



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

Tél. 33 (0) 1 84 67 00 01

[www.ens-louis-lumiere.fr](http://www.ens-louis-lumiere.fr)

Mémoire de Master

Spécialité Cinéma, promotion 2013/2014

Soutenance de juin 2014

Quelles stratégies d'exposition en prise de vues numérique ?

Paul MORIN

Ce mémoire est accompagné de la partie pratique intitulée : *La Zone*

Directeur de mémoire : Alain SARLAT

Directeur de mémoire extérieur : Jean COUDSI

Présidente du jury Cinéma et Coordinatrice des mémoires : Giusy PISANO



## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Jean Coudsi et Alain Sarlat pour la qualité de leur encadrement durant ce travail. Merci en particulier à Jean pour son attention tout au long de la partie pratique, et à Alain pour son écoute et sa confiance à des moments importants pour mon avancée.

Merci à toutes les personnes qui m'ont écouté, ont répondu à mes questions ou ont nourri mes réflexions pendant ce mémoire, en particulier Olivier Garcia, Philippe Ros, Yves Angelo.

Je remercie également tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à la mise en œuvre de la partie pratique de ce mémoire. Merci à Aurélien Dubois, William Herrero et Arthur Patain pour leur aide lors des expériences menées fin 2013. Merci à Julien Moine, Simon Berthaud et Aloïs Butin, ainsi qu'à toute l'équipe en tournage et en post-production, pour leur présence et leur énergie lors du tournage de *La Zone*. Merci à Gaultier de m'avoir fait confiance pour participer à son film et y associer mes recherches, pas toujours rassurantes pour un réalisateur pendant son tournage. Merci à Angénieux sans la générosité de qui le film n'aurait pas pu se faire dans de telles conditions, et merci à Jean-Yves Le Poulain de sa disponibilité et de son aide. Un grand merci également à Didier Nové et Pierre Vormeringer, qui ont tout mis en œuvre pour que les ambitieux tournages de cette année, dont *La Zone*, se passent dans les meilleures conditions techniques possibles.

Je tiens ensuite à remercier Laurent Stehlin et Nejib Boubaker pour leurs conseils, leur disponibilité et leur calme olympien lorsqu'il a fallu affronter quelques défis de post-production au sein de l'école. Merci également à Michel Coteret et Françoise Baranger pour leur aide tout au long de ce travail.

Je tiens enfin à remercier mes parents, sans le soutien de qui je n'aurais pu mener le long chemin qui m'a conduit à l'école et à ce mémoire.

## Résumé

La prise de vues numérique s'impose progressivement comme outil de référence de l'image de cinéma. Elle cohabite encore avec la prise de vues argentique, dont elle reprend en partie les codes, les usages et les référents. Les chaînes d'image argentique et numérique sont pourtant de nature très différente : la première est standardisée, maîtrisée et connue, tandis que la seconde est plurielle, constamment en évolution et parfois encore peu maîtrisée. Comment l'opérateur trouve-t-il alors ses repères pour travailler ce nouveau support ?

Dans un premier temps, nous qualifions la chaîne de référence argentique et les stratégies d'exposition qu'elle permet de mettre en œuvre. Toute chaîne d'image influence le travail et le rôle de l'opérateur. Nous essayons de voir comment les caractéristiques fortes de la chaîne argentique ont façonné le travail de l'opérateur.

Nous caractérisons ensuite la chaîne d'image numérique, en essayant de trouver une référence, une chaîne théorique applicable aux nombreuses chaînes appliquées de fait. Les outils d'exposition se sont multipliés, l'image s'est emparée du plateau, nous en analysons les conséquences sur la position et la méthode de l'opérateur.

Nous mettons enfin à l'épreuve une stratégie d'exposition épurée, la plus légère possible, dans le cadre d'un tournage de fiction, et en étudions les formes et les conséquences sur l'image et le travail de l'opérateur.

### Mots clés

Cinématographie, exposition, argentique, numérique, support, sensibilité, lumière, chaîne, workflow, flux, développement, traitement, raw.



## Abstract

Digital technology has become a major tool in the field of cinematography. Since film is still in use and remains a reference for filmmakers, it shares a lot of its codes, processes and tools with digital capture. Film and digital workflows are nevertheless very different: the film workflow is very well known and standardized while the digital one refers to a plurality of forms, constantly evolving and not always very well known. How can the cinematographer get a good enough comprehension to work with this new tool?

We first describe and characterize the film workflow and the exposure strategies it allows to put in practice. Every workflow has an impact on the way the cinematographer works. We try to show how the film workflow and its strong characteristics have defined the work and position of the cinematographer.

We then perform a similar characterization on the digital imaging chain, and we try to define a theoretical reference workflow from which every actual workflow is derived. Since a lot of new exposure tools have appeared, and since the film set has been invaded by the monitoring image, we analyse the effects of these trends on the cinematographer.

Finally, we experiment a digital exposure strategy that is as light as possible, during a short-film shooting, and we then study its consequences on the way the shooting went and how the image was affected.

## Keywords

Cinematography, exposure, film, digital, sensibility, light, workflow, development, treatment, raw.

## Table des matières

<i>Remerciements</i> .....	3
<i>Résumé</i> .....	4
<i>Abstract</i> .....	5
<i>Table des matières</i> .....	6
<u>Introduction</u> .....	<u>8</u>
<u>Partie I Stratégies d'exposition en prise de vues argentique</u> .....	<u>12</u>
<i>Chapitre 1 – Nature et caractérisation de l'image argentique</i> .....	14
1. Principe de fonctionnement du support argentique .....	14
2. Caractérisation d'une émulsion .....	16
<i>Chapitre 2 – Une chaîne fondée sur l'exposition de l'image</i> .....	24
1. La chaîne argentique cinématographique détaillée .....	24
2. Suivi de l'image dans la chaîne : le diagramme de Jones.....	26
<i>Chapitre 3 – Le rôle et la méthode de l'opérateur, façonnés par la nature de la chaîne</i> 33	
1. Une grande liberté de choix à la prise de vues.....	33
2. Des partis pris inscrits dans l'image dès la prise de vues .....	37
3. Un rapport quasi exclusif à l'image.....	38
<i>Conclusion</i> .....	40
<u>Partie II La prise de vues numérique, nouveaux enjeux d'image</u> .....	<u>41</u>
<i>Chapitre 1 – Chaîne de création de l'image numérique</i> .....	43
1. Nature de l'image numérique.....	43
2. Chaîne théorique de création numérique de l'image .....	48
3. Spécificités de certaines chaînes courantes.....	52
<i>Chapitre 2 – Analyse et contrôle de l'image numérique</i> .....	55
1. Capteur-caméra, le nouveau support de l'image.....	55
2. Nouveaux référents d'exposition : l'Indice d'Exposition revisité .....	58
3. Multiplicité des formes de l'image et des outils d'analyse et de contrôle.....	62
<i>Chapitre 3 – Glissements progressifs du contrôle de l'image</i> .....	67
1. À la prise de vues : l'image partagée et contrôlée.....	67
2. Vers la post-production : l'image retravaillée.....	69
<i>Conclusion</i> .....	74
<u>Partie III Un essai d'épuration du travail d'exposition en prise de vues numérique</u> .....	<u>75</u>
<i>Chapitre 1 – Présentation de l'expérience et du dispositif associé</i> .....	77
1. Spécificités du court-métrage « La Zone » .....	77
2. Choix d'image et contraintes associées .....	79
3. Cahier des charges de la chaîne .....	80
<i>Chapitre 2 – Caractérisation du support et de la chaîne</i> .....	81

1. Caractérisation de la caméra.....	81
2. Choix et suivi des espaces de travail de la chaîne .....	85
3. Bilan et conclusions sur la chaîne suivie .....	90
<i>Chapitre 3 – Dispositif de tournage et stratégie d'exposition adaptée.....</i>	<i>92</i>
1. Un dispositif cohérent avec les choix de mise en scène .....	92
2. Incidences du dispositif sur le travail de l'image.....	93
3. Influence du dispositif sur le plateau.....	95
<u>Conclusion.....</u>	<u>97</u>
<i>Bibliographie sélective .....</i>	<i>100</i>
Travail de l'opérateur .....	100
Chaîne argentique .....	100
Chaînes numériques.....	100
Documentation et normes techniques .....	101
<i>Filmographie .....</i>	<i>102</i>
<i>Table des illustrations .....</i>	<i>103</i>
<i>Annexes.....</i>	<i>104</i>
1. Aperçu des rendus de différentes gradations tonales .....	104
2. Aperçu des essais de keylight .....	107
3. Acronymes fréquemment utilisés.....	111
<u>Dossier de partie pratique de mémoire .....</u>	<u>112</u>
<i>Curriculum Vitae .....</i>	<i>113</i>
<i>Résumé .....</i>	<i>114</i>
<i>Abstract.....</i>	<i>114</i>
<i>Note d'intention.....</i>	<i>115</i>
1. Général.....	115
2. Format de présentation de la PPM.....	115
3. Choix de la caméra.....	116
4. Ressources et workflow .....	116
<i>Synopsis .....</i>	<i>117</i>
<i>Liste de matériel caméra .....</i>	<i>118</i>
<i>Liste de matériel machinerie.....</i>	<i>118</i>
<i>Liste de matériel électrique.....</i>	<i>119</i>
<i>Plan de travail.....</i>	<i>120</i>
<i>Plan de travail de post-production image .....</i>	<i>121</i>
<i>Étude technique et économique .....</i>	<i>122</i>
<i>Analyse et synthèse des résultats .....</i>	<i>123</i>

## Introduction

L'image de cinéma se fonde, depuis ses tous débuts, sur le recours au support argentique. Ce support a pris des formes variées, ses technologies ont grandement évolué jusqu'à aujourd'hui encore, mais le cœur du support est resté le même : l'image se forme sur un support de sels d'argents photosensibles.

Ce support n'est plus l'outil exclusif des opérateurs. Le développement des technologies vidéo a offert une première alternative, dont les qualités n'étaient pas comparables mais qui a permis l'existence d'un second support, le questionnement progressif de ce support de référence incontournable qu'était la pellicule. Les technologies de cinéma numérique incarnent une seconde alternative, dont les avancées ont été très rapides et qui s'est retrouvé dès les années 2000 en mesure d'offrir une alternative jugée crédible à la chaîne argentique de prise de vues.

Aujourd'hui, prise de vues argentique et prise de vues numérique coexistent, la tendance étant en faveur du numérique. En France, la prise de vues numérique est devenue majoritaire en 2011.

Ce nouvel environnement de travail a engendré un très grand nombre de changements à tous les postes de fabrication d'un film. Pour le chef opérateur, c'est avant tout le fondement de son travail qui est remis en question : la nature du support de l'image est profondément différente en prise de vues numérique. Or le support est au cœur des préoccupations de l'opérateur, car ses caractéristiques façonnent les stratégies d'exposition que l'opérateur choisira pour assurer l'image d'un film : étendues de lumière permettant une réaction du support, capacité du support à réagir dans des conditions de lumière très basses ou très hautes, réaction au contraste, richesse de l'image obtenue après exposition et possibilités de traitement en post-production... Tous ces paramètres découlent des caractéristiques du support de l'image et permettent de définir une méthode de travail, une approche de l'exposition que l'opérateur peut mettre en œuvre dans le cadre d'un film.

Cette bonne connaissance du support est acquise par sa caractérisation, lors d'essais sensitométriques et d'essais lumière, et par l'expérience de l'opérateur. Dans un cadre argentique, cette maîtrise est fondée sur une longue expérience du support et sur une chaîne de post-production commune à toutes les émulsions et tous les laboratoires, éprouvée et connue de tous les acteurs de l'image.

Cette maîtrise est profondément ébranlée par la prise de vues numérique. L'image numérique est protéiforme, enregistrée dans des formats dépendants du fabricant, de la caméra, des choix de l'opérateur et de la production. Chacun de ces formats a des propriétés spécifiques qui modifient les caractéristiques du support. Beaucoup de ces formats nécessitent un traitement particulier (dématriçage pour les fichiers raw, gradation spécifique

pour des fichiers logarithmiques ou linéaires...<sup>1</sup>) pour garantir le respect de l'image en post-production. La multiplicité de ces traitements rend parfois difficile la tâche de connaître à l'avance le résultat final du travail de prise de vues.

Paradoxalement, l'opérateur n'a jamais bénéficié d'autant d'outils qui peuvent l'aider, en apparence, dès la prise de vues. Le temps d'accès à l'image a fondu : d'un intervalle de quelques jours (le développement des rushes argentiques), on est passé à un retard de quelques images, délai nécessaire à la caméra pour traiter et diffuser l'information arrivée sur le support à l'obturation précédente. Les capacités d'analyse de l'image à la prise de vues ont décuplé. L'image formée à la prise de vues semble dorénavant tout sauf latente : elle est incarnée, révélée avant même d'avoir été enregistrée. L'opérateur n'est plus seul : il partage l'image avec un grand nombre d'intervenants sur le plateau, et il dispose d'un grand panel d'outils pour évaluer l'exposition de ses images (moniteurs, oscilloscopes, histogrammes...).

Mais le recours à ces outils peut offrir un faux sentiment de sécurité. L'image proposée sur un plateau et utilisée pour être analysée et contrôlée ne suit pas systématiquement la même chaîne que l'image d'origine, le rush qui sera exploité en post-production. En conséquence, toute image sur le plateau est loin d'être bonne à prendre : si le cadre est de plus en plus cohérent et respecté d'un moniteur à l'autre, d'autres qualités cruciales de l'image (sa couleur, sa luminosité et sa gradation des gris notamment) sont souvent malmenées d'un bout à l'autre de la diffusion des images sur le plateau.

Ces évolutions peuvent mettre à mal les références d'exposition de l'opérateur. Qui croire pour exposer une image ? Le moniteur, et si oui, lequel, avec quels réglages, dans quel environnement de visionnage ? La cellule, qui n'est pas forcément calibrée sur les mêmes bases que la réaction d'une caméra numérique ? Les outils d'analyse de l'image, qui n'analysent pas toujours l'image enregistrée mais peuvent prêter à confusion en se fondant sur des images de moindre qualité (bien qu'invisibles à l'œil non averti) ?

Pour répondre à cette question, on ne peut s'affranchir de s'interroger sur la chaîne de traitement de l'image numérique. Cette chaîne n'est pas aussi connue et maîtrisée que la chaîne argentique, notamment du fait de la jeunesse relative du cinéma numérique. Aujourd'hui, on peut considérer qu'on assiste à un début de stabilisation. Les premiers efforts de normalisation portent leurs fruits, des standards de prise de vues s'installent progressivement. Or, bien connaître la chaîne de l'image utilisée sur une production s'avère nécessaire pour choisir ses outils et élaborer une stratégie d'exposition. Et ce d'autant plus qu'aujourd'hui, il n'y a plus une image mais une variété de formes de l'image, de nature, de

---

1 On reviendra sur ces termes.

qualité et de caractéristiques différentes, adaptées à des utilisations très variées (image de contrôle du cadre, image de contrôle du point, image de retour pour la mise en scène, image pour préserver la grande dynamique d'une scène, etc.).

Un tel travail nécessite préalablement de rappeler les fondements du travail de l'opérateur argentique « historique », travaillant en 35mm pour une post-production tout argentique. Fondements tant scientifiques et techniques (la sensitométrie est au cœur du métier d'opérateur en argentique) que relationnels et politiques (l'opérateur est dans ce dispositif le seul dépositaire de l'image sur le plateau).

Il convient par la suite de clarifier les fondements des chaînes de cinéma numérique, pour fournir une grille de lecture applicable au plus grand nombre de situations et de faciliter la caractérisation du grand nombre de chaînes coexistant à l'heure actuelle. Ceci permettra également de commencer une réflexion sur la nature de l'image numérique et de ses différentes formes et sur les outils à disposition de l'opérateur en numérique, et de formaliser certaines stratégies d'exposition appliquées aujourd'hui à la prise de vues numérique.

Enfin, on proposera une stratégie d'exposition recentrée sur la caractérisation du support et la connaissance de la chaîne, qu'on mettra en œuvre dans le cadre de la partie pratique de ce mémoire. On en exploitera les images et on en tirera les conclusions, tant techniquement sur la qualité des images réalisées, qu'humainement dans la façon de travailler que cela aura induit.

Partie I

Stratégies d'exposition en prise de vues argentique



Si la majorité de la production cinématographique française fait dorénavant l'objet d'une prise de vues numériques, le basculement est très récent : on peut dater la charnière à 2010-2011. Ainsi, en 2010, 68% des semaines de tournage de fictions cinématographiques d'initiative française ont été effectuées sur support argentique, contre 34% en 2011<sup>2</sup>.

La très grande majorité des opérateurs actuels a donc été formée à la prise de vues argentiques, et a commencé à exercer en 16mm et en 35mm. La relative jeunesse du cinéma numérique et la formation et l'héritage argentiques de nombreux acteurs de la production cinématographique (opérateurs, fabricants, laboratoires) ont entraîné un glissement d'habitudes, de réflexes, d'éléments de vocabulaire et de bien d'autres objets de la sphère argentique vers l'environnement numérique.

Il apparaît donc nécessaire d'analyser les méthodes de travail de l'opérateur en argentique, car elles fondent nécessairement, que ce soit dans l'analogie ou dans l'opposition, ce même travail en prise de vues numérique.

On va d'abord s'attacher à étudier la nature du support argentique : sa réaction spécifique à la lumière et les outils disponibles pour la caractériser. On s'intéressera ensuite à la façon dont la chaîne de cinéma argentique s'est façonnée en fonction de la nature de ce support. Enfin, on verra en quoi ce support et la chaîne de traitement qui y est associée ont influencé une méthode de travail et une certaine place de l'opérateur sur le plateau.

