 261 films tournés en

52 Alexia DE MARI, entretien réalisé par téléphone le 20/04/2020

France en 2010) et 41,8 % en 2009 (76 films tournés en numérique pour 230 films tournés en France en 2009) ».⁵³ »

Ainsi les entreprises actrices du cinéma argentique ont eu à s'adapter rapidement à ces nouvelles règles et aux nouveaux marchés que cela a ouverts notamment pour les fabricants de caméras. Ce changement de paradigme est intervenu à un moment délicat de la vie économique de Aaton qui était partagé entre le monde du son, le monde du cinéma argentique et le monde du cinéma numérique. À nouveau les propos d'Alexia de Mari nous permettent de mieux comprendre ce qui s'est joué lors de cette transition au numérique :

« [...] chez Aaton ce qui s'est passé c'est que comme leur section de recherche et développement s'est intéressée au numérique assez tard, ils se sont confrontés à de gros problèmes économiques. Parce que les utilisateurs du Cantar voulaient une deuxième version du Cantar. Les caméras pellicule ne se vendaient plus du tout et ils ont investi beaucoup d'argent assez tard dans cette caméra numérique et en même temps ils ne vendaient plus rien à côté. Parce que les utilisateurs du Cantar attendaient une deuxième version et les utilisateurs de caméra n'achetaient plus de caméras pellicules parce que le marché des loueurs était saturé, ils n'avaient plus besoin de nouvelles caméras pellicules. Et en plus les gens se tournaient vers le numérique. Donc d'un point de vue économique ils ont investi énormément d'argent dans la recherche et développement, dans le numérique, mais assez tard. Et à côté de ça ils ne pouvaient pas tenir du point de vue de la trésorerie parce qu'ils n'avaient plus d'autres rentrées d'argent.⁵⁴ »



Jean-Pierre Beauviala équipé d'un enregistreur son Cantar et Raymond Depardon en train de le filmer, rue Bayard, devant l'atelier d'électronique d'Aaton. Photo Valentine Miraglia, 2006.

*N. CANETTI et al., « Études – la production cinématographique en 2011 », sur CNC.fr, [<http://www.cnc.fr/web/fr/etudes/-/ressources/1567924>] (consulté le 23 mai 2017).

⁵³GRIZET, Denis, *Les appareils de prise de vues de la société Aaton (1971-2013). Du « direct » au « numérique » : techniques et esthétiques*, Mémoire de recherche Universités de Rennes 2, 05/07/2017, p92

⁵⁴Alexia DE MARI, entretien réalisé par téléphone le 20/04/2020

Ainsi il ne semblerait pas que ce soient des raisons techniques qui puissent expliquer l'échec commercial de la Delta Penelope. En effet selon cette analyse ce serait uniquement un problème de trésorerie qui y aurait conduit.

Nous avons donc voulu comprendre comment Aaton abordé le numérique via sa Delta Penelope.

B/ De la culture argentique à la culture numérique

Depuis sa création le cinéma repose sur un procédé photochimique qui permet de fixer des images sur un support physique, mais depuis quelques années ce procédé qui aurait pu sembler immuable a été remis en question par l'arrivée du numérique dans le monde du cinéma. Et comme nous l'explique Éric Guichard, c'est toute une industrie qui a dû se restructurer rapidement :

« Il faut savoir que l'histoire du numérique c'est à peine 10 ans. La culture du cinéma, de l'image du cinéma c'est quelque chose de très long à acquérir. Ils [les ingénieurs en charge de la conception des caméras numériques] sont jeunes et il y a beaucoup de turnovers. Si tu veux, les ingénieurs Kodak entraient à 25 ans par passion et ils y restaient jusqu'à 60 ans parce que les conditions de travail étaient excessivement bonnes, les salaires étaient très élevés. Quand tu étais ingénieur Kodak tu n'avais du tout envie d'aller voir ailleurs. D'autant plus qu'on t'offrait des moyens de recherche et développement qui étaient juste hallucinants. On parle de recherche et de développement équivalents à celles d'Apple. En chiffre d'affaires, c'était monstrueux. Alors que l'on sait que dans la vidéo, le numérique, le turnover est beaucoup plus important. Mais les secrets de fabrication ne sont pas pires que ne l'étaient ceux de la pellicule. Alors la différence c'est peut-être que la pellicule c'était physique tu pouvais en prendre un bout et regarder dedans au microscope, le numérique est dans un nuage, mais on sait très bien que les fabricants décortiquent tous les capteurs de leurs concurrents. Il est évident que Red son capteur a été dépiauté dès qu'il est sorti pour voir ce qu'il y avait dedans. Je n'imagine pas que Arri ne l'a pas fait.⁵⁵ »

Démonter une caméra, démonter le produit d'une entreprise concurrente pour comprendre quels sont

55 Eric GUICHARD, entretien réalisé par visioconférence le 15/05/2020

les procédés d'un concurrent et en déduire sa stratégie commerciale est une pratique qui se faisait déjà à l'époque de l'argentique comme en témoignent les propos de Jean-Pierre Beauviala recueillis par Alexia De Mari :

« Je faisais très peu d'espionnage industriel, ce qui était bien sûr une erreur. Mais à vrai dire, il n'y en avait pas à faire, il suffisait de prendre la caméra une fois disponible sur le marché et de regarder ce qu'il y avait dedans. En électronique, on était en avance, alors on ne regardait pas ce qui se faisait ailleurs. En optique, on travaillait avec d'autres entreprises donc on ne se posait pas de questions. La seule chose que j'aurais aimé savoir chez Arri, c'est comment ils faisaient pour avoir des peintures qui tenaient si bien. Je ne sais pas où ils les faisaient faire. Les nôtres étaient très vite abîmées.⁵⁶ »

Aujourd'hui lorsque l'on démonte une caméra pour l'étudier ce n'est plus uniquement la mécanique et l'électronique qui sont étudiées, mais ce sont également les nouvelles technologies numériques qui nécessitent de nouvelles connaissances et de nouveaux talents pour en comprendre les secrets.

Un enjeu pour la société Aaton dont Jean-Pierre Beauviala avait pleinement conscience :

« J'ai fait l'erreur de ne jamais me mettre à l'informatique. J'ai délégué complètement et j'ai embauché un nouveau directeur du bureau en électronique, parce que je n'étais plus capable de tout maîtriser, alors qu'au début, je maîtrisais tout. Si quelqu'un n'était pas compétent, je m'en rendais compte assez vite, mais j'ai perdu pied en 1983, quand l'informatique s'est vraiment introduite dans les machines Aaton : dans les caméras, les outils de postproduction. Je concevais le principe, mais je n'ai pas voulu écrire les logiciels moi-même, la programmation informatique n'est pas ma tasse de thé. Étant de moins en moins électronicien, je me suis mis de plus en plus à la mécanique. Je trouvais que certaines choses n'étaient pas mécaniquement intelligentes donc je me suis mis à regarder ça de plus près. Je suis allé voir comment les pièces étaient fabriquées, comment elles étaient assemblées, quels étaient les problèmes de fonctionnement, etc. C'est là que je me suis mis à dessiner mes idées non plus sur une nappe de restaurant, mais sur un logiciel de CAD (Computer Aided Design). Je ne dessinais pas comme un dessinateur industriel, mais au moins je pouvais dessiner un objet

⁵⁶DE MARI, Alexia, « Entretien avec Jean-Pierre Beauviala, sur le fonctionnement de l'entreprise Aaton », in *L'équipe de film, innovations et inventions*, sous la direction de Bérénice Bonhomme et Isabelle Labrouillère, article paru au sein du numéro 2 de *Création Collective au Cinéma*, 2019, p.214

URL : <https://f.hypotheses.org/wp-content/blogs.dir/6566/files/2019/06/Alexia-CCN-n2.pdf> (consulté le 15/06/2020)

dans les bonnes dimensions, j'étais maître de l'interaction. Pour pouvoir faire fabriquer ce que je dessinais, il fallait que je passe par un intermédiaire – une des trois personnes du bureau d'études – qui les dessinait avec toutes les conventions des mécaniciens pour que ces plans puissent aller chez les fabricants.⁵⁷ »

Devant la nécessité de maîtriser l'informatisation des caméras, Aaton s'est recentré sur les talents de ses ingénieurs et a développé leurs compétences à travers des formations en collaboration avec de nouveaux acteurs de l'image numérique. Pour Jean-Pierre Beauviala il est clair que la Delta Penelope doit énormément à l'un de ses ingénieurs dont Jean-Pierre Beauviala parlait lors d'un entretien : Pascal Grière.