---

<sup>2</sup> CNC, *Bilan 2012, 2013*, p. 155, d'après des données Ficam – Observatoire des métiers et marchés. Disponible sur <http://www.cnc.fr/web/fr/publications/-/ressources/3610852> (consulté le 21/05/14).

# Chapitre 1 – Nature et caractérisation de l'image argentique

## 1. Principe de fonctionnement du support argentique

Les supports de prise de vues argentiques sont construits sur la base d'une réaction chimique fondamentale : le noircissement des sels d'argent par leur exposition à la lumière. À l'échelle du sel d'argent, cette réaction est de type « tout ou rien » : un cristal est initialement pur, et il bascule à l'état noirci lorsqu'il a été suffisamment stimulé. Cette stimulation peut être portée par différents acteurs. L'excitation par des photons est un catalyseur de cette réaction de noircissement. Ainsi, le cristal noircit lorsqu'il a été au contact d'un nombre suffisant de photons.

Un cristal seul ne permet donc pas de gradation entre noir et blanc, puisqu'il ne peut être que dans deux états : pur et noirci. Cette gradation est permise par la coexistence d'une énorme quantité de sels d'argent au sein de l'émulsion, de formes et de tailles variées. À une échelle macroscopique, la gradation entre le noir et le blanc est représentée par la densité de sels d'argents noircis sur une zone donnée de l'émulsion.

L'exposition, c'est-à-dire l'éclairement de l'émulsion dans un temps donné, entraîne le noircissement photographique de l'émulsion. Ce noircissement n'est pas observable à l'œil : c'est une image latente qui est créée, portée par le support mais non exploitable telle quelle. De plus, sans autre intervention, le noircissement peut se poursuivre jusqu'à ce que tous les sels de l'émulsion aient réagi. Aussi, la réaction doit être stoppée et l'image latente révélée, ce qui a lieu en laboratoire, lors de l'étape du développement.

À l'issue du développement, on dispose d'une image caractérisée en premier lieu par des variations de densité, censées correspondre, si l'exposition et le développement ont été contrôlés, à des variations de luminance du sujet de la prise de vues. Une caractéristique essentielle de ce procédé de création d'images est qu'il repose sur un mécanisme d'inversion. Plus le sujet de la prise de vues est lumineux, plus il entraînera un noircissement important sur l'émulsion. La densité est donc inversement liée à la luminance du sujet.

Réduit à son essence, le procédé photographique argentique permet la création d'images en nuances de gris (qu'on appelle couramment « noir et blanc ») négatives, c'est-à-dire représentant l'inverse des luminances du sujet. Pour obtenir des images satisfaisantes dans leur reproduction, il est nécessaire de réaliser une seconde inversion de ces valeurs de gris. Pour ce faire, on expose une émulsion vierge à une lumière qui est transmise via l'image négative. Les zones les plus denses de l'image négative laissent passer une faible quantité de lumière, et génèrent donc un faible noircissement, donc une zone claire (peu dense) sur la nouvelle image, tandis qu'à l'inverse les zones les plus claires de l'image négative génèrent

une forte densité de l'image obtenue. On retrouve ainsi, après développement, une répartition fidèle des gammes de gris par rapport au sujet de la prise de vues. Cette seconde image est l'image positive. Ce processus (exposition et développement d'un négatif à partir d'un sujet, puis exposition et développement d'un positif à partir du négatif) est le processus fondamental de la réalisation d'images argentiques.

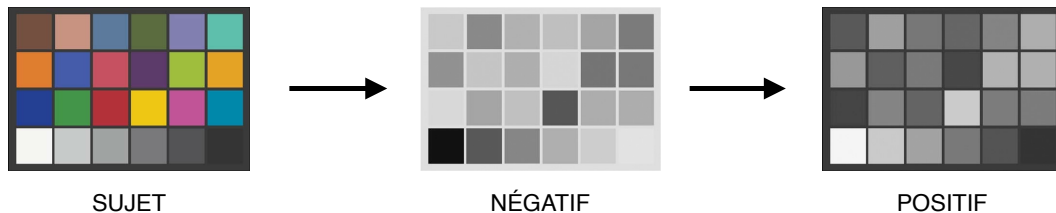


Figure 1 – illustration de la chaîne argentique N&B simplifiée

La reproduction des couleurs est obtenue en décomposant l'image en trois primaires Rouge, Vert et Bleu. Les pellicules sont donc composées de trois couches superposées : chacune est sensibilisée à une plage de lumière colorée (R, V, B) et produit des colorants appropriés lors du développement. Ces colorants ne sont pas Rouge, Vert et Bleu mais en sont les couleurs complémentaires Cyan, Magenta, Jaune.

Ainsi, la couleur du sujet est fidèlement reproduite à l'issue des deux inversions de la chaîne. Une zone rouge du sujet génère du colorant cyan (sa complémentaire) dans le négatif. Au tirage, cette zone cyan filtre le rouge de la lumière de tirage. Le positif est exposé à une lumière sans rouge, lumière qui génère des colorants magenta et jaune dont l'addition restitue du rouge dans le positif développé.

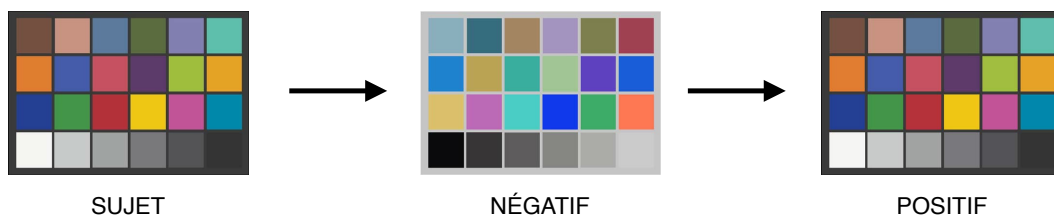


Figure 2 – illustration de la chaîne argentique couleur simplifiée

## 2. Caractérisation d'une émulsion

### a. Quelques notions de photométrie et de sensitométrie

On peut caractériser formellement la réaction des émulsions à la lumière. Il s'agit de mettre en relation la quantité de lumière qui a exposé la pellicule à la densité qui en résulte, une fois la pellicule développée.

La lamination, qu'on note  $H$ , est la grandeur quantifiant la lumière qui est reçue par un support photosensible (qu'il soit argentique ou numérique). Toute source de lumière est caractérisée par son intensité lumineuse  $I$ , exprimée en Candela (cd). Lorsque la lumière émise par cette source rencontre un objet, elle le soumet à un éclairage  $E$  exprimé en lux (ou  $\text{lm}/\text{m}^2$ ). Cet objet éclairé, désormais appelé sujet, devient à son tour source de lumière par sa capacité à réfléchir une partie de la lumière qu'il reçoit. C'est cette luminance produite par le sujet sur un système photosensible (œil, émulsion, capteur) qui rend cet objet « visible ». La lamination désigne la quantité totale de lumière reçue par le support photosensible, c'est-à-dire l'éclairage par le temps de prise de vue.

$$H = E \cdot t$$

La lamination est exprimée en lux par secondes (lux/s). C'est cette grandeur que l'on utilise pour quantifier la quantité de lumière reçue par le support de prise de vues. Pour approcher au mieux la représentation de notre perception visuelle, on étudie en sensitométrie non pas la lamination mais son logarithme.

La densité est une grandeur quantifiant le noircissement de l'émulsion. Elle représente le logarithme de l'opacité, lui-même l'inverse du coefficient de transmission ou du coefficient de réflexion d'un objet. Appliquée à un sujet, l'opacité permet de quantifier le coefficient d'absorption lumineuse de l'objet, donc sa noirceur relative. Appliquée à une pellicule, l'opacité permet d'en évaluer le noircissement photographique. Comme pour la lamination, on travaille dans une échelle logarithmique : l'échelle de densité (sans unité).

Ainsi, un objet théorique d'un blanc parfait réfléchit toute la lumière qu'il reçoit et a donc une opacité de 1, donc une densité de 0. À l'inverse, un objet théorique d'un noir parfait absorbe toute la lumière qu'il reçoit : son opacité tend vers l'infini, donc sa densité également. En pratique, la densité des objets rencontrés en prise de vues peut s'encadrer entre des valeurs extrêmes d'environ 0,05 (neige, coefficient de réflexion de 90%) à 1,54 (velours noir, coefficient de réflexion de 2,90%).

Pour l'opérateur, qui travaille énormément en « diaphs », c'est-à-dire en unités d'ouverture optiques, il est intéressant de retrouver la valeur de densité correspondant à un écart d'un diaphragme. Sachant qu'entre deux unités de diaphragme, on réduit ou augmente la quantité

de lumière par un facteur 2, on peut en déduire le coefficient de transmission correspondant (T), puis l'opacité et la densité liées :

$$T = \frac{1}{2} \rightarrow Op = 2 \rightarrow D = \log(2) = 0,3$$

À un écart d'un diaphragme correspond donc un écart de densité de 0,3. Cette valeur nous sera utile après avoir caractérisé l'émulsion.

#### b. Caractérisation sensitométrique

En pratique, on met en relation exposition et densité par la prise de vues d'une gamme de densités de référence, le *coin de Goldberg*. Cette référence consiste en la succession de filtres à densité croissante, aux valeurs connues et à l'écart constant (pas de 0,15 ou 0,20 de densités selon les coins utilisés). On impressionne cette gamme sur la pellicule à caractériser dans un sensitographe, un appareil dont les caractéristiques photométriques sont connues (intensité de la source, distance entre la source et la surface sensible, etc.). Cette opération permet donc d'obtenir une gamme de référence dont on connaît les valeurs d'exposition, et dont on mesure les valeurs de densité à l'aide d'un densitomètre. Ces valeurs sont mises en relation dans une *courbe sensitométrique* (ou courbe H-D).

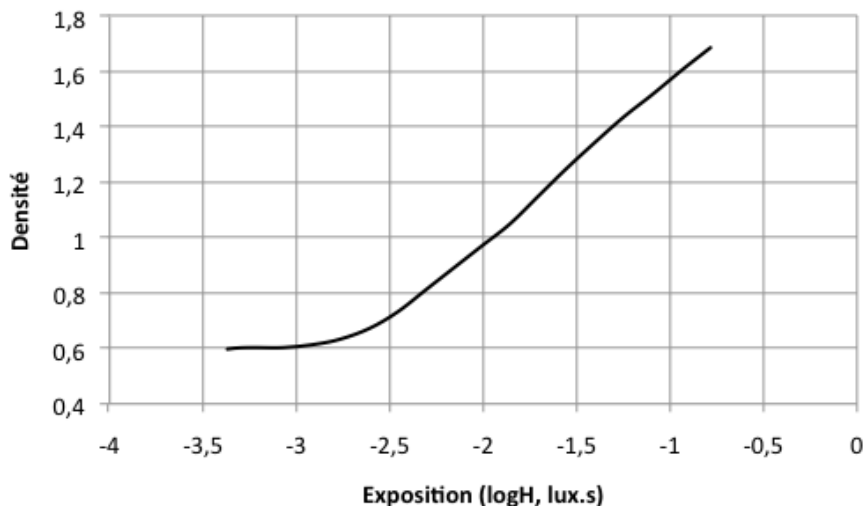


Figure 3 – courbe sensitométrique théorique d'une émulsion N&B

Dans le cas d'émulsions couleur, on effectue les mesures de densité obtenues sur chacune des trois couches colorées à l'aide de filtres calibrés pour le type d'émulsion considéré. On obtient donc trois courbes, qui pour l'immense majorité des émulsions ont une trajectoire très proche mais des niveaux de densité différents.

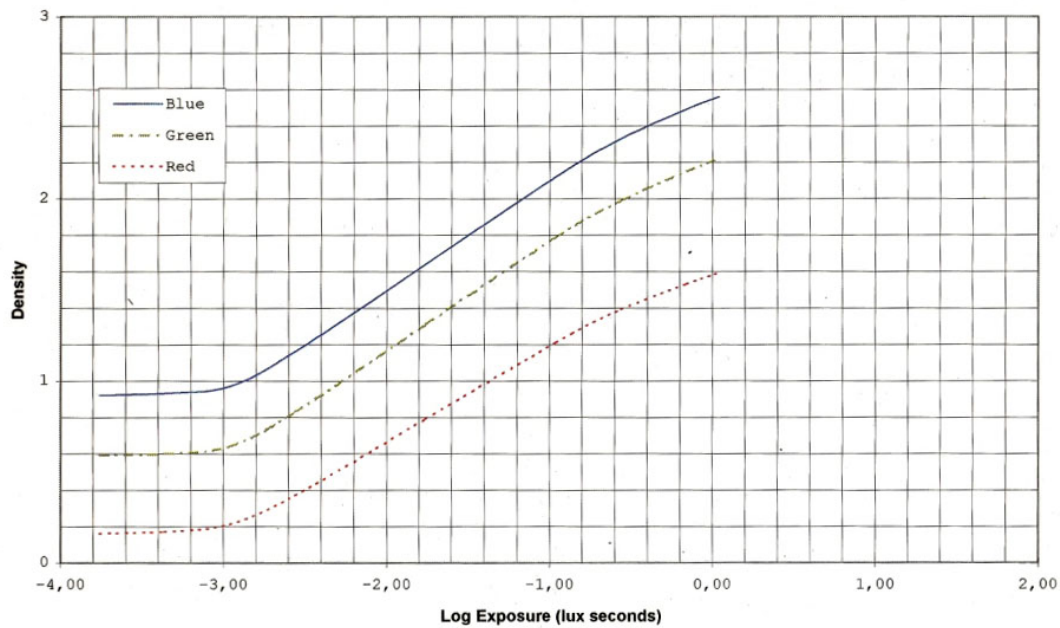


Figure 4 – courbe sensitométrique d'une émulsion couleur Kodak 5279<sup>3</sup>

Il existe de nombreux types d'émulsion destinées à des usages variés : négatives et positives, émulsions destinées au son, émulsions noir et blanc ou couleur... Leurs caractéristiques varient, mais toutes présentent une courbe de forme similaire. On peut y distinguer cinq segments, chacun caractérisé par une réaction spécifique à la lumière.

- La *densité minimale* est une zone de non-réaction à la lumière. La densité minimale existe du fait de la densité du support et du voile, phénomène d'exposition minimale de la pellicule.
- Dans le *pied de courbe*, la réaction démarre et sa vitesse augmente progressivement : le contraste n'est pas constant dans cette zone.
- À l'inverse, le contraste est constant dans la *partie rectiligne*, partie la plus exploitée du support. Le contraste, qui correspond à la pente de la courbe, est noté  $\gamma$  (gamma).
- En haut de la partie rectiligne, l'*épaule* répond au pied de courbe : le contraste  $\gamma$  diminue progressivement, la réaction à la lumière est de moins en moins différenciée.
- Enfin, la *densité maximale* correspond à un noircissement maximal de l'émulsion. La pellicule réagit uniformément à la lumière au-delà d'une quantité limite. Comme

<sup>3</sup> Source : FOURNIER, Jean-Louis, *La sensitométrie, les sciences de l'image appliquées à la prise de vues cinématographique*, Paris, Dujarric, 2006.

la densité minimale, la densité maximale n'est pas exploitable pour produire une image satisfaisante d'un sujet.

Chaque courbe sensitométrique est spécifique à la combinaison d'une émulsion et d'un développement. Si l'un de ces paramètres change, la courbe sensitométrique est susceptible de changer. En effet, chaque émulsion est conçue pour des besoins spécifiques et a donc une réponse propre à la lumière. Le développement a une influence sur le contraste global de l'image et a un rôle clé dans la nature de la réponse d'une émulsion à la lumière. Pour une émulsion N&B, on peut ainsi contrôler le contraste final de l'image en jouant simplement sur le temps de développement, comme on le voit sur la Figure 5 : plus le développement est long, plus le gamma augmente. Cette relation est plus complexe dans le cas d'émulsions couleur, car l'évolution n'est pas identique pour les trois couches colorées : s'écarter du temps de développement standard a des effets sur d'autres paramètres que le contraste, comme on le verra ultérieurement.

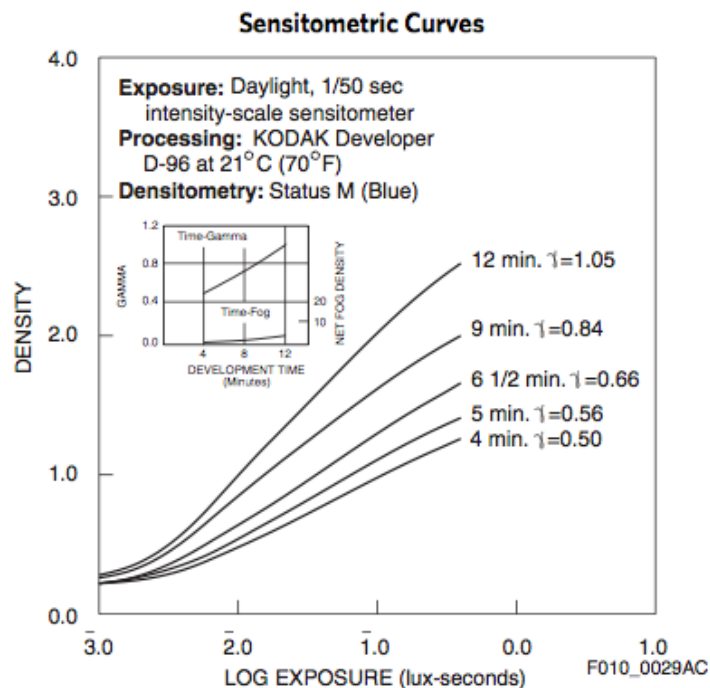


Figure 5 – courbes sensitométriques d'une émulsion négative NB Kodak selon différents temps de développement<sup>4</sup>

Pour une émulsion négative, qui est le support premier de l'image et l'outil de travail de l'opérateur, la courbe sensitométrique présente plusieurs intérêts majeurs. Elle permet de confirmer ou de modifier l'indice d'exposition nominal conseillé par le fabricant. Cet indice d'exposition, dont on détaille le fonctionnement ci-dessous, fournit une recommandation sur

<sup>4</sup> Source : documentation technique de l'émulsion Kodak 5222, disponible sur [http://motion.kodak.com/motion/Products/Production/Black\\_And\\_White\\_Films/5222.htm](http://motion.kodak.com/motion/Products/Production/Black_And_White_Films/5222.htm) (consulté le 01/05/2014).

les niveaux minimum d'exposition nécessaires pour obtenir une réaction modulée sur l'émulsion, et donc une image satisfaisante. Il est fourni par l'émulsionneur et peut être vérifié d'après les données fournies par la courbe sensitométrique.

La caractérisation sensitométrique permet également d'évaluer la latitude d'exposition, c'est-à-dire la marge de réaction différenciée de la pellicule autour de l'exposition nominale.

Ces éléments sont conditionnés par la détermination de l'Indice d'Exposition (IE) de la pellicule, processus dont la méthode même peut conditionner le rapport de l'opérateur à l'image.

### c. L'indice d'exposition

L'indice d'exposition quantifie la sensibilité des émulsions, c'est-à-dire la quantité de lumière minimale nécessaire à la production d'une image satisfaisante par le dispositif. Il est historiquement issu des indices d'exposition des pellicules photo. Dès l'ouverture du marché de la photographie à la pratique amateur, l'existence de tels outils d'exposition s'avéra nécessaire pour faciliter la pratique et améliorer l'accès des photographes amateurs à la prise de vues. Cette normalisation a été prise en charge par différents organismes et est aujourd'hui assurée par l'ISO (Organisation Internationale de Standardisation).

Le marché du cinéma étant par nature quasiment exclusivement professionnel, ce besoin de normalisation ne s'est pas fait ressentir. Les indices d'exposition utilisés aujourd'hui couramment pour les pellicules destinées à la prise de vues cinématographique sont issus d'une méthode adaptée de la norme photographique. Cette méthode « cinéma » s'est généralisée de fait à l'ensemble des acteurs de la chaîne mais n'a jamais été formalisée dans une norme dédiée.

L'indice d'exposition a pour objectif de déterminer la valeur la plus faible d'exposition d'une émulsion permettant l'obtention d'une « bonne » image, c'est-à-dire d'une image en cohérence avec le sujet de la prise de vues, d'une qualité photographique acceptable par un observateur. Ceci nécessite de mettre en relation la quantité de lumière reçue par le négatif avec la qualité du tirage positif en résultant. Les travaux ayant fondé cette approche sont issus des recherches de Jones, dont un apport primordial a été d'intégrer une évaluation des images par des observateurs dans la détermination de l'exposition optimale. Cette approche psychométrique de l'exposition a été conservée depuis.

La méthode qui s'est imposée à l'ensemble des acteurs est issue de la méthode Kodak. Dans ses grandes lignes, elle utilise une valeur de densité minimale de sécurité fixe, située à 0,20 au-dessus de la densité minimale. Pour chaque couche de couleur, on évalue



l'exposition de l'émulsion en calculant l'*Exposure Rating* (ER) à partir de la valeur de logH correspondant à  $D_{min} + 0,20$  :

$$ER = 100. (3 - \log H_{D_{min}+0,20})$$

Chaque fabricant dispose de tables spécifiques (non communiquées) de concordance entre les ER obtenus et les Indices d'Exposition compatibles avec les posemètres gradués en ASA, ISO, etc. Des tables de correspondance génériques ont été déterminées grâce à des essais exhaustifs menés par l'AFC<sup>5</sup>. Ces tables font référence pour les pellicules cinéma couleur disponibles actuellement sur le marché.

SENSIBILITE des NEGATIVES CINE

SENSIBILITE des EXR /INDICE D'EXPOSITION	
ER	EI
440	25
450	32
460	40
470	50
480	64
490	80
500	100
510	125
520	160
530	200
540	250
550	320
560	400
570	500
580	640
590	800
600	1000

Ce tableau est fonction :  
 de la technologie EXR  
 du contraste  
 de la courbe sensitométrique  
 de la structure d'image

Figure 6 – un tableau des correspondances courantes ER/EI<sup>6</sup>

Cette méthode se concentre sur la protection du bas de la courbe, donc des basses lumières. Cette approche ne tient pas compte des hautes lumières, ce qui n'est pas crucial sur une émulsion négative dont l'aptitude au contraste est très élevée.

En revanche, la méthode décrite ici n'est pas adaptée à l'exposition de pellicules inversibles, qui sont développées puis projetées immédiatement (pas d'intermédiaire négatif/positif, l'émulsion de tournage est le positif). Une telle situation exige de se concentrer en priorité sur la restitution des hautes lumières : sur une image finale, le spectateur tolère

<sup>5</sup> Association française des directeurs de la photographie cinématographique.

<sup>6</sup> Source : FOURNIER, Jean-Louis, op. cit.

d'avantage des zones enterrées plutôt que des zones surexposées, et l'inversible n'offre pas d'étape d'étalonnage permettant de gérer les hautes lumières.

L'application de la méthode de détermination décrite ci-dessus est donc limitée aux pellicules négatives dont le contraste dans la partie rectiligne de la courbe est compris dans des valeurs moyennes, ce qui recouvre l'essentiel des pellicules négatives actuelles ayant subi un développement standard.

L'indice d'exposition obtenu par cette méthode est exprimé en EI, pour *Exposure Index*. L'EI utilise la même échelle que la norme ISO, qui elle-même a été créée par la fusion des normes américaine (ASA, échelle arithmétique) et allemande (DIN, échelle logarithmique). On ne peut cependant utiliser la désignation ISO pour évoquer une sensibilité obtenue par la méthode cinéma, car le terme ISO n'est utilisable que lorsque le procédé utilisé pour obtenir la valeur de sensibilité respecte strictement le protocole défini par la norme. Or, on vient de le voir, la méthode cinéma est une adaptation de cette norme photographique à la chaîne cinéma.

ASA	DIN	ISO et EI	Diaph relatif (réf. : ISO100/21°)
<b>25</b>	<b>15°</b>	<b>25/15°</b>	<b>- 2</b>
32	16°	32/16°	- 1 2/3
40	17°	40/17°	- 1 1/3
<b>50</b>	<b>18°</b>	<b>50/18°</b>	<b>- 1</b>
64	19°	64/19°	- 2/3
80	20°	80/20°	- 1/3
<b>100</b>	<b>21°</b>	<b>100/21°</b>	<b>0</b>
125	22°	125/22°	+ 1/3
160	23°	260/23°	+ 2/3
<b>200</b>	<b>24°</b>	<b>200/24°</b>	<b>+ 1</b>
250	25°	250/25°	+ 1 1/3
320	26°	320/26°	+ 1 2/3
<b>400</b>	<b>27°</b>	<b>400/27°</b>	<b>+ 2</b>
...	...	...	...

Figure 7 – échelles des sensibilités DIN, ASA et ISO/EI  
(les écarts de diaphragme sont indiqués en prenant comme référence arbitraire ISO100/21°)

Par abus de langage, on parle maintenant couramment d'ISO, voire d'ASA, pour évoquer la même échelle EI, et on ne mentionne plus le degré issu de la norme DIN (par exemple, ISO200 et IE200 au lieu de mentionner ISO200/24° et IE200/24°).

L'échelle conservée, issue de la norme ASA, suit une logique analogue à celle des diaphragmes : tout doublement de l'IE indique un gain de sensibilité d'un diaphragme (par exemple, passage de IE25 à IE50 ou de IE400 à IE800). On incrémente généralement cette échelle de tiers en tiers (Figure 7).

## Chapitre 2 – Une chaîne fondée sur l'exposition de l'image

### 1. La chaîne argentique cinématographique détaillée

On a décrit jusqu'ici le processus général de création d'une image argentique. Ce processus est le fondement de toute pratique photographique : photographie fixe, cinématographie, radiographie, prises de vues infrarouges... Décrivons maintenant plus finement ce procédé dans une logique de prise de vues cinématographique.

L'opérateur est en charge de la prise de vues, qui recouvre l'éclairage du sujet de prise de vues et l'exposition du négatif. Il doit donc mesurer, contrôler ou modifier la lumière qui éclaire le sujet, choisir une émulsion appropriée aux conditions de prise de vues et au résultat souhaité, et en déterminer l'exposition.

Les émulsions destinées à être utilisées comme négatives ont été adaptées aux exigences spécifiques de la prise de vues. Ces émulsions disposent ainsi d'un gamma assez faible, afin d'augmenter leur étendue utile<sup>7</sup> (leur capacité à restituer une scène à fort contraste) et de ménager une marge d'erreur d'exposition. Le gamma de ces émulsions est situé entre 0,50 et 0,60. La dynamique associée aux émulsions les plus récentes dépasse les 15 diaphragmes.

Le négatif exposé est confié au laboratoire photochimique. Il en effectue le développement. Par défaut, ce développement est standard, identique pour toutes les émulsions cinéma sur le marché. Il offre une marge de manœuvre, limitée dans le cas le plus courant d'émulsions couleur à un ou deux diaphragmes de surdéveloppement ou de sous-développement.

L'opérateur peut demander à traiter le négatif spécifiquement, par un sous-développement ou un surdéveloppement, dans les limites de la marge de manœuvre du laboratoire (généralement 2 diaphragmes de surdéveloppement, et 1 diaphragme de sous-développement). L'objectif est alors d'effectuer un développement en adéquation avec l'exposition qu'a subi le négatif, exposition choisie par l'opérateur pour obtenir l'effet recherché sur l'image tout en s'accommodant des possibilités et contraintes de lumière et d'émulsion au tournage.

---

<sup>7</sup> Le terme anglo-saxon correspondant est « *dynamic range* », à ne pas confondre avec *dynamique* d'une scène ou d'

Le négatif développé est ensuite utilisé pour tirer un positif. L'opération de tirage, effectuée en laboratoire également, désigne l'exposition et le développement de l'émulsion positive. Si le développement du positif est standard dans l'immense majorité des cas en cinéma, le choix de l'exposition du tirage est un levier de contrôle important de l'image. Le premier objectif est de situer l'image positive dans des valeurs exploitables de la courbe sensitométrique du positif. Les images négatives qui arrivent au laboratoire peuvent avoir des densités très différentes selon la pellicule choisie, l'exposition effectuée et le traitement appliqué au négatif. Il est donc nécessaire de disposer d'une source de lumière modulable. La boîte à lumière utilisée couramment pour les tirages permet de contrôler une source lumineuse composée de trois faisceaux : un rouge, un vert et un bleu.

L'opérateur du tirage, appelé *étalonneur*, contrôle donc non pas la quantité globale de lumière envoyée sur le positif, mais bien la quantité de lumière envoyée dans chaque canal lumineux. Ces lumières sont réglables sur une plage de 50 valeurs, appelées *lumières de tirage (LT)*<sup>8</sup>. L'écart entre chacune de ces valeurs est standard : il correspond à un écart de lamination de  $0,025 \log H$ . On a vu précédemment que l'aptitude au contraste d'un négatif est en moyenne de 0,50. Une variation de l'exposition d'un diaphragme, soit  $0,30 \log H$ , entraîne donc une variation de densité de  $0,30 \times 0,50 = 0,15$ . On peut donc en déduire que la compensation d'exposition d'un diaphragme correspond à un décalage de  $0,15 / 0,025 = 6 \text{ LT}$ . Une boîte à lumière standard offre donc une latitude de correction d'environ 8 diaphragmes.

Pour compenser la faible aptitude au contraste des pellicules négatives, les positives doivent avoir une aptitude au contraste élevé, afin que le contraste final, qui est le produit des contrastes de chaque intermédiaire, se situe autour de 1, contraste normal d'une image perçue par notre système visuel. Les positives ont donc une aptitude au contraste autour de 1,8 à 2. Ceci limite la marge d'erreur dans l'exposition de la positive, mais comme on l'a vu, le tirage se déroule dans un environnement lumineux très contrôlé. À cette étape, l'étendue utile très large de l'image négative est compressée sur une étendue plus proche d'un contraste image acceptable, c'est à dire 5 diaphragmes environ.

La positive est enfin projetée pour former l'image finale sur l'écran de la salle. Lors de la projection, une source lumineuse fixe d'intensité normée, la lampe du projecteur, émet une lumière modulée par le positif avant d'atteindre l'écran de projection. La luminance des différentes zones de l'écran est donc fonction des densités du positif.

---

<sup>8</sup> 24 autres valeurs, les *trimmers*, sont réservées à la calibration des machines et ne sont donc pas accessibles à l'étalonneur.

## 2. Suivi de l'image dans la chaîne : le diagramme de Jones

Tout sujet d'une prise de vues est un objet illuminé par une ou plusieurs sources de lumière. Cette lumière est modulée par le coefficient de réflexion de chacune des parties du sujet. Le support sensible est exposé par la lumière réfléchie du sujet. Le sujet peut donc être décomposé en zones de luminance hiérarchisées, chaque incrémentation de zone correspondant au doublement de la luminance. Par convention, ces zones sont notées en chiffres romains en partant de 0, correspondant au noir absolu.

À chaque zone va correspondre une densité à l'issue de la chaîne. Cette densité, qu'on nomme valeur (ou valeur de tirage), dépend de la réponse de chacun des supports de la chaîne. On sait caractériser ces réponses par l'établissement des courbes sensitométriques des supports. On peut donc déterminer l'agencement des valeurs de l'image en connaissant les zones du sujet, l'exposition du sujet, la réponse du négatif, le tirage choisi et la réponse du positif.

### a. Le sujet

Chaque sujet est un ensemble de zones (Figure 8). La mesure de chacune de ces zones du sujet s'effectue à l'aide d'un luminancemètre, que l'opérateur connaît sous la forme d'une cellule, qu'elle soit à incidence ou à réflexion. Cette cellule peut fournir un *Indice de Luminance (IL)*, plus couramment appelé *EV* pour *Exposure Value* : il représente un ensemble de couples diaphragme/obturation permettant d'obtenir une même exposition. Comme en cinéma, l'obturation est un paramètre très peu variable<sup>9</sup>, beaucoup de cellules peuvent fournir directement le diaphragme correspondant.

En fonction de la sensibilité de la pellicule, on peut associer à chaque zone un EV. L'opérateur peut ainsi évaluer le sujet de sa prise de vues, et notamment en quantifier le contraste global, qui correspond à l'écart de plages entre les zones extrêmes du sujet. Tout sujet n'utilise en effet pas nécessairement les onze zones existantes.

L'analyse statistique d'un grand nombre de sujets de prise de vues<sup>10</sup> a permis de déterminer que le contraste d'une scène extérieure était majoritairement compris entre 100:1 et 300:1, avec une moyenne à 160:1. Selon l'analyse statistique, la majorité des scènes extérieures s'étalent sur les zones I à VIII, ce qui correspond à un contraste de  $2^7 = 128$ , proche de la moyenne observée de 160. Cette scène moyenne définit des valeurs de référence, en aucun cas des valeurs qu'il est nécessaire de retrouver : des sujets extérieurs

<sup>9</sup> Il est généralement de 180° (ou une valeur proche). Cette valeur correspond au meilleur compromis de rendu des mouvements en image animée.

<sup>10</sup> JONES, Lloyd A. et CONDIT, H. R., « The Brightness Scale of Exterior Scenes and the Computation of Correct Photographic Exposure », *Journal of the Optical Society of America*, vol. 31, Issue 11, 1941, pp. 651-678.

ont un contraste sujet plus faible (temps gris), d'autres au contraire dépasseront ce contraste moyen. La détermination de ce contraste moyen permet essentiellement de disposer d'une référence à l'aune de laquelle on peut évaluer le contraste de tout sujet.

Zone	Description
<b>0</b>	Pure black
<b>I</b>	Near black, with slight tonality but no texture
<b>II</b>	Textured black; the darkest part of the image in which slight detail is recorded
<b>III</b>	Average dark materials and low values showing adequate texture
<b>IV</b>	Average dark foliage, dark stone, or landscape shadows
<b>V</b>	Middle gray: clear north sky; dark skin, average weathered wood
<b>VI</b>	Average Caucasian skin; light stone; shadows on snow in sunlit landscapes
<b>VII</b>	Very light skin; shadows in snow with acute side lighting
<b>VIII</b>	Lightest tone with texture: textured snow
<b>IX</b>	Slight tone without texture; glaring snow
<b>X</b>	Pure white: light sources and specular reflections

Figure 8 – description d'un sujet en onze zones du Zone System<sup>17</sup>

Enfin, cette analyse statistique a permis de déterminer une valeur moyenne de coefficient de réflexion qui correspond à un gris « moyen ». Ce gris de référence est un gris dont le coefficient de réflexion est de 18%. Cette valeur de coefficient de réflexion correspond, en échelle logarithmique, à une zone située à mi-chemin des noirs les plus profonds (2% de réflexion) et des blancs les plus réfléchissants (90% de réflexion). Ce gris à 18%, ou *gris neutre*, est une référence importante de la chaîne, car il indique une position médiane dans les valeurs du sujet et de son image. Il permet de situer, autour de ce point central, l'étendue des plages plus denses, jusqu'au noir, et plus claires, jusqu'au blanc.

#### b. Le négatif exposé et développé

Pour l'opérateur, les dix plages du sujet correspondent à dix expositions potentielles. En effet, à l'aide de sa cellule et en indiquant un indice d'exposition, il peut obtenir le nombre d'ouverture qu'il lui faudra afficher sur l'optique pour « bien exposer » la zone mesurée, c'est-à-dire pour placer la zone étudiée au centre de la courbe de son support.