« Pascal Grière, l'ingénieur qui est à la racine de toute la couleur de la Delta Penelope, que ce soit dans les matrices de conversion de l'espace couleur, de la cible du capteur, un espace couleur en haut, que dans la débayerisation et la débayerisation à haute vitesse.⁵⁸ »

L'échange entre Jean-Pierre Beauviala et des membres du corps professoral de l'ENS Louis-Lumière nous permet de comprendre que c'est bien par le travail de ce collaborateur qu'il était désormais possible pour Aaton de comprendre les nouvelles technologies numériques et les secrets de leurs fabrications :

« Beauviala : Ça, si tu réussis à avoir un rapport avec Pascal Grière, qui prenne goût et passion, avec la bénédiction de son patron, à condition qu'il n'y passe pas trop de temps là-dessus, parce qu'il a quand même autre chose à faire. Ça serait une façon d'écrire la véritable histoire. Parce que moi je peux raconter l'histoire « ergonomie, machin, ta, ta, ta ». Mais l'histoire, je ne me la suis pas mise en tête. J'y ai participé, j'étais des gens qui sont allés chez DXO apprendre comment on fait les matrices, les conversions de la matrice du capteur...

Alain : Un espace de travail ?

Beauviala : Un espace de travail ouvert ! Ça, j'étais là. Sauf que moi je savais en écoutant : « Ah, oui, c'est très bien. Oui, on fait comme ci, comme ça », je savais que deux jours après je ne m'en souviendrais plus. Je ne l'ai pas mis en mémoire, il y avait trop de choses, alors que Pascal notait tout dans sa tête et de fait le jour où il a pu appliquer ce que nous avait dit le

⁵⁷ Idem

⁵⁸ Jean-Pierre BEAUVIALA, entretien réalisé par Pascal Lagriffoul, Alain Sarlat et Malo Thouement et Caroline Champetier à l'ENSL en janvier 2019

gars de DXO, tu les connais les gens de chez DXO ?

Alain : Oui, un petit peu.

Beauviala : Ils sont forts, hein ? En une après-midi, même pas en une après-midi, il nous a consacré une heure, une heure et demie. Mais ça y allait, hein ! Et trois jours après, les problèmes de Magenta, de rouges bizarres, de machin.... On avait la meilleure caméra de la Terre ! Il y avait beaucoup de raisons, mais il y avait celle-là qui nous manquait. On aurait mis deux mois à faire le reverse engineering.⁵⁹ »

La société de Jean-Pierre Beauviala a donc trouvé des ressources internes pour s'adapter à l'évolution du marché des caméras de cinéma numérique, mais elle a également su exploiter la relation industrielle qu'elle entretenait avec ses partenaires de longue date.

Des relations qui avaient déjà été exploitées pour répondre aux nécessités industrielles de Aaton, tel que le met en évidence le travail de recherche de Denis Grizet :

« Interrogé dès 1988 par les Cahiers du cinéma à propos de **l'alliance avec Panavision**, de son entrée au capital de la société grenobloise et du paradoxe entre ses désirs originels et l'utilisation concrète des appareils que son entreprise fabrique, l'ingénieur grenoblois répond : « Veux-tu démontrer qu'en dix ans le rêveur s'est transformé en marchand du temple ? Réponse : j'ai en effet changé de stratégie pour [...] faire connaître à la profession et lui faire adopter, l'enfant de mes nuits [le marquage du temps] ». »⁶⁰

Des relations que Denis Grizet analyse plus en profondeur et qui ont permis à Aaton de survivre dans un marché mondialisé en ouvrant de nouvelles opportunités qui n'étaient pas accessibles à la petite entreprise grenobloise par ses seuls moyens :

« Aaton peaufine ses caméras, les conçoit comme des produits qui représenteraient le meilleur de ce qu'il y a sur le marché'. Les accords avec Panavision dans les années 1980, puis son entrée au capital et au conseil d'administration", vont ouvrir les portes d'Hollywood au fabricant grenoblois. Ce succès commercial l'éloigne toutefois fortement du cinéma auquel il

⁵⁹Idem

*A. BERGALA, J.-J. HENRY et F. NINEY, « Stratégie / temps : entretien avec Jean-Pierre Beauviala », op. cit., p. 72.

⁶⁰ GRIZET, Denis, *Les appareils de prise de vues de la société Aaton (1971-2013). Du « direct » au « numérique » : techniques et esthétiques*, Mémoire de recherche Universités de Rennes 2, 05/07/2017, p112-113

**A. BERGALA, J.-J. HENRY et F. NINEY, « Fausse sortie des usines Aaton et entrée des artistes dans le montage virtuel : entretien avec Jean-Pierre Beauviala », op. cit., p. 61.

est attaché, proche du réel et des personnes filmées, au profit de grosses productions – des blockbusters.⁶¹ »

C'est donc tout naturellement que Jean-Pierre Beauviala s'est rapproché de son partenaire industriel pour chercher à résoudre les questions informatiques de sa Delta Penelope. Il a alors trouvé le soutien de Patrick Leplat spécialiste de l'image vidéo chez Panavision en 2013 dont nous parle Éric Guichard :

« En fait Patrick il a une formation d'ingénieur sur la vidéo et donc évidemment sur le numérique. Il vient de chez Panasonic, son parcours d'ingénieur passe par un savoir-faire sur le capteur, sur la transmission du signal, sur la captation, sur tous les problèmes d'affichage de transposition du signal. La rencontre entre Patrick et Jean-Pierre est évidente dans la mesure où Patrick est un novice en cinéma, mais il s'est découvert une passion pour le cinéma. Et ses connaissances du monde de la vidéo, au moment où justement le numérique arrive, ont beaucoup aidé Jean-Pierre. C'est un couple qui s'engueulait parfois, Patrick est fort en gueule. Mais ce qui est sûr c'est qu'au moment où Jean-Pierre a des difficultés à commercialiser ses caméras et en avoir plusieurs exemplaires, Panavision en a acheté deux.⁶² »

Patrick Leplat confirme cette association de compétences qui était nécessaire pour faire de la Delta Penelope une caméra à la pointe de la technologie :

« Ce qui est intéressant de comprendre c'est l'échange qui a eu lieu entre des compétences qui étaient différentes et complémentaires par rapport de la Delta Penelope . Toute mon expérience est liée aux caméras numériques depuis plus de 30 ans, le traitement du signal vidéo demande en effet une expérience spécifique. »⁶³

Ainsi la société de Jean-Pierre Beauviala a su trouver par différents moyens les alliés lui permettant de développer sa caméra numérique, il semble donc que ce ne soit pas la méconnaissance des technologies numériques qui puisse expliquer l'échec commercial de la Delta Penelope puisqu'au contraire les talents du numérique semblaient avoir été réunis. On constate dans les propos de Patrick Leplat que les problèmes de la caméra étaient clairement repérés à cette étape du développement de

61 GRIZET, Denis, *Les appareils de prise de vues de la société Aaton (1971-2013). Du « direct » au « numérique » : techniques et esthétiques*, Mémoire de recherche Universités de Rennes 2, 05/07/2017, p111-112

62 Eric GUICHARD, entretien réalisé par visioconférence le 15/05/2020

63 Patrick LEPLAT, entretien réalisé par Caroline Champetier le 12/11/2020

la caméra :

« Sur le process vidéo, ça tient à une forme d'inexpérience des ingénieurs, donc on a commencé à communiquer sur la polarisation, la linéarité, tous les artifices mathématiques concernant la dynamique complète du capteur. Nous avons partagé nos impressions élément par élément, les échanges ont duré un an. Pendant cette période on a essayé d'analyser la séparation des couleurs du capteur donc les préfiltres du capteur et là on a de nouveau trouvé des anomalies c'est d'ailleurs comique : ARRI a des problèmes dans la séparation du vert, RED dans le rouge et pour la Delta Penelope ça a été dans le bleu, signal extrêmement bruité, peu de dynamique sur le canal bleu.

Ça n'est pas lié à technologie CCD, mais c'est lié à la technologie du CCD Dalsa et du **traitement du signal derrière qui n'était pas au niveau de ce que le capteur demandait, on sait maintenant que c'est le traitement du signal qui peut palier aux caractéristiques d'un capteur.**

Plus on monte dans la technologie plus l'engineering est compliqué et issu d'un historique technologique. »⁶⁴

Or comme nous allons le voir, il semble que malgré la réunion des compétences techniques nécessaires à l'élaboration de cette caméra il y ait tout de même eu un problème technique dont la conséquence fut un retard de développement et des coûts difficilement absorbables par la trésorerie de la société.