<sup>17</sup> Source : Wikipedia.org, « Zone System » ([http://en.wikipedia.org/wiki/Zone\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Zone_System)), consulté le 15/05/14.

« Bien exposer » correspond à ramener la zone considérée à une valeur moyenne, donc à une zone V. Ainsi, si l'on expose pour la zone V du sujet, on doit obtenir une image négative « centrée » : les basses et hautes lumières seront inscrites autour de la densité du gris neutre. En d'autres termes, exposer pour une zone, c'est faire en sorte que l'image de cette zone soit une valeur de gris à 18%.

Pour une émulsion dont on connaît l'indice d'exposition, on peut déterminer l'exposition nécessaire pour bien exposer le gris à 18%, et donc en déduire la densité correspondant à ce gris à 18%. On peut donc placer les zones autour de ce point de référence.

EXPO GRIS 18%				
50	64	80	100	125
-0,70	-0,80	-0,90	-1,00	-1,10
160	200	250	320	400
-1,20	-1,30	-1,40	-1,50	-1,60
500	640	800	1000	1250
-1,70	-1,80	-1,90	-2,00	-2,10
1600	2000	2500	3200	4000
-2,20	-2,30	-2,40	-2,50	-2,60

Figure 9 – table de correspondances IE-logH du gris18%<sup>12</sup>

Ainsi, en suivant une exposition standard (exposition pour le gris neutre, donc pour la zone V, cf. Figure 10), on va au bout de la logique qui a permis la définition de l'Indice d'Exposition : l'ensemble des zones du sujet se trouve placé sur la partie rectiligne de la courbe, sans utilisation des parties non-standard (le pied en particulier). C'est une utilisation optimale du négatif : chaque zone dispose d'une plage d'informations maximale, et les performances actuelles des pellicules négatives permettent une réponse jusque dans les zones de très hautes lumières.

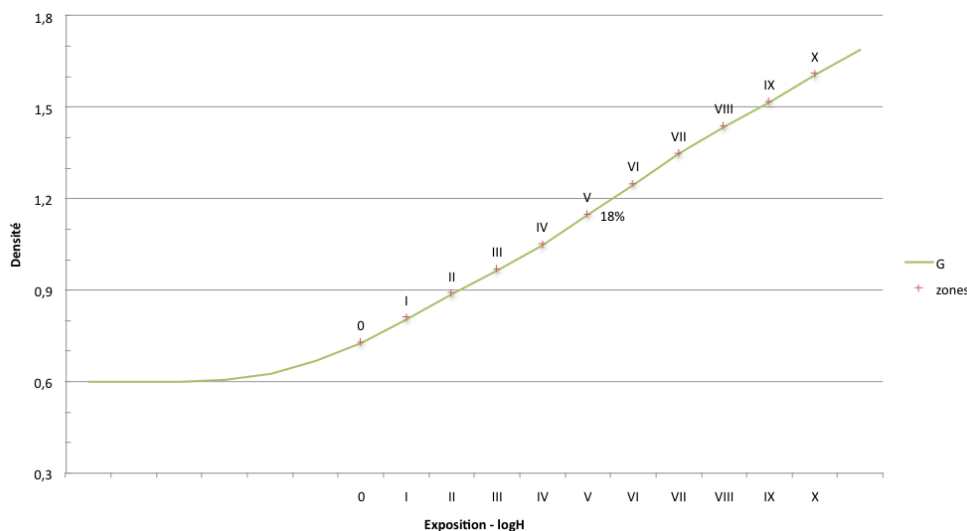


Figure 10 – courbe sensitométrique théorique, exposition standard<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Source : FOURNIER, Jean-Louis, op. cit.



Si l'on choisit d'exposer pour une zone différente, on peut répercuter les conséquences de ce choix sur le négatif. On peut par exemple décider d'exposer pour la zone VI (cf. Figure 11). Cette situation correspond à une sous-exposition de 1 diaphragme. Les zones de basses lumières se retrouvent dans le pied de courbe, et ont donc un contraste local plus faible. L'ensemble de l'image se retrouve à des densités plus basses. Le contraste local des moyennes et hautes lumières est inchangé. Poussée plus loin, une telle stratégie d'exposition peut conduire à la perte d'informations dans les basses lumières, puisqu'en-dessous du pied, la réponse de la courbe n'est plus modulée.

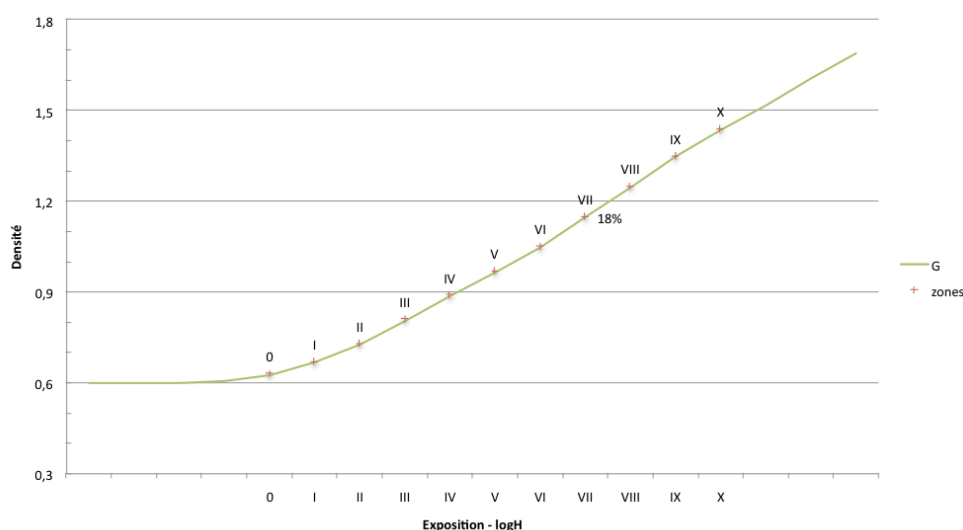


Figure 11 – courbe sensitométrique théorique, sous-exposition d'un diaph

Les conséquences d'une exposition non-standard sur la reproduction des zones peuvent donc être prévisualisées jusqu'au négatif. Mais tel quels, les résultats ne permettent pas de tirer de conclusions sur l'image finale. Il faut pour ce faire poursuivre le raisonnement jusqu'au positif.

### c. Quadrant III : le positif tiré

Dans la troisième étape, on s'intéresse au tirage du positif. Le positif est tiré à partir d'une lumière fixée par l'étalonneur. Cette lumière, fixe pour un photogramme donné, passe à travers le négatif, elle est donc modulée par les densités de l'image négative avant d'impressionner le positif. Les densités affectées à chaque zone lors de l'exposition et du développement affectent donc la qualité du positif.

Le choix de tirage est un choix de positionnement des zones du négatif sur la courbe du positif, limité d'une part par la richesse des informations sur le négatif, et d'autre part par la

<sup>13</sup> Pour simplifier la représentation des courbes, on ne fait figurer que la courbe correspondant à la couche verte.

latitude offerte par la boîte à lumière d'étalonnage (environ 4 diaphragmes de part et d'autre de l'étalonnage moyen).

Lorsqu'il quantifie les lumières de tirage, l'étalonneur cherche à traduire les intentions de l'opérateur, qui lui ont été transmises d'une manière ou d'une autre : par une discussion en amont du tournage ou pendant le tournage, par des notes sur les rapports image qui sont transmis au laboratoire en même temps que les rushes, par des indications portées sur les claps (JOUR / NUIT, INT / EXT...) ou encore par l'impression, au tournage, de chartes de gris et de couleur qui servent de référence d'exposition et d'étalonnage.

À l'issue du tirage du positif, on obtient (sauf erreur le long de la chaîne, ou choix esthétique très marqué) une image positive « satisfaisante », c'est à dire caractérisée par un contraste et une reproduction des zones acceptables par un observateur standard.

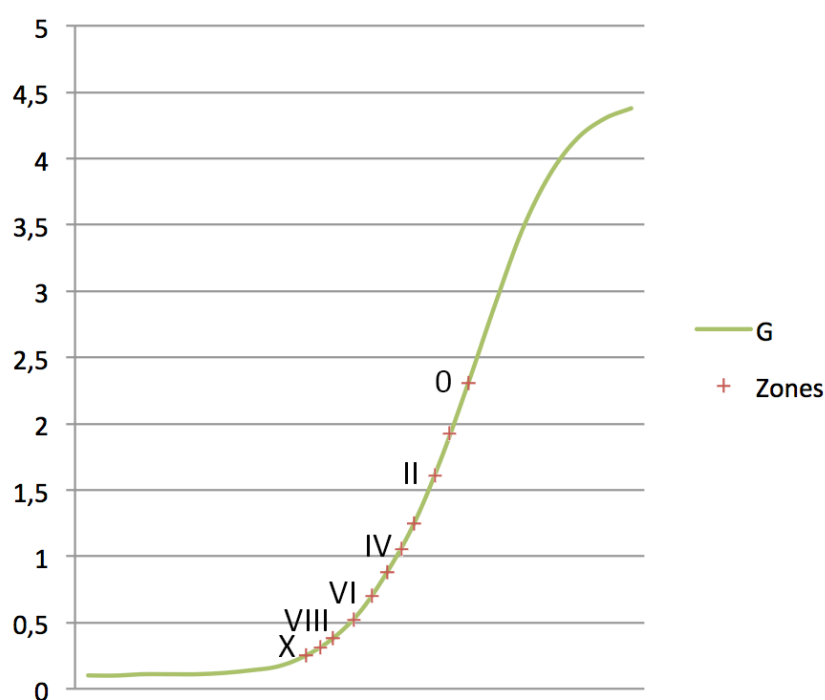


Figure 12 – Courbe sensitométrique théorique d'un positif

Pour harmoniser les références entre les laboratoires, et donc permettre notamment le travail inter-laboratoires ou encore faciliter le dialogue des opérateurs avec les étalonneurs, un étalon de tirage a été mis en place. Cet étalon est un gris dont la densité est la moyenne des densités minimales et maximales des pellicules positives à l'époque de son choix (en 1976). Ce choix fut donc fait simplement dans le souci d'harmoniser les tirages, sans aucun lien avec l'image négative issue de la prise de vues. Cependant, il est au final assez peu éloigné de la référence de gris neutre des opérateurs : c'est un gris à 16%. Cette valeur est

restée au sein de ce qu'on a appelé l'image LAD (*Laboratory Aim Density*), image de référence pour la calibration des tireuses. Le calibrage idéal veut qu'en tirant cette image LAD (fournie par les émulsionneurs) à des LTs de 25-25-25, on obtienne un gris neutre d'une densité de 1,0 en rouge, vert et bleu sur la positive. Cette densité référence de 1,0 est le résultat d'observations concluant qu'une telle densité rendait la meilleure impression de gris neutre en projection.

#### d. Quadrant IV : l'image finale caractérisée

L'image finale est le résultat de la projection d'une lumière sur un écran, cette lumière étant modulée par les zones du positif.

À l'inverse de la prise de vues, la projection est un champ d'activité très normé, ce qui permet de garantir la bonne présentation des images. Ainsi, la lumière émise par un projecteur doit atteindre un niveau d'éclairement de l'écran fixé de façon à ce qu'une plage d'une densité de 1,0 donne l'impression visuelle d'un gris neutre. Ceci fixe une référence à l'aune de laquelle les images peuvent être jugées dans des conditions reproductibles en théorie. En France, les normes de projection sont encadrées par la CST (Commission Supérieure Technique de l'image et du son).

#### e. Conclusion

Le processus de l'exposition standard se maintient donc jusqu'en fin de chaîne. Ainsi, pour prendre l'exemple du référent qu'est le gris à 18%, d'un tel gris neutre exposé selon un Indice d'Exposition déterminé grâce à la courbe sensitométrique, on obtient un gris neutre quasiment identique (la différence d'exposition entre 16% et 18% étant inférieure à 1/3 de diaphragme, on la considère comme négligeable), tiré sur une image positive à une densité de référence de 1,0. Le chemin de l'image standard est donc encadré par des normes et références, certaines plus transparentes que d'autres, mais toutes finalement connues et maîtrisées par les différents acteurs de la chaîne.

Les formes de l'image sont également connues et caractérisées : image négative latente, image négative développée, image positive tirée, image finale projetée. Chacune de ces images a des caractéristiques en partie choisies pour la rendre la plus adaptée possible à son rôle, mais également façonnées par les choix et opérations effectués en amont dans la chaîne. L'ensemble de ces éléments permet à l'opérateur de fonder ses choix, et lui offre des options, des ressources fiables pour effectuer son travail en prise de vues et obtenir des résultats les plus maîtrisés possibles.

Le recours aux méthodes dérivées du *Zone System* permettent une analyse du sujet et une prévisualisation de l'image obtenue en fonction des choix d'exposition. De tels systèmes

tendent cependant à uniformiser les prises de vues, une critique qui a souvent été formulée à l'encontre du *Zone System*. D'autre part, son application à la prise de vues cinématographique est plus limitée qu'en photographie. En particulier, l'application de développements spéciaux se fait en laboratoire à l'échelle du *labroll*, un bout-à-bout des bobines caméra pouvant aller jusqu'à 600m, soit 16 minutes de rushes. Le travail à l'échelle du plan n'est donc pas possible, et une stratégie d'exposition ayant recours à des développements spéciaux nécessite une gestion spécifique des rushes au tournage, pour séparer les plans à développement standard des plans à traiter spécialement.

Néanmoins, le *Zone System* fournit une grille de lecture de l'image et des outils de prévisualisation qui peuvent s'avérer utile, notamment face à des sujets de référence que sont les extérieurs jour, très étudiés par ce système. Enfin, les recommandations que l'on peut tirer du *Zone System* rejoignent en grande partie une stratégie d'exposition courante en argentique, visant à optimiser l'utilisation des supports et de la chaîne : *exposer pour les basses lumières, tirer pour les hautes*, stratégie qui permet l'obtention de négatifs denses, donc riches, offrant une marge de manœuvre importante au tirage du positif.

## Chapitre 3 – Le rôle et la méthode de l'opérateur, façonnés par la nature de la chaîne

L'opérateur qui travaille dans le cadre d'une prise de vues en argentique « total » (de la prise de vues à la projection en passant par l'étalonnage) dispose potentiellement d'une grande maîtrise de ses supports (le négatif et le positif) et des traitements qui y sont appliqués. La chaîne est maîtrisée et encadrée par des standards, qu'ils soient normalisés ou établis de fait entre les différents intervenants.

Cette maîtrise de la chaîne se double d'un encadrement, par des référents connus et des standards de fait. Ceci n'a pas pour vocation de limiter les possibilités techniques et esthétiques dont dispose l'opérateur. Au contraire, les références définies dans cette chaîne offrent des points de repère facilitant l'exposition d'une grande variété de situations de lumière et l'expérimentation de chemins alternatifs.

En revanche, les prérequis que ces fondamentaux supposent, en photométrie et en sensitométrie notamment, limitent la capacité de l'opérateur à partager son travail avant la projection des rushes. Cette situation installe un rapport d'exclusivité entre l'opérateur et son image, dont les conséquences sont multiples.

### 1. Une grande liberté de choix à la prise de vues

L'intérêt premier d'une telle connaissance de la chaîne est de fournir à l'opérateur une série de paramètres lui permettant d'anticiper le résultat de ses prises de vues. Ce travail se fonde sur l'analyse du sujet de la prise de vues et le comportement des supports de l'image, jusqu'à sa formation sur l'écran. Alimentée à la fois par les références et l'expérience de l'opérateur, cette anticipation peut être assez fine.

Ces paramètres sont assez nombreux, mais se fixent progressivement selon les conditions de tournage et les choix techniques et économiques effectués en amont et pendant la prise de vues. Dans l'ordre de la chaîne, on peut notamment identifier :

- Le *type d'émulsion négative*, choisie avant le tournage ou à choisir à la prise de vues parmi un panel resserré décidé avant le tournage (deux ou trois émulsions adaptées à différentes conditions : extérieur jour, intérieur jour, intérieur nuit le plus souvent).

- La *sensibilité* à laquelle travailler : elle est identifiée lors des essais de caractérisation de l'émulsion. Elle peut également être une variable d'ajustement lors de la prise de vues, en cas de situation très défavorable par exemple (très peu de lumière...).
- Le *choix d'exposition* : il est fait lors de la prise de vues, en fonction de l'éclairage du sujet et du rendu choisi. C'est généralement la dernière variable non fixée.
- Le *développement* : le développement est bien souvent encadré par les émulsionneurs<sup>14</sup>, mais sa qualité varie en fonction du laboratoire qui l'effectue. La conduite d'essais comparatifs et l'expérience de l'opérateur permettent de fixer ce paramètre en amont du tournage.
- Le *traitement au développement* : s'il n'est pas contraint par les conditions économiques de production (qui peuvent exclure tout développement spécial par souci d'économie), ce choix se fait en parallèle du choix d'exposition et s'y adapte. Ainsi, face à un sujet très peu lumineux et difficilement rééclairable, on pourra décider d'exposer tel quel et de demander un surdéveloppement pour retrouver davantage d'informations.
- L'*émulsion positive* : le choix est fait avant le tournage. Les options sont assez réduites, car il existe beaucoup moins de positives différentes que de négatives.
- Le *tirage* : il peut faire partie des décisions prises en dernier lieu, au moment de la prise de vues, en cohérence avec le choix d'exposition et de développement. Il peut également avoir été déterminé en amont, lors d'échanges avec l'étalonneur, échanges qui peuvent être complétés au cours de la production sous diverses formes.

Au moment de la prise de vues, au-delà du choix de l'émulsion, seul le trio exposition-traitement-tirage reste entre les mains de l'opérateur. Les résultats de ses essais et de sa maîtrise de la chaîne lui indiquent comment obtenir une exposition standard. Le premier degré de liberté réside dans le choix de la zone de son sujet pour laquelle exposer. En exposant pour une zone médiane, est-il sûr que les informations des hautes et des basses lumières seront conservées d'une façon satisfaisante pour l'effet qu'il cherche à obtenir ? Sinon, préfère-t-il privilégier les hautes ou les basses lumières ?

---

<sup>14</sup> Kodak a ainsi mis en place le programme « Kodak ImageCare » visant à évaluer la qualité des traitements des émulsions Kodak par les laboratoires le souhaitant.

L'objectif n'est pas nécessairement de conserver le maximum d'informations en cherchant à obtenir ce qu'on appelle un négatif « riche » : un négatif très dense, souvent surexposé pour s'assurer de la reproduction d'un maximum d'informations, notamment dans les basses lumières, zone la plus fragile en pellicule. Exposer pour un négatif riche est une stratégie d'exposition parmi d'autres. Le choix de la zone de l'image pour laquelle exposer est tout autant une façon de marquer un effet, au sens large : effet de lumière exigé par le scénario (jour, nuit, crépuscule...) ou effet esthétique de rendu de l'image, souhaité pour le film.



*Figure 13 – Deux expositions différentes d'un même plan<sup>15</sup>*

*Le plan du dessus est exposé pour le ciel, le plan du dessous est exposé pour les champs en avant-plan.*

Dans une certaine mesure, ce choix peut être complété par un choix de développement ou de tirage. Ce complément peut tant compenser le choix fait à la prise de vues (on surdéveloppera la pellicule pour compenser une sous-exposition, par exemple) que, plus rarement, le renforcer en allant dans le même sens. Mais les limites sont nombreuses. Ainsi, concernant le développement, tout écart au développement standard a un impact sur la texture de l'image. Sur-développer (« pousser » la pellicule) pour ramener des informations

<sup>15</sup> Photogramme issu d'images de démonstration de l'Aaton Penelope Delta.

se fait rarement sans apport de grain dans l'image et sans baisse de la définition, entre autres conséquences. À l'inverse, un sous-développement (également appelé traitement grains fins) augmente l'impression de définition et réduit la granularité de l'image. Les contrastes locaux de l'image, dans les valeurs extrêmes (ombres et hautes lumières), seront également affectés par des traitements spéciaux. La reproduction des couleurs est aussi affectée : un négatif sous-exposé puis surdéveloppé sera moins saturé qu'un négatif de référence, tandis qu'un négatif surexposé puis sous-développé sera au contraire plus saturé.

S'ils sont parfois subis, pour sauver des situations de lumière très défavorables et rapporter des images « à tout prix », ces effets peuvent également être utilisés consciemment à des fins esthétiques. Ils sont alors pris en compte au sein d'une stratégie d'exposition définie par l'opérateur après caractérisation de son support et afin d'obtenir une image particulière recherchée pour le film.

Les exemples d'utilisation positive de ces techniques sont innombrables. Il semble intéressant de se concentrer ici sur un exemple récent de l'utilisation de cette technique : le film *Beasts of the Southern Wild* (*Les Bêtes du Sud Sauvage*, 2012), réalisé par Benh Zeitlin et éclairé par Ben Richardson. Les conditions de production de ce film en font un objet hors des sentiers battus : il s'agit d'un film produit aux États-Unis pour un budget estimé à moins de 2 millions de dollars<sup>16</sup>, tourné en Super 16 (en partie grâce à des bourses issues du soutien du festival Sundance) en Louisiane. Un entretien avec Ben Richardson nous éclaire sur son travail :

*« Nous voulions axer la photo du film vers un rendu légèrement désaturé et une image faiblement contrastée. [...] À l'époque, je ne pensais pas que Benh [Zeitlin] et moi pourrions atteindre le rendu que nous cherchions par une prise de vues numérique. [...] Je pense qu'avec les techniques actuelles de post-production numérique, certains films ont une image trop propre, trop définie, trop lumineuse, trop homogène. »*

*« On a utilisé de la Kodak Vision 2 200T (7217) prise à 320 ISO et de la Vision3 500T (7219) prise à 800 et on l'a envoyé à Alpha Cine Labs, à Seattle, où elle a été poussée d'un diaphragme. Je voulais une image de base un peu décontrastée et un peu désaturée afin que les scènes les plus saisissantes du film se détachent organiquement, sans avoir besoin de creuser la différence en post-production. On recevait les rushes environ 3 fois par semaine, avec un délai de 3-4 jours, mais une fois que j'ai établi la façon de travailler, je n'ai plus eu besoin de voir les rushes. Je vérifiais les rapports labo et à partir de là, j'étais certain de mon exposition. Une fois*

---

<sup>16</sup> 1,8 millions selon IMDb (<http://www.imdb.com/title/tt2125435/>, consulté le 25/04/2014), 1,2 millions selon un article de Madelyn Most pour l'AFC (<http://www.afcinema.com/Conversation-with-cinematographer-Ben-Richardson-about-his-work-on-Beasts-of-the-Southern-Wild.html>, consulté le 25/04/2014).



*que j'ai eu l'assurance que mes stratégies de lumière fonctionnaient, je n'ai pas voulu aller voir les rushes, parce que je ne voulais pas être influencé par ce que je voyais et faire des changements en conséquence. »<sup>17</sup>*

Cet entretien, même s'il ne nous renseigne pas complètement sur le travail de Ben Richardson, nous informe sur plusieurs points. La stratégie d'exposition de Richardson semble embrasser volontairement les biais techniques du traitement poussé que sont la désaturation et la baisse de contraste local (dans les basses lumières essentiellement, ce qui n'est pas précisé dans l'entretien). On comprend également dans l'entretien que tant les faibles moyens de production que les envies de réalisation ne permettaient pas de rééclairer énormément, ce qui peut expliquer également le recours au surdéveloppement (traitement poussé) pour gagner un tant soit peu de marge de manœuvre. Cela nous rappelle que la décision d'une stratégie d'exposition ne se fait jamais dans l'absolu, mais toujours au sein d'une équation compliquée tenant compte des choix de production et des envies de réalisation (eux-mêmes très imbriqués les uns aux autres).

## 2. Des partis pris inscrits dans l'image dès la prise de vues

Il est également intéressant de noter que sur ce film, bien qu'il ait bénéficié d'une post-production numérique, l'essentiel du travail de l'image, selon son opérateur, était effectué à la prise de vues et au développement :

*« Le produit fini est essentiellement ce que j'ai photographié. Nous n'avons pas fait grand-chose à l'étalonnage numérique, à quelques exceptions près comme lorsque nous avons enlevé de la couleur dans les arbres lorsque le monde est censé être en train de mourir. »*

Ici encore, on peut lire plusieurs choses dans les propos de Ben Richardson. C'est d'abord l'aboutissement d'une stratégie d'exposition forte, qui a nécessairement dû donner naissance à une image négative souvent très claire, donc objectivement « pauvre » (par opposition aux négatifs riches évoqués plus haut). Dès lors, les choix de l'opérateur sont inscrits dans le négatif, avec une marge beaucoup plus faible qu'à l'ordinaire. On peut lire cette stratégie à la fois comme l'incarnation d'une volonté, comme l'aboutissement d'une stratégie contrainte par les moyens limités en lumière ou comme l'anticipation d'un temps très limité en étalonnage numérique (dont le coût est loin d'être neutre). Ces trois lectures sont probablement toutes à l'œuvre, à divers niveaux, dans la photographie de Ben Richardson pour les *Bêtes du Sud sauvage*.

---

<sup>17</sup> Extraits d'un entretien avec Madelyn Most pour l'AFC (<http://www.afcinema.com/Conversation-with-cinematographer-Ben-Richardson-about-his-work-on-Beasts-of-the-Southern-Wild.html>, consulté le 25/04/2014). Traduction personnelle.

Que ses raisons soient esthétiques ou économiques, qu'il ait été fait en toute liberté ou très contraint, ce choix reste fondamentalement l'application contemporaine de la chaîne traditionnelle argentique que nous avons décrit jusqu'à présent. L'empreinte du numérique est très faible sur ce film en comparaison des films produits la même année : un étalonnage numérique 2K, très limité selon l'opérateur, et l'inévitable distribution numérique sous forme de DCP<sup>18</sup>. Une exploitation argentique du film a également eu lieu (sous forme de copie 35mm, très probablement issue d'un retour film depuis le master numérique 2K)<sup>19</sup>.

Ces quelques aspects qu'on a pu apercevoir de la conception de la photographie de ce film sont marqués par l'existence d'une réflexion et d'un geste de création forts dès la prise de vues, qui concourent à l'obtention d'un matériau originel très marqué par les envies esthétiques du réalisateur et de l'opérateur. Ces choix engageants et incarnés dès la prise de vues sont à la fois l'aboutissement de volontés esthétiques et de mise en scène et une façon d'optimiser les moyens disponibles sous contrainte (économique en premier lieu, technique en conséquence).

Cette logique a été à l'œuvre de façon prédominante à l'ère de la prise de vues argentique. Même si la contrainte économique n'était pas toujours à l'œuvre, la contrainte technique était beaucoup plus forte, directement liée aux possibilités limitées de l'étalonnage photochimique. Seules la luminosité globale de l'image et sa teinte colorée générale peuvent y être modifiées, dans une latitude qu'on a vue précédemment et au rythme du défilement de la pellicule<sup>20</sup>... Impossible de retoucher le contraste de l'image, local ou global, et encore moins d'intervenir sur des parties de l'image, sans entrer dans de longs et coûteux procédés de trucages argentiques. Dans ce cadre, l'opérateur devait prendre l'essentiel des décisions de rendu dès la prise de vues afin d'obtenir l'image finale souhaitée.

### 3. Un rapport quasi exclusif à l'image

Comme on a pu le voir précédemment, la nature de cette chaîne nécessite, pour la maîtriser, de bonnes connaissances techniques et scientifiques en photométrie et en sensitométrie. Cette condition est exigeante : sur un tournage en 35mm, peu de gens sur le plateau ont les connaissances nécessaires pour y prétendre. Parmi ces quelques *happy few*,

---

<sup>18</sup> DCP : *Digital Cinema Package*, standard de copie numérique, développé par le consortium *Digital Cinema Initiative* pour normaliser la diffusion en cinéma numérique.

<sup>19</sup> Informations techniques issues d'IMDB.com

([http://www.imdb.com/title/tt2125435/technical?ref=tt\\_dt\\_spec](http://www.imdb.com/title/tt2125435/technical?ref=tt_dt_spec), consulté le 25/04/14).

<sup>20</sup> Même avec le passage aux systèmes d'assistance vidéo pour l'étalonnage argentique, ce temps de défilement de la pellicule est resté inévitable car les choix faits sur bande devaient nécessairement être transcrits sur la pellicule par tirage d'un positif.

aucun ne dispose de l'ensemble des informations dont dispose l'opérateur, ni n'a connaissance des raisonnements qu'il suit. L'opérateur est donc seul à connaître l'image qu'il fait jusqu'à la projection des rushes.

Historiquement, cette exclusivité du rapport à l'image a été remise en cause, sans jamais être mise définitivement à mal dans la sphère argentique. L'arrivée de systèmes de reprises vidéo a permis de faciliter l'accès au cadre, mais par nature ces systèmes ne peuvent évidemment pas donner un aperçu quelconque du rendu de l'image : quelle que soit sa qualité, une caméra vidéo qui filme une image formée sur le dépoli de la visée ne peut permettre la prévisualisation satisfaisante d'une image qui est impressionnée en simultanée et ne sera développée qu'ultérieurement.

Il ne s'agit pas ici d'essayer d'analyser toutes les conséquences de ce rapport exclusif à l'image, qui nécessiterait un travail en soi, objet de travaux existants<sup>21</sup>. En revanche, il est nécessaire de mentionner cet aspect, que la génération qui a connu majoritairement la prise de vues numérique peut avoir tendance à oublier. Nous reviendrons en deuxième partie sur l'apparition et la multiplication des images sur le plateau.

Pour disposer de points de comparaison, il est donc nécessaire de rappeler ici cet état de fait : en prise de vues argentique, aucun intervenant du tournage ne dispose d'une image de référence donnant à voir ou à apercevoir ce que sera l'image projetée aux rushes. Cette projection de rushes est donc une vraie première. Beaucoup d'opérateurs se refusent à parler de découvertes : à l'instar de Ben Richardson, dans l'entretien cité plus haut, nombre d'entre eux n'évoquent pas une surprise aux rushes, mais à l'inverse la surprise de ne pas être surpris. Les accidents, bons ou mauvais, existent bien sûr, mais cela ne remet pas en cause cette impression que donnent beaucoup d'opérateurs d'une pré-connaissance de l'image, issue à la fois de l'expérience (« l'œil » de l'opérateur) et de la maîtrise du support argentique. Ceci s'entend bien sûr une fois que les partis pris et les stratégies d'exposition ont fait l'objet d'une validation par la projection, que ce soit pendant la période de préparation (en essais) ou à l'issue des premiers jours de tournage. En ce sens, le juge de paix de l'opérateur est la projection, qui offre les conditions de visualisation optimales pour évaluer l'image de cinéma.

---

<sup>21</sup> CHAUDAGNE Benjamin, op. cit.

## Conclusion

La prise de vues argentiques rend nécessaire la construction de l'image dès la prise de vues. L'exposition en est le premier geste, qui fonde une logique esthétique, qui pose un premier choix dont les conséquences sont impressionnées dans le négatif même. Ce « premier geste », dans la chronologie de la création de l'image, est également le geste final, le dernier paramètre réglé par l'opérateur qui a progressivement fixé son cadre de travail (émulsion, chaîne suivie, stratégie d'exposition).

Cette chaîne façonne la position de l'opérateur sur le plateau : elle le rend dépositaire exclusif de l'image, sur un temps limité mais crucial qu'est le temps du plateau. Elle exige en contrepartie des connaissances spécifiques et une rigueur dans la construction de la lumière et de la stratégie d'exposition (ce que Richardson appelle « *lighting strategies* »), notamment lorsqu'il est confronté à des situations inédites, éloignées de son expérience et de son œil.

Ce travail de rigueur et de précision, nécessaire eu égard aux faibles marges de manœuvre de l'image en post-production, est questionné dès les premières incursions du numérique dans la chaîne de prise de vues. L'étalonnage numérique de rushes argentiques offre des possibilités supplémentaires de correction et de modification de l'image, possibilités dont la palette augmente très rapidement. En augmentant crucialement les manipulations potentielles en fin de chaîne, il décale le moment du choix de rendu d'une image. Il introduit la possibilité de revenir en arrière, de défaire ou de modifier ce qui a été fait.

Ce premier signe de numérisation de la chaîne préfigure toutes les évolutions induites par la chaîne de prise de vues numérique.

Partie II

La prise de vues numérique,  
nouveaux enjeux d'image

Apparue initialement en post-production, par l'étalonnage, la sphère numérique s'est progressivement imposée dans le monde de l'image de cinéma. Ce nouveau support s'implante en parallèle de la chaîne argentique, qui reste pour beaucoup d'intervenants de l'image de cinéma la référence esthétique et technique. La prise de vues numérique ne peut donc s'imposer dans une logique d'antagonisme complet. En se substituant ou se proposant comme alternative à des étapes au sein de la chaîne de référence, elle s'est appropriée une partie des codes, des méthodes, des références et des outils de la chaîne argentique. Mais la chaîne numérique est par nature très différente de la chaîne film, aussi cette logique de continuité ne peut être complètement satisfaisante à terme.

Nous définirons dans un premier temps la nature de l'image numérique et essaierons d'établir une chaîne numérique théorique de référence. Nous verrons ensuite comment ce nouveau référentiel influence la qualité même de l'image et les outils et méthodes d'exposition et de contrôle de cette image. Nous nous attacherons enfin à évoquer les conséquences de ces évolutions sur la position et le rôle de l'opérateur.

# Chapitre 1 – Chaîne de création de l'image numérique

## 1. Nature de l'image numérique

L'image numérique est composée d'une série d'éléments unitaires : les pixels. Un pixel est la plus petite portion d'une image. Pour une image noir et blanc, chaque pixel porte une valeur numérique qui indique son niveau de luminosité. Cette valeur est quantifiée sur un nombre défini de bits, l'unité fondamentale de stockage d'information numérique. Comme un bit peut prendre deux valeurs différentes, 0 ou 1, un pixel quantifié sur un bit vaut 0 ou 1 : il est soit blanc, soit noir. La plupart des images actuelles sont quantifiées sur au moins 10bits, ce qui permet d'avoir  $2^{10} = 512$  gradations différentes entre le noir et le blanc. Plus la quantification est élevée, plus la représentation numérique est fine, mais plus l'image résultante a un volume de stockage important.

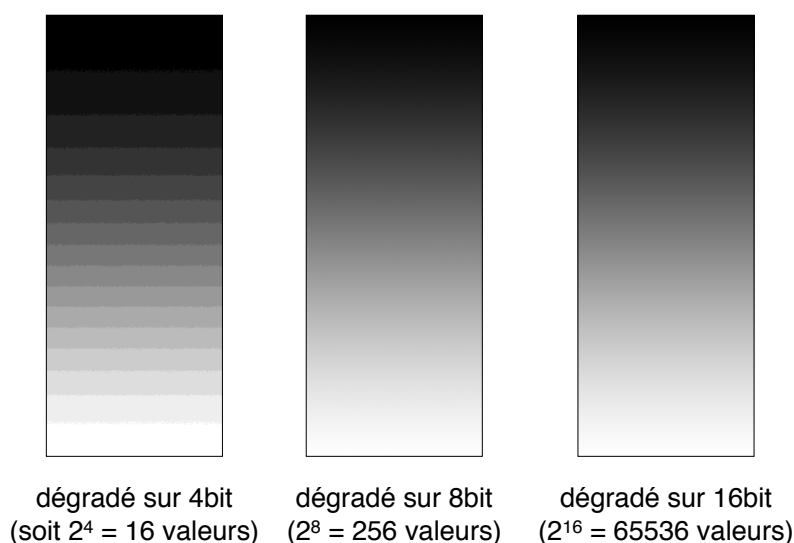


Figure 14 – Conséquences de la quantification sur la représentation d'un dégradé<sup>22</sup>

Pour reproduire des couleurs, un pixel doit porter non plus une mais trois valeurs de luminosité : une pour chaque couleur primaire, R, G et B. Chacune de ces valeurs est quantifiée sur le même nombre de bits. Un pixel est donc la somme de trois informations colorées. Sur un système de reproduction classique, comme un écran informatique, ces trois informations colorées modulent trois canaux de couleur (diodes, filtres...) situés à proximité selon une structure définie.