C/ Le fournisseur des capteurs numériques

La fabrication de la Delta Penelope a également conduit Aaton à nouer de nouveaux partenariats industriels. Notamment avec la société Dalsa ; voici les propos de Jean-Pierre Beauviala au sujet de ce nouveau collaborateur :

« Nous on a toujours eu confiance dans la cible Dalsa. Justement dans les questions sur la qualité de la couleur, Dalsa ne triche absolument pas sur les courbes de réponse des rouge vert bleu. »⁶⁵

⁶⁴Patrick LEPLAT, entretien réalisé par Caroline Champetier le 12/11/2020

⁶⁵ BILLOT, Josselin, « Test de la Delta Penelope d'Aaton », cinematographie.info, mise en ligne : 09/06/2013,

Or d'après les propos de Jean-Pierre Beauviala, il semble que les technologies livrées par ce nouveau fournisseur aient posé des problèmes techniques à Aaton :

« C'est très bizarre ce qui se passe. Non, tu verras aussi que le problème de la Delta Penelope, c'est là qu'on a été vraiment emmerdé... On aurait mis du temps à résoudre ce problème. Autant on aurait pu faire les équilibres des quatre cadrans en postproduction au lieu de vouloir le faire à tout prix dans la caméra où on s'est cassé les dents ou il nous aurait fallu un an de plus et beaucoup de sueur et ça n'aurait pas été parfait parce qu'une caméra ce n'est pas un ordinateur assez puissant. Il fallait le faire en postproduction. On en a déjà parlé de ça. Je ne sais pas si je vous l'ai déjà dit, c'est qu'il fallait effectivement livrer les images en haut avec les petites erreurs « bleu, vert, rouge », que personne ne voyait ou si on les voyait on n'en avait rien à foutre, c'est juste pour voir le cadrage, et puis nettoyer correctement le Raw en postproduction, mais là où on n'aurait rien pu ne faire c'est que le Dalsa n'avait pas respecté une promesse orale qu'il m'avait faite quand on a commandé je ne sais plus combien de capteurs pour un demi-million d'euros. Ce qui nous a ruinés, puisqu'on n'a pas pu fabriquer les câbles. C'est que **quand tu fais des capteurs CCD pour emporter le signal, il faut que les conducteurs passent au-dessus de l'image. Ce qui veut dire que ça bouffe de la lumière et en particulier le bleu.** Il y a une sauce qui s'appelle, je ne sais quoi d'indium, le sulfure d'indium ou je ne sais quoi, qui lui laisse passer le bleu, deux fois plus et même je crois quatre fois plus, ce qui aurait changé complètement la donne.⁶⁶ »

Voici donc l'explication technique du défaut bleu que nous avons mis en évidence grâce aux courbes de sensibilités spectrales de la Delta Penelope.

Or les caméras numériques et particulièrement celles équipées de technologie CCD nécessitent un haut degré d'intégration du capteur à l'intérieur de la caméra pour être pleinement fonctionnelles comme le met en évidence la littérature technique :

« Dans toutes les caméras CCD et CMOS actuelles, la quasi-totalité des traitements que

URL : <https://cinematographie.info/index.php/?/topic/3464-test-de-la-penelope-delta-daaton/?s=5200dc6072f6f511d6867cdda7e8d985> (consulté le 15/06/2020)

Lucy From Paris EP3 - Test Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/67811891> (consulté le 21/07/2020)

Making Of Lucy From Paris EP3 - Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/71203241> (consulté le 21/07/2020)

66 **Jean-Pierre BEAUVIALA**, entretien réalisé par Pascal Lagriffoul, Alain Sarlat, Malo Thouement et Caroline Champetier à l'ENSL en janvier 2019

subissent les signaux R, V, B s'effectue en numérique par des circuits à très haute échelle d'intégration. Il en découle de nombreux avantages, tant sur le plan de la facilité et de la précision des réglages que sur celui de leur fiabilité.

Avec la technologie numérique, les potentiomètres – plus d'une centaine sur une caméra analogique haut de gamme – sont remplacés par des **mémoires qui conservent, sous la forme d'un code digital, les valeurs des différents paramètres d'exploitation et de maintenance.** Par conséquent, les caméras numériques bénéficient d'une excellente immunité face aux dérives et aux perturbations extérieures physiques. Chaque réglage étant clairement repéré par une valeur chiffrée, il est par ailleurs très facile de retrouver l'état de référence d'un paramètre après une fausse manipulation ou une modification occasionnelle. Tous les réglages s'effectuent par logiciel à l'aide de menus accessibles soit au niveau de la caméra, soit en régie depuis le pupitre d'exploitation.⁶⁷ »

Ainsi l'on pourrait se demander qui du fabricant de caméras ou du fabricant de capteurs est responsable en cas de dysfonctionnement du capteur dans la caméra. Nous n'avons pas la réponse à cette question, mais nous pouvons cependant préciser que cette question apparaît avec le numérique. En argentique l'émulsionneur était responsable de la pellicule et le fabricant de caméras de l'entraînement du film. Il pouvait exister des défauts inhérents à la fabrication du film ou à l'entraînement du film, mais les responsabilités étaient clairement établies du fait qu'il s'agissait de deux étapes, deux éléments distincts. Or le support et la caméra avec l'arrivée de l'argentique ont fusionné pour ne former qu'un.

Ainsi la question de l'intégration des capteurs entraîne pour le fabricant de caméras une relation d'interdépendance vis-à-vis de ses partenaires industriels nécessitant de s'entendre sur les responsabilités de chacun. Et il semble que la relation entre Dalsa et Aaton bien qu'elle ait pu sembler prometteuse n'ait pas résisté aux difficultés techniques imposées par la nécessité d'intégrer le support, le capteur photosensible à la caméra. Et Jean-Pierre Beauviala était conscient de ce problème et des conséquences pour sa société :

« On a un très gros problème avec les cibles de Dalsa, on a eu que des malheurs, ils nous ont livré des préamplis qui n'étaient pas avec les bons composants. Maintenant ça va, on a eu les

67 BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015, p227-228

bons composants puis on s'est aperçu que les cibles avec lesquelles on a construit certaines caméras qui fonctionnent ne sont pas les mêmes dans la série. C'est un cauchemar absolu. Effectivement cette cible est géniale, on le voit bien, la couleur, le machin et tout ça, mais alors pour arriver à la faire fonctionner... Mais Dalsa eux-mêmes ils ont été rachetés par une compagnie américaine qui s'intéresse qu'aux satellites et le petit marché que représente Aaton pour eux ils s'en foutent complètement. Là on est vraiment dans la merde. Complètement dans la merde.⁶⁸ »

68 **BILLOT, Josselin**, « Test de la Delta Penelope d'Aaton », cinematographie.info, mise en ligne : 09/06/2013, URL : <https://cinematographie.info/index.php/?topic/3464-test-de-la-penelope-delta-daaton/?s=5200dc6072f6f511d6867cdda7e8d985> (consulté le 15/06/2020)

Lucy From Paris EP3 - Test Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/67811891> (consulté le 21/07/2020)

Making Of Lucy From Paris EP3 - Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/71203241> (consulté le 21/07/2020)

Chapitre 2. Échec commercial de la Delta Penelope

La Delta Penelope n'a jamais eu de date de sortie officielle, n'a jamais été commercialisée à grande échelle. Elle demeurera un *prototype* n'ayant pu être fabriqué de manière industrielle. En développement chez Aaton depuis 2008, elle sera tout de même présentée⁶⁹ par son inventeur sur le stand d'une autre entreprise française, Thalès Angénieux, lors du salon IBC⁷⁰ de septembre 2012, à Amsterdam. La caméra est exposée avec un zoom Angénieux Optimo 45-120.



Jean-Pierre Beauviala (à droite) et Pierre Andurand, président de Thales Angénieux

Le brevet a bien été déposé le 10 février 2012 auprès de l'INPI (n° 12 51263) et un rapport de recherche préliminaire daté du 11 juillet 2012 explique pourquoi ce brevet déposé par Jean-Pierre Beauviala n'a pas été accordé : « La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités », autrement dit : nombre de revendications étaient déjà connues « si bien que les groupes de revendications ne sont pas liés par un seul concept inventif général. La présente demande ne satisfait donc pas aux exigences de l'unité de l'invention ». Ainsi, si ce brevet a été refusé par l'INPI

69FAUER, Jon, « Aaton Penelope Delta », fdtimes.com, mise en ligne : 11/09/2012,

URL : <https://www.fdtimes.com/2012/09/11/aaton-penelope-delta/> (consulté le 15/06/2020)

70« International Broadcasting Convention ». Ce salon présente chaque année les dernières innovations technologiques en matière de broadcast et de télévision numérique.

et donc la dernière idée de Jean-Pierre Beauviala n'a pas été considérée comme une invention, elle n'en reste pas moins une innovation. Sa caméra permet de comprendre la différence entre pouvoir de résolution et définition et offre à l'opérateur le choix d'agir sur la résolution qu'il désire grâce à un réglage accessible à la prise de vue qu'aucune autre caméra ne propose, encore aujourd'hui. De plus, comme nous l'avons constaté, ceux qui ont eu l'opportunité et la chance d'utiliser la Delta Penelope s'accordent à dire que cet instrument possède toutes les qualités accédant à une représentation proche du réel tout en permettant d'exprimer une vision très personnelle. Et pourtant, à son échec, a contribué, paradoxalement, son élément le plus novateur : le capteur.

A/ Le prix de la Delta Penelope

Pour mieux comprendre ce qui est arrivé à Aaton et pourquoi le défaut du capteur a pu avoir de telles conséquences économiques nous nous sommes penchés sur les marchés de Aaton en commençant par écouter les propos de Josselin Billot :

« [...] c'est une caméra qui était très chère. À l'achat elle était même plus chère qu'une Alexa. C'était une caméra qui valait 120 000€ ou quelque chose comme ça. C'est surtout le fait qu'elle soit fabriquée en France qui a fait monter son prix. Donc forcément c'est pour de gros budgets. En publicité je trouvais qu'elle n'avait pas trop sa place parce qu'elle ne savait pas faire de ralenti. Et en publicité on tourne beaucoup au ralenti. Puis vu son prix il y avait peu de chances qu'on puisse l'avoir sur un court-métrage. Donc sa philosophie pour moi : elle était profondément cinéma.⁷¹ »

Pour replacer le prix de la Delta Pénélope dans son contexte, nous nous sommes référés à la « Digital Comparison Chart » de 2012. Ce document nous permet de voir que les prix de location des caméras à l'époque vont de 3 400\$ par jour pour l'Alexa Studio avec un Codex, que la RED Epic est à 1 400\$ et que la Sony F65 est à 2 500\$.

La F65 à sa sortie est vendue 65 000\$ et la Red Epic est vendue à 35 000\$.

La Delta Pénélope avec un prix d'achat de 120 000€ aurait donc été environ deux fois le prix de location de la Sony F65 soit environ 5 000\$ par jour ce qui en faisait la caméra la plus chère du marché en 2012.

71 **Josselin BILLOT**, entretien réalisé par téléphone le 13/03/2020

Or le prix d'une caméra est avant tout supporté par les loueurs de caméras et nous avons pu nous faire une idée de leur point de vue en nous appuyant sur un document publié récemment par l'AOA* dans un échange entre de premiers assistants caméra en charge des caméras sur les plateaux de cinéma et des responsables de différentes boîtes de locations :

« Pour la vigilance technique, avez-vous vos propres tests ? Comment les faites-vous ? Listez-vous les faiblesses du matériel ?

Frédéric : Nous sommes toujours en relation avec les équipes techniques des constructeurs pour faire des retours d'expérience, qui sont les vôtres ! C'est votre rôle aussi, car c'est vous les utilisateurs principaux du matériel acheté par le loueur.

Françoise : C'est le loueur qui est chargé de la maintenance de son matériel. Régulièrement les techniciens peuvent suivre des stages chez les fabricants. Il arrive que le matériel, étant neuf, nous ne pouvons pas intervenir dessus tant qu'il est sous garantie. Attention donc aux vis scellées, elles peuvent provenir du fabricant et annuler la garantie si elles sont dévissées.

Aurélien : Nous faisons énormément de tests chez nous pour toujours essayer de vous conseiller au mieux et être sûrs de nos investissements. Il est important de faire des points techniques sur le matériel pour faire à la fois un retour aux fabricants et comprendre vos attentes.

Marina : Le matériel est testé en permanence par nos techniciens et nos clients pendant le tournage, et bien sûr, nous listons les faiblesses afin d'essayer d'y remédier.⁷² »

Pour Patrick Leplat directeur général de Panavision France la relation loueur/constructeur est également très importante :

« Un loueur a toujours besoin d'être proche d'un constructeur dans l'environnement du cinéma numérique, si je dois comparer à l'industrie automobile, la formule 1 est le laboratoire

*Assistants Opérateurs Associés

72DESHAYES, Marie, CHWALCZYNSKI, Victor, SMOLUCH, Lilla, GUIGNIER, Julie, « Des bonnes relations entre les loueurs et les assistants caméra », AOA, mise en ligne : 08/04/2020,

URL : <http://www.aoassocies.com/des-bonnes-relations-loueurs-assistants-camera/> (consulté le 15/06/2020)

de développement de la voiture standard, pour ce qui est de l'électronique ça n'est pas le cas, les technologies professionnelles découlent du développement de la technologie de masse grand public et le monde professionnel adapte ces technologies à ses particularités, mais cela n'influe pas sur les technologies de masse. »⁷³

Les loueurs semblent donc être en première ligne en ce qui concerne le nouveau matériel et l'investissement dans du nouveau matériel constitue toujours pour eux une prise de risque :

« Xavier : Panavision reste celui qui propose des prototypes, et c'était toujours le cas à cette période. En 2007, on présentait le premier workflow numérique.

Xavier : Le numérique donne l'illusion d'une infinité de possibles pour moins cher (en termes de technique et de tournage), idée dont les productions se sont emparé. Ce qui a souvent pour effet de les voir tourner aux dessus de leurs moyens. Et au final, il devient donc plus précaire pour les loueurs, même pour nous, Panavision, de s'investir dans des petits projets.

• Comment cela impacte vos achats de matériel ?

Xavier : Les logiciels et accessoires évoluent tous les six mois et la question du rééquipement permanent est un véritable enjeu. Il faut savoir quel sera l'investissement le plus intéressant dans le temps, en fonction aussi des demandes des chefs opérateurs. Il s'agit parfois de coups de poker pour nous.⁷⁴ »

Or étant donné le prix de la Delta Penelope pour un petit loueur cela revenait à parier gros en investissant sur cette caméra comme nous l'a expliqué Josselin Billot au cours de notre entretien :

« Ça a été douloureux. C'est quand même une perte sèche pour eux [les loueurs de caméras] . Ils l'ont eue mauvaise. C'était 120 000€ à l'achat. Ils ont dû acheter quelques accessoires, il y avait des batteries propriétaires Aaton qu'ils ont dû acheter, les médias aussi. Ah non les médias je crois que c'était des disques durs SSD, je dis n'importe quoi. Donc ça à la limite les médias ça va ils ont pu les recycler, mais c'est surtout les batteries je crois qu'ils en avaient acheté pas mal et elles sont chères. En gros ça fait 150 000€ d'investissements qui sont partis

⁷³Patrick LEPLAT, entretien réalisé par Caroline Champetier le 12/11/2020

⁷⁴ Idem

à la poubelle.⁷⁵ »

Malgré les risques que cela constituait, certains loueurs ont tout de même choisi d'acheter les premières Delta Penelope. Or pour comprendre en quoi la Delta Pénélope a constitué un échec commercial pour Aaton il nous a fallu comprendre dans quelle chaîne économique s'inscrivent ces loueurs de matériel. Nous nous sommes donc demandés quels rôles ont joué les utilisateurs et les sociétés de production qui financent les tournages réalisés avec ces caméras.

B/ Les clients de Aaton

Aaton s'est bâti au fil des ans une solide réputation en communiquant autour de ses produits comme des produits de qualités, fabriqué de manière artisanale et ciblant dès le départ une clientèle précise comme Denis Grizet le développe dans son travail de recherche :

« **Une première caméra 16 mm a donc été conçue à l'intention directe des professionnels** et sera majoritairement achetée par des chaînes de télévision, plus à même de se permettre cette dépense. À l'origine, toujours selon Beauviala, il était envisagé de se servir de cet appareil de pointe comme d'un « drapeau » auprès des banques et des grandes compagnies potentiellement clientes afin d'apparaître comme un partenaire crédible sur le plan économique. Il s'agissait alors de **développer une caméra accessible à tous dans un second temps**, une fois qu'Aaton aurait fait ses preuves au sein de l'industrie audiovisuelle.⁷⁶ »

D'après Alexia De Mari dès la conception de ses premières caméras Aaton a essayé d'atteindre deux marchés complètement opposés pour rendre ses caméras accessibles.