<sup>22</sup> Selon la qualité d'impression, il est possible que les différences entre 8bit et 16bit ne soient pas perceptibles.

Les trois informations colorées de chaque pixel sont des valeurs relatives : ce sont des incréments de la primaire de couleur correspondant choisie comme référence. Le choix de ces primaires colorées définit un espace couleur, ou *gamut*, qui est un sous-espace complet du diagramme de chromaticité, qui représente l'ensemble des couleurs existantes. En photographie et cinématographie numérique, on fonde encore la colorimétrie sur la représentation établie par la CIE<sup>23</sup> en 1931. Ici, on préférera utiliser sa version modifiée de 1976 (Figure 15), qui a rendu le diagramme plus psycho-linéaire : des variations dans différentes zones de l'espace couleur engendrent des variations de perception qu'un observateur considérera comme globalement similaires (alors que le CIE1931 surestimait la place du vert, dans lequel une même variation dans les trois couleurs était moins perceptible dans le vert que dans le rouge et le bleu).

Les primaires couleur d'un espace sont trois points au sein du diagramme de chromaticité. Le gamut déterminé est un triangle qui représente l'ensemble des couleurs que l'espace est capable de reproduire. Toute image numérique doit être caractérisée par un espace de couleur afin que sa reproduction colorée soit fidèle.

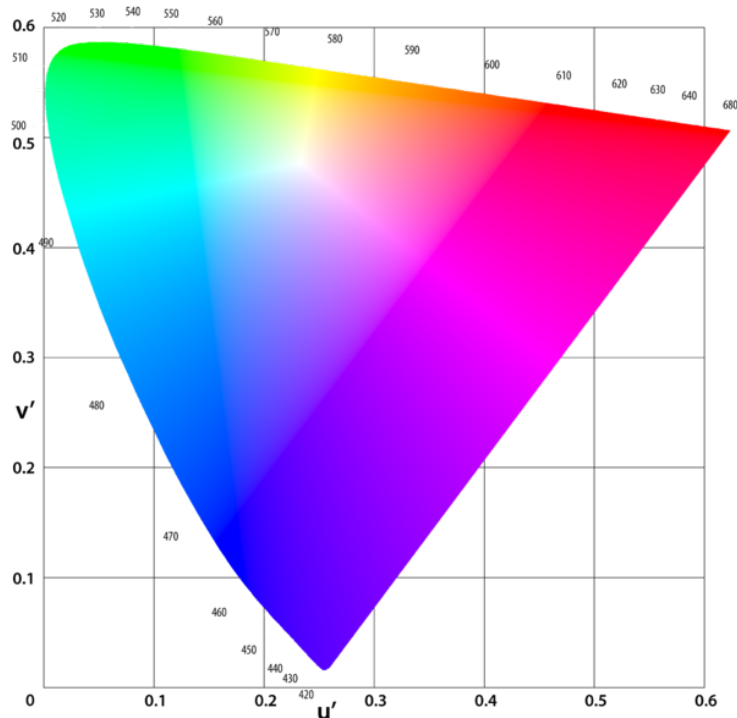


Figure 15 – Diagramme de chromaticité CIE1976<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Commission Internationale de l'Éclairage

<sup>24</sup> Source : Wikipedia.org, «  $(u',v')$  chromaticity diagram from CIELUV using the 1931 standard observer » ([http://en.wikipedia.org/wiki/File:CIE\\_1976\\_UCS.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:CIE_1976_UCS.png)), consulté le 15/05/14.



Enfin, toute image numérique doit être caractérisée par sa fonction de transfert, c'est-à-dire la façon dont elle encode les variations de luminosité. On parle également de gradation (tonale) ou de réponse.

Si la réponse peut théoriquement être de toute nature que ce soit, on retrouve trois types de réponses dans les images photographiques et de cinéma numérique : la réponse linéaire, les réponses corrigées en gamma et les réponses logarithmiques.

Dans le cas d'une réponse linéaire, la relation entre la luminance du sujet et la valeur numérique codant cette luminance est strictement proportionnelle. Toute évolution de luminance entraîne une variation de valeur numérique similaire. Une des caractéristiques de cette réponse est qu'elle ne tient pas compte de la spécificité de la réponse visuelle de l'œil humain : elle alloue beaucoup plus de plage d'informations aux hautes lumières qu'aux basses lumières, donnant ainsi une grande importance à des variations de luminosité assez peu perceptibles par l'œil humain, et à l'inverse laissant une faible place pour coder les variations de basse lumière à laquelle notre système visuel est très sensible. La réponse linéaire est en revanche la réponse naturelle de nombreux systèmes photosensibles.

Dans les faits, toute réponse linéaire ne l'est que sur une plage limitée, la plage de sensibilité du système photosensible (comme le capteur d'une caméra). La présence d'artefacts sur cette plage de sensibilité (bruit dans les basses lumières, par exemple) limite encore la plage sur laquelle la réponse est strictement linéaire (on y reviendra).

La courbe d'une réponse corrigée en gamma est une fonction de puissance. Cette réponse a initialement été développée pour compenser la réponse non-linéaire des canons à électrons des systèmes à tube cathodique (CRT). Comme l'illustre la Figure 16, la réponse d'un écran CRT (courbe pleine) n'est pas linéaire (ligne pointillée) : du fait des caractéristiques techniques des canons à électrons, la réponse d'un écran CRT a un gamma compris entre 2,2 et 2,8. Pour que des images soient fidèlement reproduites sur un tel système, il faut qu'elles soient encodées avec un gamma inverse au gamma de l'écran, par exemple pour un écran de gamma 2.2 :  $1/2.2$ , soit environ 0.45. De cette façon, le signal corrigé modulé par l'écran biaisé donne une image fidèle.

Une des caractéristiques de cette réponse est de distribuer les valeurs de codage de façon plus proche de notre perception visuelle. On constate que les zones de basses lumières disposent d'une plage de valeurs plus grande pour être codées, et qu'à l'inverse les zones de hautes lumières voient leur plage réduite. Cette redistribution de l'information est plus adaptée à la perception visuelle humaine. Les réponses gamma sont donc encore

utilisées aujourd'hui, malgré la disparition progressive des écrans CRT et de la contrainte qui leur est associée.

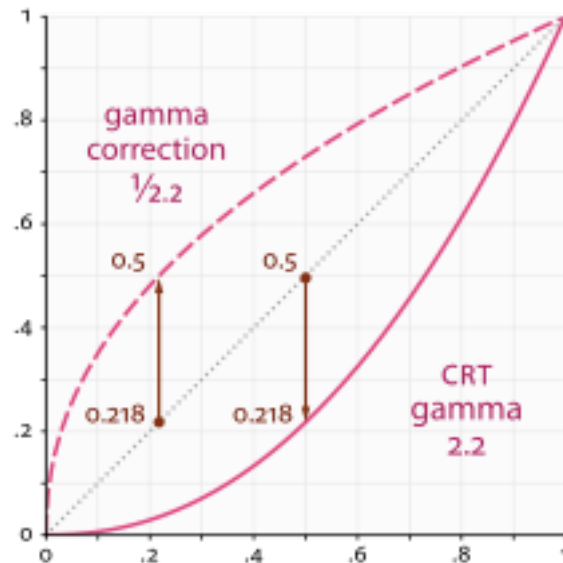


Figure 16 – courbe de réponse gamma 2.2<sup>25</sup>

Plusieurs espaces de travail de référence, prévus pour la diffusion, sont affectés d'une courbe de réponse gamma. L'espace de référence de la projection numérique, le DCI P3<sup>26</sup>, associe un espace couleur dérivé de l'espace couleur CIE XYZ à une réponse gamma 2.6. La norme Rec709<sup>27</sup> (diffusion TV HD) utilise quant à elle une réponse pseudo-gamma 2.2 : l'essentiel de l'image est codée par un gamma 2.2, les basses lumières sont en revanche traitées linéairement (afin d'améliorer la répartition des informations dans ces zones).

Une réponse logarithmique suit la même logique qu'une réponse gamma : c'est une réponse qui adapte la répartition des plages d'information pour améliorer l'efficacité d'encodage ou augmenter la dynamique enregistrable (à quantification égale). Les courbes de réponse logarithmiques sont conçues autour de fonctions log, à la place des fonctions de puissance des réponses gamma.

Une des premières utilisations de réponses logarithmiques eut lieu au sein du format de fichier Cineon, développé par Kodak au sein d'une solution cohérente comprenant la numérisation du film et le retour sur film des fichiers numériques en question (opération

<sup>25</sup> Source : Wikipedia.org, « A graph of the gamma correction function for CRT displays » (<http://en.wikipedia.org/wiki/File:GammaFunctionGraph.svg>), consulté le 15/05/14.

<sup>26</sup> DCI : *Digital Cinema Initiative*, du nom du consortium qui a pris en charge cette normalisation.

<sup>27</sup> Recommandation UIT-R BT 709, publiée par la SMPTE.

appelée *shoot* ou kinéscopage). L'intérêt du codage logarithmique est dans ce cadre de conserver l'information sous une forme appropriée pour un retour sur film, donc en dotant les fichiers numériques d'une gradation proche de la courbe de réponse du négatif.

Le choix d'une fonction logarithmique est cohérent avec les travaux de Weber et Fechner, à l'origine d'une loi déterminant que la sensation perçue est fonction proportionnelle du logarithme de l'intensité du stimulus. Appliqué à l'imagerie numérique, cette fonction permet d'encoder la luminance en adéquation avec l'efficacité de notre perception visuelle.

Les caméras de cinéma numérique proposent maintenant toutes un encodage logarithmique des informations : ARRI a développé le log C (issu du Cineon), Sony le S-Log... Ces courbes de réponse sont généralement documentées par les fabricants.

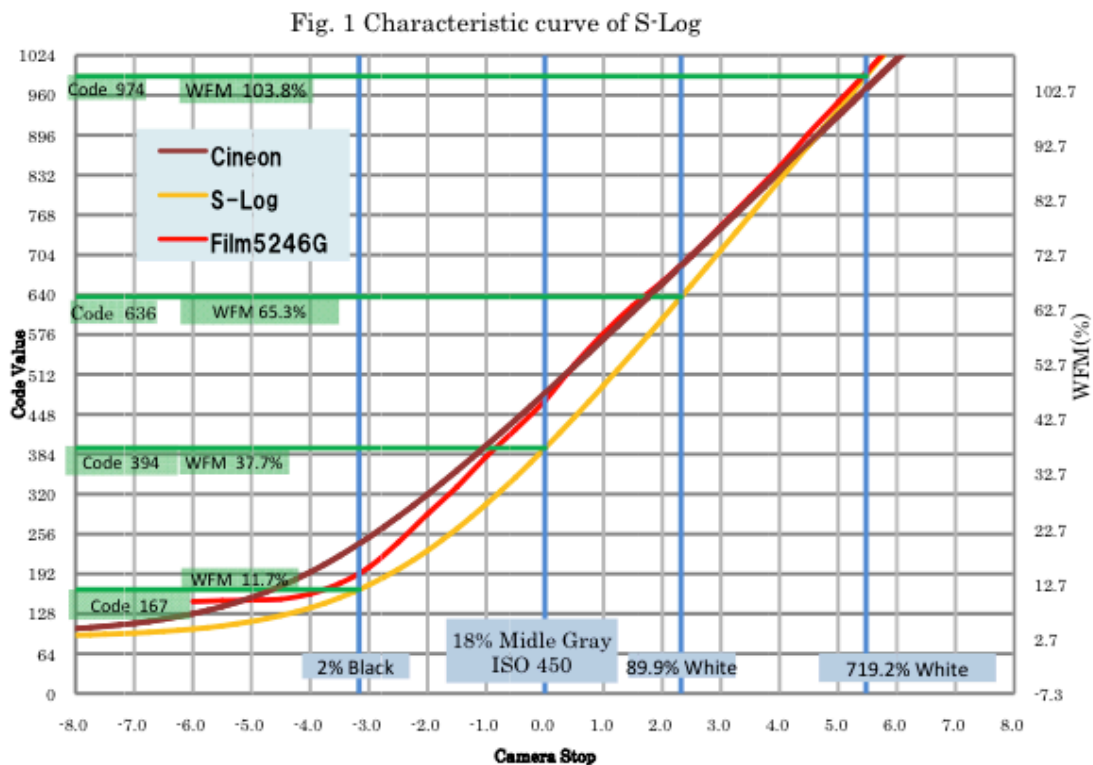


Figure 17 – courbe caractéristique du S-Log v1 Sony<sup>28</sup> (en jaune)

Une image numérique photographique est donc un tableau de triplets d'informations quantifiées sur 8, 10, 12 bits, ou plus encore. Ce tableau d'informations doit être associé à un espace de couleurs et à une gradation pour assurer la fidélité de la reproduction de l'image enregistrée.

<sup>28</sup> SONY Corporation, *S-Log White Paper. S-Log within Digital Intermediate workflow designed for cinema release*, version 1.12.3, 2009, page 6.

Il est essentiel de faire la distinction entre espace de couleur et gradation. Toute combinaison espace de couleur/gradation est envisageable. Mais dans les faits, les espaces de travail de référence pour la diffusion (Rec709, DCI) sont la combinaison unique d'un espace de couleur et d'une gradation. Aussi l'amalgame est-il souvent fait : on parle d'espace de couleur, mais on désigne à la fois cet espace et sa gradation de référence. Si cette notion de combinaison unique a bien sa place en diffusion, il n'y a pas d'équivalent dans le milieu de la prise de vues et de la post-production, où toutes les combinaisons sont potentiellement réalisables. Dans la suite de ce travail, on distinguera donc espace de couleur, auquel on préférera le terme de gamut (moins propre aux confusions), gradation et espace de travail, ce dernier représentant l'association d'un gamut et d'une loi de gradation. On précisera aussi souvent que nécessaire le gamut et la gradation associée (sous la forme XYZ/Gamma 2.2, ACES/SLog, etc.).

## 2. Chaîne théorique de création numérique de l'image

### a. Exposition de l'image : réaction photosensible et conversion analogique-numérique

Toute image nécessite avant tout un capteur photosensible pour être créée. Dans le cas de l'image numérique, c'est un capteur de silicium qui se substitue à l'émulsion. Ce capteur est le cœur de l'appareil de prise de vues. Ce procédé induit deux conséquences essentielles pour la nature de la chaîne. D'une part, le capteur photosensible est dissocié du support de l'image, alors qu'en argentique l'image était enregistrée sur l'émulsion photosensible. D'autre part, ce même capteur est indissociable de la caméra utilisée pour la prise de vues.

La majorité des appareils photo et caméras numériques utilisent soit un capteur CCD, soit un capteur CMOS. Ces deux technologies de capteurs ont une réaction photosensible très proche et ont un fonctionnement similaire (leurs traitements électroniques diffèrent). Ces capteurs sont constitués d'une mosaïque de photosites qui convertissent chacun l'énergie lumineuse qu'ils reçoivent (fonction de l'exposition du capteur) en un signal électrique. Cette mosaïque a le plus souvent une structure de matrice : les photosites sont organisés en lignes et en colonnes.<sup>29</sup>

Les photons qui atteignent un photosite libèrent une quantité d'électrons (grossièrement proportionnelle à la quantité de photons), qui sont stockés dans un puits durant le temps d'exposition. À l'issue de l'exposition, la quantité d'électrons est évaluée pour en obtenir un

---

<sup>29</sup> Une caméra de cinéma numérique fait exception : la Sony F65, utilisée pendant la partie pratique de ce mémoire, est dotée d'un capteur dont les photosites sont structurés en quinconce. La structure de ce capteur est détaillée ultérieurement. Dans cette partie, on traitera donc du fonctionnement générique des capteurs.

signal électrique. La réponse du capteur, qu'il soit CCD ou CMOS, est une réponse linéaire : l'intensité électrique générée par un photosite est proportionnelle au niveau de l'éclairement du photosite. Cette réponse linéaire est doublement limitée :

- Même sans exposition à la lumière, le photosite peut générer une faible intensité : ce signal est appelé *bruit*. Il est dû à plusieurs facteurs, notamment la libération d'électrons par l'échauffement du capteur. Ce signal de bruit génère un niveau minimal de réponse dans les basses lumières.
- La profondeur du puits du photosite détermine la quantité maximale d'électrons stockables pendant l'exposition, et donc la l'éclairement maximale au-delà de laquelle l'intensité électrique générée ne sera plus modulée mais constante.

L'exposition du capteur à la lumière génère donc un signal électrique qui, sur une plage de l'éclairement donnée, est modulé linéairement par la l'éclairement reçue par le capteur. La Figure 18 est la représentation d'une courbe théorique de réponse d'un capteur, aussi appelée *courbe de fonction de conversion opto-électronique*.

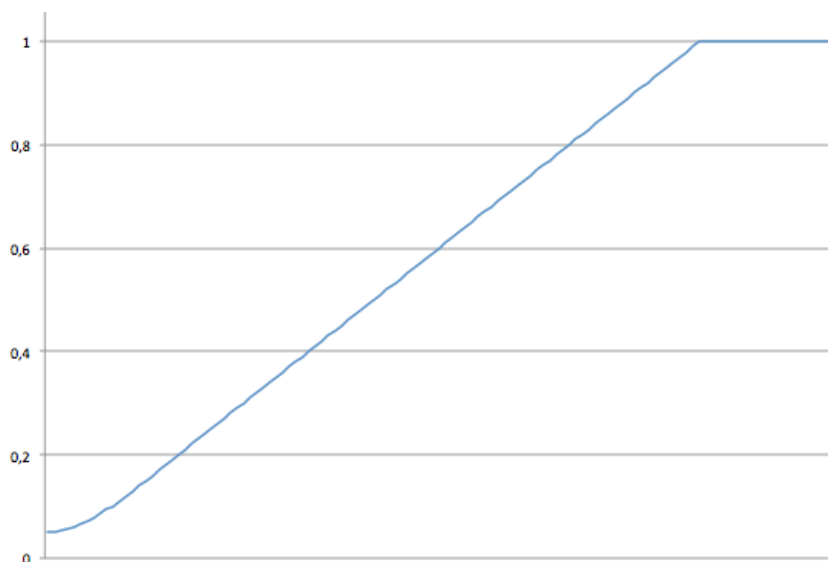


Figure 18 – réponse théorique d'un capteur en fonction du niveau d'exposition

Ce signal électrique est ensuite converti numériquement. Cette conversion peut avoir lieu sur le capteur ou en sortie, dans la caméra, en fonction du type de capteur (CMOS ou CCD, avec des variations selon les générations et les familles de chacun de ces capteurs) et de l'électronique associée. La quantification de cette conversion est élevée : pour conserver la meilleure dynamique possible et limiter la formation d'artefacts, cette quantification doit être supérieure à la quantification finale de l'image enregistrée par la caméra. Le signal électrique est donc couramment quantifié sur 14, voire 16 bits. La quantification n'affecte pas la réponse du signal : elle reste quasi-linéaire à cette étape.

À l'issue de cette quantification, on dispose d'une matrice de dimensions égales à celles du capteur, avec une valeur numérique pour chaque photosite. Exploitée telle quelle, elle permettrait la formation d'une image en niveaux de gris. Pour assurer la reproduction des couleurs, le capteur est recouvert d'une filtre mosaïqué coloré (ou *color filter array*, CFA) qui associe à chaque photosite une couleur primaire et filtre la lumière en conséquence. Chaque photosite reçoit donc non pas une partie complète de l'image, mais une information de couleur (rouge, vert ou bleu) sur cette partie de l'image.

Le filtre le plus répandu en imagerie photo et cinéma est la matrice de Bayer. Cette matrice colorée est composée d'un photosite vert sur deux, l'autre photosite étant alternativement bleu ou rouge. La prédominance du vert découle de la sensibilité spectrale de l'œil humain, dont l'efficacité maximale a lieu dans les longueurs d'onde associées au vert.

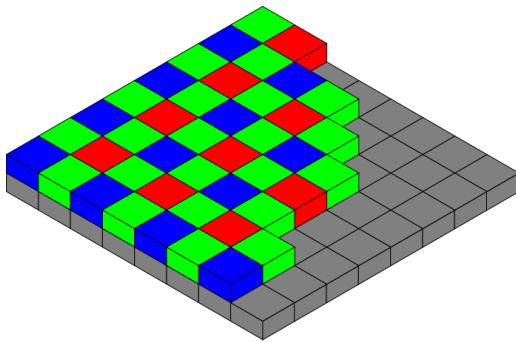


Figure 19 – structure d'un capteur matriciel recouvert d'une matrice de Bayer<sup>30</sup>

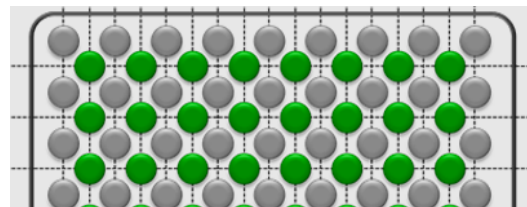


Figure 20 – un capteur non-matriciel : photosites organisés en quinconce<sup>31</sup>  
En vert, les photosites filtrés pour le vert, en gris les photosites affectés aux deux autres couleurs primaires.

L'image obtenue après la conversion analogique-numérique est donc structurée par ce CFA. Elle n'est pas exploitable directement, elle nécessite une interprétation qu'on appelle démosaïchage (dans le cas d'une matrice de Bayer, on parle couramment de débayerisation pour désigner cette opération).

Le démosaïchage consiste dans un premier temps à extraire trois matrices de la matrice-image obtenue auparavant. Chacune de ces matrices correspond à une couleur et ne contient qu'une partie des informations de l'image. Dans le cas de la matrice de Bayer

<sup>30</sup> Source : Wikipedia.org, « A bayer pattern on a sensor in isometric perspective/projection » ([http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bayer\\_pattern\\_on\\_sensor.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bayer_pattern_on_sensor.svg)), consulté le 15/05/14.

<sup>31</sup> Source : SONY, Documentation technique de la Sony F65, disponible sur sony.com, consulté le 15/05/14.

classique, la matrice V contient 50% des informations, et les matrices R et B en contiennent chacune 25%. Cette étape est appelée *séparation*.

Dans un second temps, on doit effectuer *l'interprétation* de ces informations. Diverses techniques peuvent être utilisées.

Si on dispose d'un capteur matriciel, soit on utilise un quadruplet d'informations (2 V, 1 R, 1B) pour former un pixel de l'image, soit on interpole les informations colorées manquantes d'après les informations environnantes pour compléter chaque pixel. La première stratégie, très peu utilisée, permet en théorie de former l'image la plus fidèle au sujet, mais également une image d'une définition quatre fois inférieure à la définition du capteur. Ceci est une limite forte à la définition des images produites. En effet, en l'état actuel des technologies, la conception des capteurs est nécessairement le fruit d'un compromis sur la taille des capteurs : plus ils sont petits, plus ils permettent d'augmenter la définition (à superficie de capteur constante), mais moins ils sont sensibles (car leur surface plus faible limite la probabilité d'être touché par des photons).

La seconde stratégie permet de maximiser la définition de l'image produite par la caméra. En revanche, la qualité des images obtenues dépend de l'efficacité de cette interpolation, et donc du choix des algorithmes utilisés.

Dans le cas d'un capteur non matriciel, il n'y a pas forcément de possibilité d'associer directement un groupe de photosites à un pixel de l'image. Il est souvent nécessaire de traiter l'image par interpolation. Du type d'interpolation et de sa qualité dépend en grande partie la qualité de l'image obtenue.

À l'issue de cette étape, on dispose d'une image numérique en couleurs avec une haute profondeur de codage (quantification de plus de 12 bits) et une gradation linéaire. Quant à l'espace couleur de l'image, il est à ce stade propre à la caméra : il est défini par la sensibilité spectrale de la caméra, elle-même fonction des trois couleurs utilisées dans le filtre de Bayer et de la sensibilité du capteur. Chaque caméra a donc son propre espace couleur, qu'on appelle *espace des primaires caméra*.

Pour obtenir une image acceptable par un observateur, l'image doit subir plusieurs traitements supplémentaires, dont la correction de la balance des blancs et la transformation vers un espace de travail approprié. Ces traitements peuvent en théorie être effectués à tout moment de la chaîne de post-production. Néanmoins, les appliquer juste avant le dématricage permet la plus grande qualité de traitement : à cette étape, l'image a peu été manipulée et est quantifiée sur un grand nombre de bits. Les traitements ont donc des résultats plus fins.

On considérera donc par la suite que la phase de *développement* d'une image numérique inclut typiquement les opérations suivantes :

- Correction de balance des blancs.
- Application de gain.
- Seuillage des valeurs : certains traitements utilisent une sous-section de l'ensemble des valeurs codées disponibles, afin notamment de ménager des marges pour le calcul. Le seuillage consiste à déterminer la valeur du noir le plus profond et du blanc le plus lumineux. Ainsi, pour une quantification de 8 bits, on trouve des images seuillées sur 0-255, mais également sur 16-235 (c'est le cas de l'espace de travail Rec709).
- Changement de gamut : passage des primaires caméra au gamut de l'espace de travail choisi.
- Affectation de la loi de gradation de l'espace de travail choisi.

Ce développement-type n'est pas mis en œuvre de la même façon par tous les fabricants, ce sur quoi on reviendra (cf. p. 52, « Spécificités de certaines chaînes courantes »).

#### c. Le « tirage » : l'étalonnage numérique de l'image

Il faut noter qu'on n'a pas distingué, dans cette chaîne numérique, d'équivalent à l'opération argentique du tirage. On peut considérer que l'étalonnage numérique, opération incontournable en fin de chaîne, correspond le mieux au tirage argentique. C'est l'étape où l'on définit l'ambiance, le look de l'image, par des outils beaucoup plus nombreux et complexes que ceux de l'étalonneur argentique. Si l'on suit cette logique, l'étape de développement a donc pour but de fournir une image bien référencée, portant le maximum d'informations utiles et fidèles à la prise de vues : un négatif le plus riche possible, pour reprendre une expression issue du monde argentique, afin de disposer de la plus grande souplesse de travail à l'étalonnage.

### 3. Spécificités de certaines chaînes courantes

On peut distinguer deux types de flux de traitements (également appelés chaînes ou *workflows*) utilisés couramment dans la production numérique actuelle : les flux raw et les flux *device-oriented*. La principale différence se situe dans le choix de faire effectuer, ou non, le développement par la caméra.



#### a. Caractéristiques d'un flux RAW

Dans un flux raw (mot anglais signifiant *brut*), la caméra n'effectue pas le développement de l'image. Le développement a lieu pendant la post-production. Ce flux permet de se libérer de deux contraintes : la nécessité de développer en temps réel et la limitation des ressources de traitements disponibles au sein de la caméra. Les contraintes de tournage et de coût de production contraignent une caméra à un volume (physique) limité, à une consommation électrique relativement faible et à un niveau de bruit (sonore) très bas, pour des traitements informatiques très consommateurs de ces trois éléments. Développer en post-production permet de faire appel à des ressources potentiellement beaucoup plus élevées dans un temps moins contraint. La qualité des images en est généralement améliorée : meilleure conservation de la dynamique enregistrée, définition plus poussée...

En revanche, repousser le développement nécessite de faire enregistrer l'image raw par la caméra. Or le débit d'un tel flux peut atteindre des niveaux très importants, trop élevés pour les capacités des supports actuels. Les images raw sont donc actuellement toujours compressées, à l'aide d'algorithmes de compression sans perte tout d'abord, puis via des compressions « visuellement sans pertes » : des compressions destructives mais dont les conséquences sont censées être indétectables par l'œil humain. Malgré ces compressions, les images raw restent très lourdes. Tout flux raw a donc un coût plus élevé en volumes de données que son équivalent *device-oriented*, et son traitement en post-production est également plus lourd et coûteux.

#### b. Contraintes d'un flux *device-oriented*

à l'inverse d'un flux raw, un flux *device-oriented* intègre le développement dans la caméra. L'image issue de la caméra est donc généralement plus compressée que son équivalent en flux raw (à quelques exceptions près : certaines caméras offrent des taux de compression très élevés pour leur flux raw, en particulier les caméras RED qui proposent des compressions pouvant aller jusqu'à 18:1, ce qui génère des flux moins lourds que certains équivalents *device-oriented*).

De plus, cette image a été développée dans un espace de travail déterminé par les réglages de la caméra. Cela peut être un espace de travail référencé (Rec709, DCI P3 sont les plus courants). Cela peut également être un espace de travail alternatif, proposé par le fabricant pour améliorer la richesse de l'image en vue de la post-production. Dans ce second cas de figure, on peut jouer sur la gradation (utilisation d'une gradation fabricant, de type Log C ou S-Log), mais le gamut utilisé pour développer l'image est généralement issu d'un espace de travail de référence.

Ce flux est qualifié de *device-oriented*, littéralement « orienté vers/par le dispositif » (de diffusion), car les images issues de la caméra sont déjà qualifiées dans un espace de travail, plus proches des caractéristiques de diffusion que leur équivalent raw.

#### c. Traitements d'images additionnels propres aux fabricants

On a vu qu'actuellement, même un flux raw nécessite un traitement préalable de l'image (une compression) pour être exploitable. Dans les faits, d'autres traitements sont potentiellement appliqués au sein de la caméra, quel que soit le flux choisi, par les fabricants. Ces traitements sont généralement destinés à améliorer la qualité de l'image : amélioration de la définition par du « *sharpening* », amélioration du rendu des couleurs par des transformations colorimétriques... Cela peut même inclure l'application d'une loi de gradation : ainsi, les fichiers raw issus d'une ARRI Alexa ont une gradation logarithmique (le log C adopté par ARRI), ils ne sont plus caractérisés par une réponse linéaire.

Aussi, il faut aujourd'hui entendre par image *raw* une image non-démosaïquée, relativement peu compressée, située dans l'espace couleur des primaires caméra. Tout autre paramètre est potentiellement affecté dans cette image.

La chaîne de prise de vues numérique est en fait un ensemble de traitements à géométrie variable, adaptable à la grande variété de supports (les capteurs et les encodages proposés) disponibles pour l'opérateur. On a pu identifier un squelette de chaîne constant, fondé sur la captation d'une image raw, qu'on peut qualifier d'*image latente numérique*, et sur son développement pour obtenir le *négatif numérique* qui sera exploité en étalonnage.

Les caractéristiques des images raw et les choix de développement sont deux leviers majeurs de la qualité de l'image finale, et en comprendre les tenants et aboutissants est une étape importante vers la maîtrise de la chaîne.

## Chapitre 2 – Analyse et contrôle de l'image numérique

### 1. Capteur-caméra, le nouveau support de l'image

L'image raw est le premier état de l'image numérique accessible par l'utilisateur. Cette image raw est utilisée par tous les types de flux : même les flux *device-oriented* s'appuient sur cette image, qui est alors développée au sein de la caméra. Cette image est façonnée par les caractéristiques du capteur et de son CFA. Ils définissent des paramètres importants de l'image : définition, capacité à reproduire les couleurs, dimensions de l'image...

#### a. Incidence des caractéristiques du capteur sur l'image

La capacité d'une caméra numérique à reproduire l'espace coloré le plus grand possible est ainsi déterminée par sa sensibilité spectrale, elle-même fonction de la combinaison du CFA et de la sensibilité du capteur. En fonction du choix du filtre de couleurs, le capteur dispose d'une analyse différente des couleurs d'une scène, analyse à laquelle il réagit différemment selon sa sensibilité.

La sensibilité d'une caméra est également dépendante de la nature du capteur. La dimension des photosites est un facteur clé : plus la surface sensible du photosite est grande, plus il va pouvoir capter de photons, toutes choses égales par ailleurs. À cet égard, le photosite fonctionne d'une façon analogue à celle du grain d'argent... Cependant, sur un capteur de dimensions données, l'utilisation de photosites plus grands va réduire le nombre de photosites présents sur le capteur, et donc sa définition.

Le choix du type de photosites utilisés sur un capteur est donc nécessairement le résultat d'un compromis définition-sensibilité. Le progrès des technologies et les innovations régulières ont cependant permis de faire progresser la qualité de ce compromis. Ce fut par exemple le cas avec l'introduction de microlentilles qui permettent de faire converger davantage de lumière sur chaque photosite, en recouvrant pour chaque pixel à la fois la partie photosensible et la zone aveugle (dédiée à l'électronique de traitement et de circulation des signaux).

Le capteur est donc le premier support de l'image numérique. Ses caractéristiques ont une incidence directe sur l'image que la caméra produit. En tant qu'opérateur, on ne choisit donc plus une caméra uniquement pour son ergonomie ou sa capacité à être adaptée aux conditions de tournage : la caméra est liée au support premier de l'image et à une partie des

traitements qui lui sont appliqués. Ces traitements et la façon dont ils exploitent l'information issue du support sont également susceptibles de varier en fonction des versions et mises à jour de *firmware*, le logiciel interne de gestion de la caméra.

Lorsque l'opérateur souhaite choisir son support en prises de vues numérique, c'est donc la caméra qui doit être l'objet d'essais comparatifs, en amont du tournage, en tenant compte de critères multiples et des différences potentiellement engendrées par l'évolution du *firmware* de chaque caméra.

#### b. Incidence de la structure du capteur sur les choix de post-production

De la même façon, la structure même du capteur a une forte conséquence sur le coût de traitement ultérieur de l'image. Elle peut donc imposer certains traitements ou limiter les choix de chaîne de post-production.

Ainsi, si les capteurs matriciels sont les plus répandus actuellement, c'est qu'ils structurent l'image d'une façon relativement simple à traiter. Les processeurs utilisés au sein des caméras effectuent très efficacement des opérations de calcul matriciel. Les matrices CMOS permettent même de choisir une zone du capteur à traiter, pour limiter la quantité d'informations et donc disposer de plus de ressources de calcul « par pixel »<sup>32</sup>. Cela explique en partie pourquoi certaines caméras offrent des cadences de prise de vues plus élevées en contrepartie d'une baisse des dimensions de l'image.

L'analyse matricielle d'un sujet pour en obtenir une image ne semble pourtant pas nécessairement la grille d'analyse la plus pertinente. La grille d'analyse du support argentique permettait une richesse plus grande de l'information captée, par la répartition aléatoire des grains sur la surface sensible. Une partie des aberrations des images numériques sont issues de la structure même du capteur : l'*aliasing* n'existe que parce que toute structure de photosites en matrice génère nécessairement des lignes et colonnes aveugles, réparties régulièrement sur le capteur. Mais les quelques tentatives pour implémenter des capteurs structurés autrement (comme dans le cas de la Sony F65, sur lequel on reviendra) ont généré des calculs plus conséquents, donc des workflows nécessairement plus lourds.