« C'est quelqu'un qui est très influencé par la politique, on est dans les années post 68 donc il est très influencé par les films de la nouvelle vague, les films du cinéma direct et c'est vraiment ce genre de cinéma là qu'il aimerait défendre, mais tu ne peux pas faire fonctionner une entreprise de caméra en vendant une caméra à Rouch et une caméra à Godard, ça ce n'est pas possible. Donc d'un point de vue communication et d'un point de vue personnel, **lui il a l'envie**

75 **Josselin BILLOT**, entretien réalisé par téléphone le 13/03/2020

* A. BERGALA, J.-J. HENRY et S. TOUBIANA, « Entretien avec Jean-Pierre Beauviala – 1 - », op. cit., p. 14.

76 **GRIZET, Denis**, *Les appareils de prise de vues de la société Aaton (1971-2013). Du « direct » au « numérique » : techniques et esthétiques*, Mémoire de recherche Universités de Rennes 2, 05/07/2017, p111

de créer des outils pour ce type de cinéma d'auteur, de cinéma engagé, mais la réalité économique fait qu'il a beaucoup vendu pour la télévision. Quasiment toutes ses caméras étaient vendues pour la télévision, c'est grâce à ça que Aaton a pu fonctionner dans les premières années avec 80% d'exportation à l'international. Donc finalement ce mix du cinéma français d'auteurs d'un point de vue économique tu ne le retrouves pas dans les comptes. Les caméras vendues c'est plutôt des caméras pour la télévision, pour l'exportation. Mais bon c'est grâce à ce marché là qu'il a pu développer des caméras qui ont pu s'adapter aux envies, aux demandes des documentaristes, des cinéastes de cinéma d'auteurs, etc.⁷⁷ »

Nous pouvons également constater au vu des propos d'Éric Guichard que le choix technologique du super 16 mm permet de rendre les caméras Aaton de l'époque accessibles :

« [...] le créneau de Aaton évidemment c'est **le documentaire et la fiction légère** c'est-à-dire **le court-métrage où on n'a pas les moyens de tourner en 35 mm**. C'est quand même le grand secteur du Super 16 au tout début c'est documentaire et film de fiction soit pour des raisons économiques soit pour des raisons artistiques ils ne veulent pas tourner en 35. Et bien sûr **le téléfilm**, très tôt le Super 16 s'installe dans la fiction de télévision. Ça commence avec la caméra Éclair Coutant bien sûr évidemment Arri avec la ACR, mais très vite dès que les tournages sortent des studios on abandonne les caméras vidéo plateau pour aller vers des caméras Super 16 beaucoup plus légères. Et puis alors en télévision il n'y a pas de caméra capable portable suffisamment portable pour être considérée comme telle et donc tous les news se tournent en Super 16, mais avec de l'inversible.⁷⁸ »

Or comme nous l'avons vu précédemment, la Delta Penelope s'est spécialisée à travers le choix de son capteur, de sa gestion de la couleur et de ses données vers le cinéma de fiction et les grosses productions. Mais il semble que les nécessités des grosses productions n'aient pas été compatibles avec les moyens de l'entreprise grenobloise :

Eric Guichard « Pour les saisons il me fallait 6 caméras et je ne pouvais en avoir que 3. Éventuellement j'aurais pu avoir que 3 Penelope, mais je ne pouvais pas partir avec une caméra dont la société est en difficulté.⁷⁹ »

⁷⁷Alexia DE MARI, entretien réalisé par téléphone le 20/04/2020

⁷⁸ Eric GUICHARD, entretien réalisé par visioconférence le 15/05/2020

⁷⁹Idem

Olivier Garcia « [...] il n'y avait pas assez de production de Delta Penelope. Donc sur un film comme « Les Saisons » qui est tourné sur quatorze mois, sur lequel il y avait beaucoup de caméras, il n'y avait pas la possibilité de prendre la Delta Penelope.

D'autant que Galatée films avaient besoin d'avoir une caméra qui puissent être remplacée très rapidement en cas de problèmes techniques.⁸⁰ »

⁸⁰Olivier GARCIA, entretien réalisé par téléphone le 22/04/2020

Conclusion

Trop tôt, trop tard



Jean-Pierre Beauviala, William Lubtchansky, et, à gauche, Robert Leroux, rue Bayard, à Grenoble. Photo : Bruno Carrière, 1979

Trois témoignages pour l'épilogue de la Delta Penelope et par là-même de la société Aaton :

« Le 18 juin 2013, Aaton est placée en liquidation judiciaire. L'enseigne est rachetée dans la foulée par l'entreprise française Transvideo, via sa holding Ithaki¹. Le 3 juillet 2013 est fondée légalement Aaton Digital², qui devient donc le dernier avatar en date de la société grenobloise. Jacques Delacoux, le président du conseil d'administration de l'entreprise Transvideo et d'Ithaki, en prend la direction et Beauviala quitte la société.³¹ »

« La caméra est sortie trop tôt, ça, c'est sûr. Et puis c'était difficile pour Aaton par rapport aux

* « TRANSVIDEO acquired AATON », [<http://www.transvideo.eu/blog/transvideo-acquired-aaton>] ; S. PELLERIN et J.-C. SOLARI, « Reprise judiciaire Aaton », dans l'émission 19 20. Edition Haute Normandie, France 3 Haute Normandie, 7 février 2013.

** 176 « AATON DIGITAL (794022384) », [<https://www.infogreffe.fr/entreprise-societe/794022384-aaton-digital-270213B005000000/liste-etablissements-1.html?typeProduitOnglet=EXTRAIT&afficherretour=true>]
81GRIZET, Denis, *Les appareils de prise de vues de la société Aaton (1971-2013). Du « direct » au « numérique » : techniques et esthétiques*, Mémoire de recherche Universités de Rennes 2, 05/07/2017

grosses majors que ce soit Sony, Red ou Arri de faire face parce que l'échelle de production n'était pas la même. Pour vous donner un ordre d'idée Arri avec les Alexa Mini en l'espace de 3 ans ils en ont vendu 15 000. On n'est pas du tout dans la même échelle de production. Vous ne pouvez pas faire le poids avec seulement 4 caméras. Ce qu'il aurait fallu c'est qu'un constructeur comme Arri s'associe avec Aaton pour exploiter ce brevet.⁸² »

« A l'époque la Delta Penelope faisait partie des caméras extraordinaires : malheureusement l'industrie n'était pas prête pour accueillir ce genre de caméra hautement technologique qui demandait une connaissance du traitement du signal et du développement numérique que tout le monde sous-estimait et sous-estime encore. »⁸³

La Delta Penelope est arrivée trop tôt sur le marché français pas encore assez familier des connaissances du traitement du signal. A cela s'ajoutent les nécessaires mises au point techniques, comme pour tout prototype, dont les coûts ont fini par engendrer la chute de la société Aaton.

Néanmoins, pour Jean-Pierre Beauviala la Delta Penelope était bien plus qu'une nouvelle caméra. Dominique Gentil se souvient des premiers essais au laboratoire Eclair : « seule la LED rouge dans le viseur indiquait alors qu'on tournait. Cette lumière qui ne clignotait même pas ne banalisait-elle pas l'acte même de filmer ? Le mot « tourner » devenait comme vidé de sens, la caméra numérique ne faisant aucun bruit. Jean-Pierre, tu m'as répondu : « Oui, un clignotement, mais pourquoi pas un son discret comme un défilement, ou non, mieux encore, je pourrais ajouter un discret battement de cœur... »⁸⁴.

Ce *battement de cœur*, rappelle que la caméra n'est pas un objet amorphe. Certes, c'est une évidence, ce que fait l'image c'est ce que la personne derrière la caméra décide d'en faire. L'image appartient à l'opérateur et non pas à la machine. Et pourtant, la machine a sa part et Jean-Pierre Beauviala ainsi que Jean-Luc Godard le savent bien. En 1983, Godard disait : « Mon idée, c'est que la parole soit la parole de la caméra, si on peut dire, relayée par nous, mais qu'on parle le langage de la caméra et pas notre langage à nous, appliquée à une caméra⁸⁵. » C'est là l'énorme différence entre le matériel amateur

82Olivier GARCIA, entretien réalisé par téléphone le 22/04/2020

83Patrick LEPLAT, entretien réalisé par Caroline Champetier le 12/11/2020

84GENTIL Dominique, « Le discret battement de cœur des caméras Aaton », *La Lettre AFC*, n° 297, 2 mai 2019

85« Genèse d'une caméra. Episode 1 », *Op. Cit.* Cette recherche d'une image simple, Godard semble la relier à l'enfance alors qu'il explique, dans un entretien qu'il a donné en avril 2019 que le deuxième volet du film *Eloge de l'amour* (2001) trouve son origine dans une séance de psychanalyse qui a fait ressurgir en lui des souvenirs de Bretagne où il a passé une partie de son enfance. « Entretenir quelque chose qui doit finir... », *Les Inrockuptibles*, n° 120, 17 avril 2019.

et le matériel professionnel, dans cette recherche du langage *propre* à l'outil. Avec mon vieux caméscope, j'avais beau le tourner dans les sens pour essayer d'obtenir une image différente, mes images représentaient toujours ma « réalité ». Pour le professionnel que je deviens l'apprentissage du langage-caméra me semble pouvoir être recherché grâce à l'étude de la Delta Penelope. Comme la toile tissée par Penelope, cette caméra, en tant que prototype, oblige à penser les limites, à s'y confronter et à trouver les solutions qui permettent de les dépasser, quitte à y revenir pour aller plus loin ou tout recommencer. Cette caméra permet de faire ses armes en tant qu'apprenti opérateur.

Étudier aujourd'hui la Delta Penelope revient à comprendre ce qui constitue une caméra numérique puisque les caméras numériques bien qu'ayant certaines caractéristiques uniques sont toutes conçues selon un même principe informatique/ numérique.

Pour cela il faut déjà la voir, la mettre sur ses épaules.

Références

Entretiens inédits

Martin ROUX, entretien réalisé par visioconférence le 10/04/2020

Éric GUICHARD, entretien réalisé par visioconférence le 15/05/2020

Josselin BILLOT, entretien réalisé par téléphone le 13/03/2020

Caroline CHAMPETIER, entretien réalisé par téléphone le 21/04/2020

Olivier GARCIA, entretien réalisé par téléphone le 22/04/2020

Alexia DE MARI, entretien réalisé par téléphone le 20/04/2020

Jean-Pierre BEAUVIALA, entretien réalisé par Pascal Lagriffoul, Alain Sarlat, Malo Thouement et Caroline Champetier à l'ENSL en janvier 2019

Patrick LEPLAT, entretien réalisé par Caroline Champetier le 12/11/2020

Mémoires

GRIZET, Denis, *Les appareils de prise de vues de la société Aaton (1971-2013). Du « direct » au « numérique » : techniques et esthétiques*, Mémoire de recherche Universités de Rennes 2, 05/07/2017

FAVEL, Thomas, *L'invention dans les techniques de prise de vue, Génèse d'une caméra : Pénélope*, Mémoire de fin d'étude, FEMIS, juin 2007

SOURANG, Diarra, *Filmer les peaux noires*, Mémoire de fin d'études, ENS Louis-Lumière, 2018

ROUX, Martin, *Persistence ou l'influence de l'esthétique argentine sur les technologies numériques*, Mémoire de fin d'études, ENS Louis-Lumière, 2012

LENORMAND, Charlie, *Du grain au bruit : vers une sensimétrie numérique ciné*, Mémoire de fin d'études, ENS Louis-Lumière, 2016

MAYET, Antoine, *Approche pratique de l'utilisation du bruit interne des caméras numériques dans l'élaboration d'une texture image*, Mémoire de fin d'études, ENS Louis-Lumière, 2019

Documentations techniques

BELLAÏCHE, Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles, 10e édition, 2015

FOURNIER, Jean-Louis, *La sensimétrie : les sciences de l'image appliquées à la prise de vues cinématographique*, Editions Dujarric, 2006

DESPAS, Bruno et **DUPOUX, Jean-Louis** (sous la direction de) et **FOURNIER, Jean-Louis** (animé par), *Sensitométrie appliquée à la prise de vues et au traitement en laboratoires des films cinématographiques*, CST, 2000,

Groupe de travail du département image de la CST : GAUDIN, Jacques SARLAT, Alain, ARNAUD, Gilles, CAINJO, Yann, MAGNIEN, Baptiste, *Étude sur les caractéristiques des capteurs*, CST, Février 2019,

Archives

BEAUVIALA, Jean-Pierre, *disques durs personnel*, documents personnels et documents internes à la société Aaton entre 2005 et 2013

Bibliographie

PROUST, Marcel, *Le temps retrouvé*, dernier tome d'À la recherche du temps perdu

Articles de périodiques

FAVEL, Thomas, « Jean-Pierre Beauviala, l'inventeur », Cahiers du cinéma n°755, mai 2019

CHAMPETIER, Caroline, « Jean-Pierre ou le temps retrouvé », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p18-19

MANNONI, Laurent, « Les archives Aaton à la Cinémathèque française », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.20-21

GENTIL, Dominique, « Le discret battement cœur des caméras Aaton », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.22

Équipe Angénieux, « Au revoir Monsieur Beauviala », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.22

GODARD, Agnès, « Voyage à Mens », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.23

ANDRY, Richard, « Un régal de tourner à la main avec une Aaton », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.24

MAGNIEN, Baptiste, « Grenoble : 1 – Genève :0 », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.24

DE BATTISTA, Gérard, « Les gentils ronrons de l'Aaton », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.25

HUMEAU, Jean-Michel, « Mille images et mille vies », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.25

DURAND, Nathalie, « Le cinéma organique », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.25

GAUTIER, Éric, « Jean-Pierre Beauviala a accompagné ma vie de chef opérateur », in *Lettre AFC*,

n°297, mai 2019, p.26

BOZON, Céline, « Jean-Pierre, avec élégance », in *Lettre AFC*, n°297, mai 2019, p.26

REUMONT, François, « Le pétrole et les idées », *Lettre AFC*, n°298, 30/05/2019, p.18

FAVEL, Thomas, « Un hommage à Jean-Pierre Beauviala dans les « Cahiers du cinéma » », in *Lettre AFC*, n°298, 30/05/2019, p18-19,

GUICHARD, Éric, « Jean-Pierre Beauviala, inventivité et création artistique », in *Lettre AFC*, n°298, 30/05/2019, p18-19

Sources internet

DE MARI, Alexia, « Entretien avec Jean-Pierre Beauviala, sur le fonctionnement de l'entreprise Aaton », in *L'équipe de film, innovations et inventions*, sous la direction de Bérénice Bonhomme et Isabelle Labrouillère, article paru au sein du numéro 2 de Création Collective au Cinéma, 2019, p.205-215,

URL : <https://f.hypotheses.org/wp-content/blogs.dir/6566/files/2019/06/Alexia-CCN-n2.pdf>

(consulté le 15/06/2020)

DESHAYES, Marie, CHWALCZYNSKI, Victor, SMOLUCH, Lilla, GUIGNIER, Julie, « Des bonnes relations entre les loueurs et les assistants caméra », AOA, mise en ligne : 08/04/2020,

URL : <http://www.aoassocies.com/des-bonnes-relations-loueurs-assistants-camera/> (consulté le 15/06/2020)

CHATELET, Thomas et FAVEL, Thomas, « Aâton Pénélope : présentation à l'IBC 2008 », cinematographie.info, mise en ligne : octobre 2008, mise à jour : 01/06/2009,

URL : <https://cinematographie.info/index.php?/topic/1116-aaeton-%20penelope-presentation%20-%20a%20-libc-2008/> (consulté le 15/06/2020)

CHATELET, Thomas, « Jean-Pierre Beauviala : le magasin numérique 4K de l'Aâton Pénélope (entretien avec Jean-Pierre Beauviala au Micro-Salon 2010, le 13/02/2010) », cinematographie.info, mise en ligne : 26/02/2010,

URL : <https://cinematographie.info/index.php?/topic/1720-jean-pierrebeauviala-%20le-magasin-numerique-4k-de-laaeton-penelope-videoenglish/> (consulté le 15/06/2020)

<https://www.youtube.com/watch?v=XOsU-2NvQdo&feature=youtu.be> (consulté le 15/06/2020)

BILLOT, Josselin, « Test de la Delta Penelope d'Aaton », cinematographie.info, mise en ligne : 09/06/2013,

URL : <https://cinematographie.info/index.php?/topic/3464-test-de-la-penelope-delta-daaton/?s=5200dc6072f6f511d6867cdda7e8d985> (consulté le 15/06/2020)

Lucy From Paris EP3 - Test Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/67811891> (consulté le 21/07/2020)

Making Of Lucy From Paris EP3 - Aaton Penelope Delta : <https://vimeo.com/71203241> (consulté le 21/07/2020)

BRAWLEY, John, « Aaton Delta Penelope », johnbrawley.wordpress.com, mise en ligne : 17/09/2012,

URL : <https://johnbrawley.wordpress.com/2012/09/17/aaton-delta-penelope/> (consulté le 15/06/2020)

CHAMPETIER, Caroline, « Vous avez dit organique », in *Lettre AFC*, n°215, mise en ligne : 11/12/2011,

URL : <https://www.afcinema.com/Vous-avez-dit-organique-7356.html> (consulté le 15/07/2020)

PAMPURI, Emmanuel, « Micro Salon 2012, Péléope Delta, a star is born... », pampuri.wordpress.com, mise en ligne : 12/02/2012,

URL : <https://pampuri.wordpress.com/2012/02/12/micro-salon-2012-aaton-penelope-delta-a-star-is-born/> (consulté le 15/06/2020)

FAUER, Jon, « Aaton Penelope Delta », fdtimes.com, mise en ligne : 11/09/2012,

URL : <https://www.fdtimes.com/2012/09/11/aaton-penelope-delta/> (consulté le 15/06/2020)

FAUER, Jon, « Aaton 4K Penelope-Delta », fdtimes.com, mise en ligne : 25/04/2010,

URL : <https://www.fdtimes.com/2010/04/25/aaton-4k-penelope-delta/> (consulté le 15/06/2020)

FRODON, Jean-Michel, « Pour se souvenir de Jean-Pierre Beauviala, inventeur de caméras et poète », slate.fr, mise en ligne : 09/04/2019,

URL : <http://www.slate.fr/story/74115/aaton-beauviala-reprise> (consulté le 15/06/2020)

GRIFFON, Claire, « La Delta Pénélope, caméra numérique d'Aaton pas comme les autres », mediakwest.com, mise en ligne : 15/04/2013,

URL : <https://mediakwest.com/la-delta-penelope-camera-numerique-d-aaton-pas-comme-les-autres/> (consulté le 15/06/2020)

CHAMPETIER, Caroline et BOVIALA, Julien, « Jean-Pierre Beauviala 1937-2019 », communiqué publié par la Cinémathèque Française, mise en ligne : 09/04/2019,

URL : <https://www.cinematheque.fr/article/1396.html> (consulté le 15/06/2020)

FERENCZI, Aurélien, « Aaton, la caméra qui redonne du grain aux images », telerama.fr, mise en ligne : 04/01/2013, mis à jour : 09/06/2020,

URL : <https://www.telerama.fr/cinema/aaton-la-camera-qui-redonne-du-grain-aux-images.91462.php?xtatc=INT-60> (consulté le 15/06/2020)

S.A., « Aaton dévoile la caméra Delta Pénélope », Lettre AFC, n°225, mise en ligne : 19/10/2012,

p.29,

URL : <https://www.afcinema.com/Aaton-devoile-la-camera-Delta-Penelope.html> (consulté le 15/06/2020)

S.A., « Hommage des Ateliers Varan à Jean-Pierre Beauviala », in *Lettre AFC*, n°300, mise en ligne : 05/08/2019, p.39

URL : <https://www.afcinema.com/Hommage-des-Ateliers-Varan-a-Jean-Pierre-Beauviala.html> (consulté le 15/06/2020)

S.A., « La dernière demeure de Jean-Pierre Beauviala », in *Lettre AFC*, n°297, mise en ligne : 03/05/2019,

URL : <https://www.afcinema.com/La-derniere-demeure-de-Jean-Pierre-Beauviala.html> (consulté le 15/06/2020)

S.A., « Jean-Pierre Beauviala, 2019-04-08, 16h30, dernier soupir », in *Lettre AFC*, n°297, mise en ligne : 09/04/2019,

URL : <https://www.afcinema.com/Jean-Pierre-Beauviala-2019-04-08-16h30-dernier-soupir.html> (consulté le 15/06/2020)

S.A. www.societe.com, « Présentation de la société SAS ITHAKI », mis à jour le 01/07/2020

URL : <https://www.societe.com/societe/sas-ithaki-490615150.html> (consulté le 27/07/2020)

S.A. www.societe.com, « Présentation de la société AATON DIGITAL », mis à jour le 01/07/2020

URL : <https://www.societe.com/societe/aaton-digital-794022384.html> (consulté le 27/07/2020)

S.A. www.hdnumerique.com, « Sony F65 caméra numérique 4K à 65 000\$ », publié le 21/09/2011

URL : <https://www.hdnumerique.com/actualite/articles/9796-sony-f65-camera-numerique-4k-a-65-000.html> (consulté le 31/07/2020)

S.A. www.journaldugeek.com, « RED lance une caméra 5K presque abordable », publié le 12/12/2015)

URL : <https://www.journaldugeek.com/2015/12/12/red-lance-une-camera-5k-presque-abordable/> (consulté le 31/07/2020)

S.A. www.help.adobe.com, Digital Negative (DNG), Format d'archivage public pour les données Raw d'appareil photo numérique, mis à jour le 02/03/2020

URL : <https://helpx.adobe.com/fr/photoshop/digital-negative.html> (consulté le 04/08/2020)

S.A. www.cnrtl.fr, Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, Lexicographie du mot « Appareil » (consulté le 04/08/2020)

URL : <https://www.cnrtl.fr/definition/appareil/substantif> (consulté le 18/08/2020)

Table des illustrations

<i>Figure 1 : prototype de Delta Penelope</i>	7
<i>Figure 2 : Panasonic NV-S7</i>	7
<i>Figure 3 : sensibilité spectrale de l'oeil</i>	12
<i>Figure 4 : courbes de sensibilité spectrale de la Delta Penelope</i>	14
<i>Figure 5 : courbe de sensibilité spectrale optimisée</i>	15
<i>Figure 6 : Quelques exemples de matrices</i>	18
<i>Figure 7 : Exemple d'interpolation de matrice colorée</i>	19
<i>Figure 8 : problème de matricage sur DaVinci Resolve</i>	39
<i>Figure 9 : Jean-Pierre Beauviala équipé d'un enregistreur son Cantar et Raymond Depardon en train de le filmer, rue Bayard, devant l'atelier d'électronique d'Aaton. Photo Valentine Miraglia, 2006</i>	44
<i>Figure 10 : Jean-Pierre Beauviala, William Lubtchansky, et, à gauche, Robert Leroux, rue Bayard, à Grenoble. Photo : Bruno Carrière</i>	61

Dossier PPM

ENS Louis-Lumière

La Cité du Cinéma – 20, rue Ampère BP 12 – 93213 La Plaine Saint-Denis

Tel. 33 (0) 1 84 67 00 01

www.ens-louis-lumiere.fr

Partie Pratique de Mémoire de Master

Spécialité cinéma, promotion 2017-2020

Soutenance de Décembre 2020

Post-produire les images de la Pénélope Delta

Thomas WEYLAND

Cette PPM fait partie du mémoire intitulé : « Les images de la Pénélope Delta »

Directeur de mémoire : Giusy PISANO

Directeurs de mémoire extérieur : Caroline CHAMPETIER et Éric GUICHARD,

Présidente du jury cinéma et coordinatrice des mémoires : Giusy PISANO

Note d'intention

Pour ma PPM j'ai choisi d'enquêter sur les données de la Delta Pénélope. J'ai voulu comprendre comment ces données pouvaient être gérées en 2020 soit 7 ans après l'invention de la Delta Pénélope.

La première difficulté a été de savoir à partir de quelles images travailler. Car la conservation des fichiers numériques est une problématique actuelle qui concerne l'ensemble de l'industrie cinématographique et à laquelle n'échappent pas les images de la Pénélope Delta.

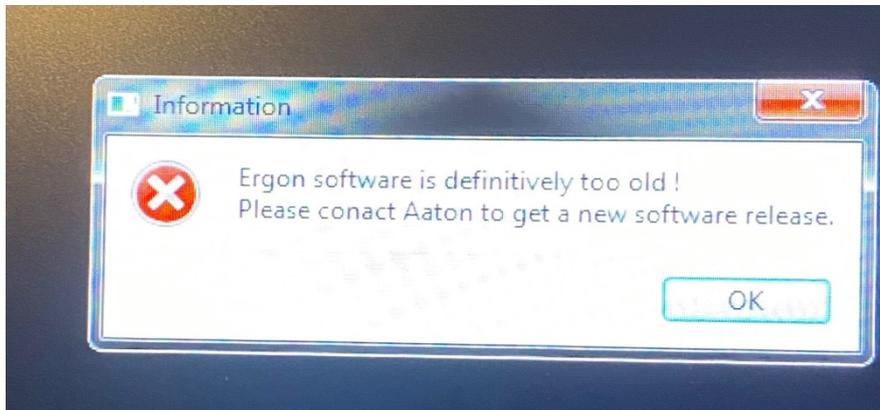
Avec l'aide de plusieurs membres de l'AFC : Caroline Champetier, Éric Guichard et Jean-Marie Dreujou j'ai pu récupérer des essais réalisés par Éric Guichard avec la Delta Pénélope pour le film « Les Saisons » de Jacques Perrin, produit par Galatée. Ces images ont pu arriver jusqu'à nous grâce à leur conservation sur des cassettes LTO, le système numérique utilisé actuellement dans l'archivage des fichiers vidéos au cinéma.

Au vu des explications données par les différentes personnes qui ont utilisé cette caméra j'ai voulu comprendre comment se passait l'étape de dématricage, comment les différents logiciels interprétaient les données de la caméra.

Lors de l'atelier Delta Penelope organisé à l'ENS Louis-Lumière, nous avons utilisé le logiciel DaVinci Resolve. Nous avons mis directement les fichiers DNG issus de la caméra dans le logiciel et nous avons immédiatement eu une image visionnable aux couleurs pimpantes. Mais je n'ai pas compris comment ce logiciel s'y prenait pour afficher une telle image.

J'ai donc cherché à retourner à la source et j'ai pu récupérer le logiciel Ergon conçu par Aaton en 2013. Un logiciel censé débayeriser les images de la caméra et proposer une courbe REC 709 d'interprétation du fichier RAW de la Delta Pénélope.

Malheureusement ce logiciel a été protégé par une licence aujourd'hui expirée :



Impossible donc de passer par la solution constructeur pour traiter ces images.

L'objectif de ma PPM est donc de travailler les images de la Delta Penelope en m'affranchissant des solutions logiciels clefs en main. En m'associant avec une personne compétente en matière de codage et de langage informatique j'ai donc travaillé à une manière de manipuler les fichiers bruts de la caméra.

Les données sont enregistrées numériquement sous forme de matrices qui conservent toute l'information de ce que la Delta Pénélope a pu capter lors de l'enregistrement d'images. J'ai donc cherché à conserver au maximum la pureté de ces informations. Pour ce faire, j'ai choisi de travailler directement en utilisant un langage informatique ; le langage-objet Python qui nous permettra de construire notre propre algorithme de traitement des données. Le protocole a donc été le suivant :

```
#import de PIL (Python Image Library)
```

```
from PIL import Image
```

```
#import de rampy pour lire les images RAW .dng
```

```
import rampy
```

```
#import de numpy pour lecture de la matrice rawpy
```

```
import numpy as np
```

```

index = 0

# Lecture de l'ensemble des fichiers
while index < 617:
    if 0 <= index < 10:
        file = "C153_A_R003_XF000883_2012-12-05_D000_ScTk-NA.00000" + str(index)
    elif 10 <= index < 100:
        file = "C153_A_R003_XF000883_2012-12-05_D000_ScTk-NA.0000" + str(index)
    else:
        file = "C153_A_R003_XF000883_2012-12-05_D000_ScTk-NA.000" + str(index)

#Extrait des fichiers d'origine fournis par la Penelope Delta
    view = "/Users/thomas/Desktop/viewnlpd/" + file + ".dng"

# Création de la matrice pour chaque fichier (sans modifications)
    with rawpy.imread(view) as raw:
        pix = raw.postprocess()

#Conversion de la matrice en tableau numpy (données brutes)
    mtx = np.asarray(pix)

#Restitution des données & encapsulement en .tiff

    img = Image.fromarray(pix)
#Sauvegarde de l'image "brute"

    img.save("/Users/thomas/Desktop/extract/" + file + ".tiff")
    index += 1

```

Le but à travers ce script est de démontrer que la Delta Penelope fournit des fichiers sans altérations qui sont retraités par différents logiciels tels que Aperçu sous Macintosh ou DaVinci Resolve. L'extraction des fichiers de la Delta Pénélope en .DNG 16 bit permet d'obtenir une matrice de données brutes laquelle sera convertie en tableau sans modifications, sans retraitement des données puis encapsulé dans un contenir .tiff 24 bit par défaut permettant donc de stocker la matrice.

NB : Dans ce contexte un conteneur 24 bit stockant une image 16 bit ne la modifie pas.

C'est à partir de ce travail que nous basculerons dans le monde des logiciels d'étalonnage pour voir jusqu'où les fichiers de la Pénélope Delta nous permettent d'aller en matière d'étalonnage. Nous manipulerons donc les images natives .DNG interprétée par le logiciel et les images .tiff brut c'est à dire sans metadata puisque la matrice ne contient que les pixels sans les informations nécessaires à l'interprétation de ces données.

Grâce à ce protocole j'espère mieux comprendre en quoi l'encodage des données de la Delta Penelope constitue une solution pérenne afin de comprendre comment un logiciel intervient dans l'interprétation de ces données.

Thomas WEYLAND



30 ans

31490 BRAX

06 86 54 50 93

thomas.z.weyland@gmail.com

Permis A et B
Habilitation électrique BR

Anglais : parlé, lu, écrit

Caméras utilisées :

Arri Alexa Standard, Arri
Alexa Studio, Panasonic
Varicam LT, Moviemcam,
Phantom HD Gold, Sony
F3, Sony Z280, Sony
PMW-100

Logiciels:

DaVinci Resolve, Adobe
Première, Adobe After
Effects, AVID, Matlab

Centres d'intérêt

Guitare, Aïkido, Plongée,
Course à pied

FORMATION INITIALE

2017 – 2020	ENS Louis-Lumière - Cinéma
2016 – 2017	Prép'art - Préparation aux concours d'écoles de cinéma
2010 – 2014	Institut d'Administration des Entreprises - Licence Comptabilité Contrôle Audit - Licence Marketing
2008 – 2010	Faculté de Médecine Toulouse Rangueil - Première année (PCEM1)
2008	Lycée International Victor Hugo Colomiers - Baccalauréat Scientifique

EXPÉRIENCES AUDIO-VISUELLES

■ Longs-métrages

Jessica Forever, de Caroline Poggi et Johnathan Vinel (ECCE Films, 2018) / *stagiaire vidéo*

■ Courts-métrages

- 2020 **L'inconsolable**, de Corentin Courage (ENSL, 2020) / *Chef opérateur-cadreur*
- 2019 **Extinction**, Donatienne Berthereau (FEMIS, 2019) / *Chef électricien*
Les oiseaux ne chantent pas dans les cavernes, de Ugo Simon (FEMIS, 2019) / *chef opérateur-cadreur*
Rapunzel, de Cameron Guyot (Universités de Paris, 2019) / *Chef électricien*
Arlequin Mon Gars Sur, de Nicolas Gallardo (ENSL, 2019) / *1st assistant caméra*
La Fatigue, de Louise Giboulot (ENSL, 2019) / *Cadreur*
Les Filles de Rita, de Nina Gaines (École de la cité, 2019) / *Chef électricien*
- 2018 **Sorties d'école**, de Thomas Weyland, Charles Chabert, Ariane Vallin, (ENSL, 2018) / *co-réalisateur*
Les prémices, de Germain Le Carpentier (Arsonist's Films, 2018) / *étalonneur*
La Tasse, de Paul Nouhet (FEMIS, 2018) / *1st assistant caméra*
Les Lignes Courbes, de Corentin Courage (ENSL, 2018) / *1st assistant réalisateur*
Vent de Panique, de Marguerite Pellerin (FEMIS, 2018) / *2nd assistant caméra*
La Peau Dure, de Naïla Guiguet (FEMIS, 2018) / *2nd assistant caméra*
Les Soirs, les matins, de Lucie Plumet (Caïmans Productions, 2018) / *machiniste*
Une histoire d'amour, de Julien Charpier (ENSL, 2018) / *chef machiniste*
Call My Name, de Perrine Prost (FEMIS, 2018) / *électricien*

■ International

Russie - **Une enfance heureuse**, de Thomas Weyland (VGIK, 2019) / *Réalisateur*
Angleterre - **Gaixia**, de Jean Camenen (Autoproduit, 2019) / *Gaffer*

■ Captations

What the Femmes, mise en scène de Youri Rebeko (Compagnie Slash/Art, 2020) / *vidéaste*
La Supplication, mise en scène de Louise Legendre et May Hilaire (Compagnie Un Timbre Pareil, 2020) / *vidéaste*
Avant-première de "Kursk", bonus DVD (Europacorp, 2018) / *vidéaste*

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES ANTÉRIEURES

2015	Truffaut : hôte de caisse
2014	Mairie de Brax : adjoint technique
2013	Call Marketing : enquêteur
2012	ACE : assistant comptable / IAE : vacataire sur la chaîne d'inscription
2011	Kuehne & Nagel : préparateur de commandes / Proman : intérimaire