Les compromis effectués à ce premier niveau de la création de l'image en affectent la nature et la qualité. Chaque caméra est le fruit d'une série de compromis qui privilégieront

---

<sup>32</sup> Cette opération est souvent désignée par l'expression anglaise de « *sensor cropping* », soit littéralement *recadrage du capteur*.

forcément, d'une façon ou d'une autre, soit la qualité de l'image, soit l'efficacité du traitement (et donc le coût de production et de post-production de l'image).

On peut facilement illustrer cette relation de cause à effet en évoquant brièvement les choix de prise de vues et de chaîne effectués durant la partie pratique de ce mémoire<sup>33</sup>. Le sujet et la forme du film (un film de cinéma immersif) ont fortement contraint le choix du support : nécessité d'une image très définie et aux couleurs riches et volonté de diffusion en 4K<sup>34</sup>. Cela nous a orienté vers la Sony F65, dont nous avons pu bénéficier pour le tournage. Il nous a alors fallu nous plier aux contraintes de workflow induits par la caméra : tournage soit en device-oriented, mais très limité (image HD), soit en raw, très lourd : des rushes volumineux (1 To par heure tournée) au traitement complexe et coûteux en ressources informatiques.

Or, près de la moitié du film devait être exploité en 2K et non en 4K, ce qui aurait pu générer des économies de stockage et de traitement. Mais le capteur de la F65 n'étant pas matriciel (structure des photosites en quinconce), le sous-dimensionnement de l'image n'était pas possible dès la prise de vues, seulement à l'étape du développement. Il nous a donc fallu prévoir davantage de stockage et de temps de transfert et de traitement, du fait de la spécificité de cette caméra.

Dès lors, il ne peut plus y avoir de développement standard, applicable à tous les supports issus de différents fabricants, comme c'était le cas dans la chaîne argentique. Au contraire, dans le cadre du flux censé être le plus qualitatif, le flux raw, la qualité des traitements appliqués lors du développement est d'une grande importance dans la qualité de l'image obtenue. Or le choix d'un traitement plus qualitatif a des conséquences immédiates sur les temps de traitement ou la quantité de ressources mobilisés, et donc *in fine* sur les coûts de post-production.

Un développement optimal nécessite donc à la fois une très bonne connaissance de la structure du capteur et des traitements potentiellement appliqués par la caméra, et des capacités de calcul informatique suffisamment dimensionnées pour permettre des calculs de haut niveau. Le tout est évidemment contraint par une logique économique de post-production. Sur les flux les plus qualitatifs en particulier, le choix du laboratoire est une décision cruciale pour la qualité de l'image. Certains laboratoires numériques font ainsi le pari de la spécialisation et proposent des développements spécifiques, « faits maison », pour certains types d'image (c'est ainsi le cas de HD Systems pour les caméras hauts de gamme Sony, initialement exclusivement la Sony F65).

---

<sup>33</sup> Un compte-rendu complet de cette expérience est mené dans la partie III de ce mémoire (pp. 65 et suivantes).

<sup>34</sup> Le terme 4K désigne une dimension d'image standard en cinéma numérique, de 4096x2160 pixels. C'est une dimension supérieure au standard 2K (2048x1080), lui-même légèrement plus grand que le standard HD (1920x1080) associé à la télévision et à l'audiovisuel.

Cette association nouvelle entre la caméra et le support d'exposition, et les contraintes que cela engendre sur la post-production, ne sont pas toujours source de simplicité. D'une part, les exigences d'un opérateur portent essentiellement sur le support, tandis que celles du cadreur et de l'assistant opérateur sont davantage concentrées sur des questions d'ergonomie, d'adaptation et d'efficacité de travail. Les deux sont importantes pour le film : l'une pour des raisons esthétiques, afin de s'approcher le plus possible des envies de mise en scène et d'image ; l'autre pour des raisons économiques et techniques de faisabilité du film, que ce soit pour garantir l'efficacité nécessaire à respecter un planning ou pour assurer la faisabilité technique de plans spéciaux (effets de vitesse, machinerie spécifique, recours à des procédés exotiques, etc.). Ne plus pouvoir dissocier les deux peut conduire à des choix de compromis, ou des choix par défaut lorsqu'un des critères prend le pas sur un autre. Pour ne donner qu'un seul exemple, un cadreur qui souhaiterait aujourd'hui cadrer via une visée optique (appelée aussi visée reflex) ne peut qu'espérer travailler avec un opérateur qui choisira l'ARRI Alexa, seule famille de caméras à offrir, sur une partie de ses modèles, cette visée optique. Difficile de ce point de vue de voir dans la fusion caméra-support un réel avantage pour les techniciens de prise de vues.

La nécessité d'inclure la post-production dès les discussions de préparation se fait également de plus en plus ressentir. L'objectif est de simplifier et d'anticiper autant que faire se peut le flux de travail qui sera mis en place pendant le tournage, et d'éviter d'éventuelles difficultés de post-production. Ce travail n'est pas apparu en même temps que la prise de vues numérique, mais a pris davantage d'ampleur à cette occasion. C'est un acteur de plus dont les considérations doivent être prises en compte au moment de choisir ce qui sera le support du film, le risque étant d'orienter les décisions vers un compromis pas toujours à l'avantage de l'opérateur, et donc de l'image du film.

## 2. Nouveaux référents d'exposition : l'Indice d'Exposition revisité

Pour un opérateur, la première caractéristique de tout support d'image est sa sensibilité. Elle permet d'évaluer la capacité du support à faire face aux situations de lumière que l'opérateur anticipe (de l'extérieur jour en montagne enneigée à l'extérieur nuit sans renfort de lumière), et induit donc de nombreux paramètres de la prise de vues : quantités de lumières additionnelles, faisabilité de certains plans...

Les caméras de cinéma numérique sont donc toutes pourvues d'un Indice d'Exposition. Il est attribué par le fabricant à la caméra, exprimé à l'aide de l'échelle historique EI. L'opérateur peut régler sa cellule à l'aide de cet indice et déterminer sa pose en conséquence.

La notion d'IE en prise de vues numérique n'est pourtant pas aussi univoque qu'en prise de vues argentique. L'*International Standard Organization* (ISO) a développé une norme établissant la sensibilité des boîtiers photographiques numériques<sup>35</sup>, mais elle propose deux protocoles de détermination aux résultats différents. Leur mise en pratique n'a pas permis d'en exclure un, aucun ne s'étant avéré plus précis que l'autre. Il ne semble donc pas pertinent d'essayer d'adapter cette méthode à l'image de cinéma numérique.

Les méthodes utilisées par les fabricants ne sont pas rendues publiques, ou très parcellairement. Deux approches coexistent, elles évaluent la sensibilité par les deux extrémités opposées de l'image : les hautes et les basses lumières.

La méthode d'évaluation par les hautes lumières consiste à trouver, pour une caméra donnée et dans des conditions d'éclairage stables et quantifiées, l'ouverture maximale avant perte d'information dans les hautes lumières. De cette ouverture, on déduit une exposition, et on peut alors déduire l'IE. Cette méthode a été appliquée aux caméras vidéo, destinées principalement à réaliser des images prêtes à diffuser et donc proches de la logique de travail « inversible ». Mais elle conserve tout son intérêt en cinéma numérique : si la dynamique des capteurs associés est plus grande, on a vu que la réponse de ces capteurs n'est pas caractérisée par une épaulement : les hautes lumières font l'objet d'un écrêtage brusque lorsque la luminance des photosites dépasse la capacité du puits du capteur. Cet écrêtage brusque n'a pas nécessairement lieu à des niveaux identiques sur les trois couleurs primaires, en raison de la différence de densité potentielle des filtres du CFA. Aussi, la zone la plus destructrice de l'image reste la trop forte surexposition, qui peut générer des artefacts colorés dans les très hautes lumières. Évaluer l'exposition par les hautes lumières est alors une façon de se prémunir de telles aberrations dans l'image finale, aberrations non corrigibles car le signal en est affecté irrémédiablement.

L'approche par les basses lumières est toutefois apparue pour les caméras numériques dès lors que la dynamique de ces caméras a atteint des niveaux moins limitants qu'en vidéo. Il s'agit alors d'évaluer la quantité minimale de lumière nécessaire à la formation d'une image de bonne qualité. Toute la complexité de cette approche réside dans l'évaluation de cette « image de bonne qualité », qui fait théoriquement appel, comme en sensimétrie argentique, à des observateurs « standard », donc à des expériences de psychoperception analogues à celles initiées par Jones et Condit pour la photographie argentique. Comment juger en effet de l'acceptabilité d'une image ? L'un des points d'achoppement les plus complexes à résoudre concerne le seuil d'acceptabilité du bruit numérique.

---

<sup>35</sup> ISO 12232:2006, « *Photography – Digital still cameras – Determination of exposure index, ISO speed ratings, standard output sensitivity, and recommended exposure index* », Genève, ISO, 2006.

Bien sûr, l'absence de méthode éprouvée et de référence n'est pas rédhibitoire. L'expérimentation et l'essai ont toujours été au cœur du travail des opérateurs. Les protocoles d'essais d'image intègrent maintenant souvent l'indice d'exposition comme variable, de la même façon qu'ils l'intégraient en film (au sein de ce qu'on appelle les *essais keylight*). Le déterminant ultime reste l'image projetée, et les choix faits par les opérateurs et réalisateur après projection de ces essais peuvent très bien être rapportés, à une plus petite échelle, à des expériences de psychoperception.

Il est également important de noter que la notion d'Indice d'Exposition peut désigner deux paramètres différents en prise de vues numérique. L'IE est à la fois un paramètre de pose de l'opérateur, qui règle sa cellule pour obtenir des indications d'ouverture, et un paramètre de développement de l'image, dans la caméra ou en post-production. En prise de vues argentique, l'IE est simplement un paramètre de pose, et le développement est normalisé (temps et traitements identiques pour toutes les émulsions, possibilités normées de sur- et sous-développement). En cinéma numérique, on a bien vu que le développement n'est pas normalisé puisqu'il dépend de chaque flux. Autour de l'Indice d'Exposition de référence, donné par le fabricant (on parle également de sensibilité nominale), chaque réglage possible d'IE dans la caméra est en fait un réglage de sous- ou surdéveloppement. L'opérateur peut donc travailler son support à un IE défini, qui règle le développement de l'image, et exposer en réglant sa cellule sur un IE différent, cohérent avec sa stratégie d'exposition.

Dans un flux *device-oriented*, ce réglage d'IE au sein de la caméra entraîne un développement différencié et est donc inscrit définitivement dans l'image enregistrée. Tout changement d'IE peut causer des pertes d'information dans l'image, généralement dans les zones extrêmes (hautes et basses lumières). Le choix d'IE façonne donc directement l'image obtenue en sortie de caméra.

Dans un flux *raw*, en revanche, le choix d'Indice d'Exposition n'a pas d'influence sur l'image enregistrée : l'IE est traitée comme métadonnée, utilisée pour le développement d'une image de retour plateau et sauvegardée en annexe des rushes. La donnée d'IE (comme d'autres, dont la balance des blancs) est alors pré-chargée en post-production, dans le logiciel de développement, mais peut être modifiée à loisir. En revanche, si modifier le paramètre d'IE ne modifie pas en soi l'image enregistrée, le choix de l'IE est associé à un choix d'exposition de l'opérateur, donc de lamination du capteur, ce qui a une influence sur l'image enregistrée. Choisir l'IE reste, en flux *raw*, un paramètre de prise de vues, puisque ce choix conditionne en partie l'exposition de l'image, et donc la quantité de lumière soumise au capteur et enregistrée dans l'image.



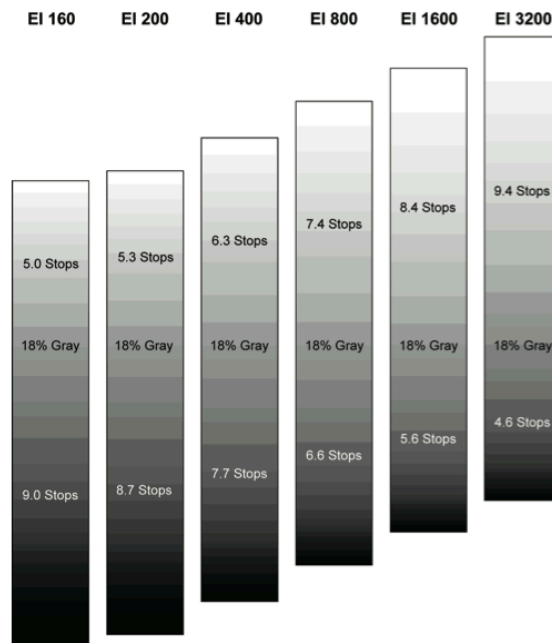


Figure 21 – Répartition théorique des plages de luminosité d'une image issue d'ARRI Alexa, en fonction du choix de l'Indice d'Exposition<sup>36</sup>

Enfin, contrairement à ce que l'héritage de la vidéo peut avoir enseigné, la variation d'Indice d'Exposition n'a en théorie pas d'incidence sur la dynamique de l'image enregistrée. On associe parfois l'IE au gain vidéo, qui permettait d'augmenter artificiellement la sensibilité d'une caméra en amplifiant les signaux d'entrée (cette association fut encouragée par certains fabricants qui employaient les deux mots sur la même caméra afin d'améliorer son positionnement marketing, d'une « vidéo » connotée négativement à un « cinéma numérique » plus vendeur). Si le mécanisme de l'IE peut être comparable dans son résultat, sa mise en œuvre est très différente et n'entraîne pas les mêmes conséquences sur l'image. En particulier, beaucoup de fabricants mettent en avant un processus de redistribution des plages de l'image (Figure 21), plutôt qu'une amplification linéaire du signal qui entraînerait une perte de dynamique.

La notion d'Indice d'Exposition fonde donc aussi, en prise de vues numériques, deux paramètres du geste de l'opérateur. D'abord, le choix de la lamination du capteur, par le choix d'un indice d'exposition à l'aune duquel faire sa lumière et choisir un diaphragme à afficher sur l'optique. Ensuite, le choix de développement, par le choix de l'IE indiqué à la caméra, que ce développement se fasse en interne ou en post-production. Ce dernier IE, celui que l'on retrouve dans les menus de la caméra, peut être identique ou différent de celui utilisé pour effectuer l'exposition du capteur.

<sup>36</sup> Source : ARRI, *Manuel d'utilisation des ARRI Alexa SUP 9.0*, version du 25/11/2013, p.80, disponible sur <http://www.arri.com/downloads/> (consulté le 04/05/2014).

### 3. Multiplicité des formes de l'image et des outils d'analyse et de contrôle

Une des caractéristiques de la prise de vues numériques est qu'elle offre une image issue du même support que l'image enregistrée, dès la prise de vues, pour un retour sur le plateau. Cette image est beaucoup plus satisfaisante à l'œil que l'image issue des reprises vidéo des caméras argentiques. Mais il est nécessaire d'y prêter une grande attention, car l'œil a tendance à se satisfaire de la présence d'une image sur un moniteur, et à souvent la traiter (consciemment ou non) comme une référence objective. Pourtant, les limites sont nombreuses et peuvent orienter les décisions de l'opérateur.

#### a. Quelle image regarde-t-on sur un plateau ?

Il faut d'abord s'intéresser aux caractéristiques de l'image proposée en retour, et les comparer aux caractéristiques de l'image finale. Dans le cas d'un flux *device-oriented*, le développement est assuré au sein de la caméra. *A priori*, l'image de retour plateau et l'image master<sup>37</sup> sont issues de l'image raw développée par la caméra. Mais le gamut et la gradation de ces deux images peuvent différer. L'image master est généralement affectée d'une réponse logarithmique ou gamma afin de préserver au mieux la dynamique du capteur et de protéger les basses lumières, et peut être exprimée dans un gamut large afin de protéger les informations de couleur. Or cette image n'est pas nécessairement la plus pratique à regarder sur un plateau. En fonction de sa destination, l'image de retour plateau devra plutôt être caractérisée par une réponse satisfaisante pour un œil non averti (par exemple, pour le retour le plus important, celui de la mise en scène). La majorité des moniteurs étant dans l'espace Rec709, l'image de retour plateau sera donc souvent transférée dans cet espace de travail Rec709, tant en gamut qu'en gradation.

Cependant, l'opérateur dispose bien souvent d'un moniteur dédié, qu'on appelle moniteur « de référence » car il est choisi pour ses qualités de reproduction censées être satisfaisantes pour servir à l'exposition de l'image. Selon les choix de l'opérateur, il arrive que l'on affiche sur ce moniteur une image dans l'espace de travail de l'image master. Cette image apparaît alors peu satisfaisante à un œil non averti : afficher une image « log » sur un moniteur Rec709 rend une image très peu contrastée. Mais l'opérateur y trouve un intérêt : il peut ainsi surveiller plus finement la conservation des détails dans les hautes et basses lumières, détails que le contraste plus grand du Rec709 ne lui aurait pas permis d'observer.

Il convient donc de réfléchir à l'image que l'on voit avant d'en tirer des conclusions sur la qualité de l'exposition associée. Si l'on est face au moniteur de la mise en scène, il est plus que probable que l'image est dans un espace Rec709, après un changement d'espace

---

<sup>37</sup> On appellera image master l'image fournie par la caméra et enregistrée sur un média pour être exploitée en post-production.

effectué par la caméra, par une « gammabox »<sup>38</sup> ou par le moniteur. Ce changement d'espace est effectué en temps réel, et peut donc être d'une qualité adaptée à cette nécessité de traitement rapide. Dès lors, les risques classiques sont un enterrement des informations de basses lumières et/ou des zones de très hautes lumières qui sortent du signal transformé, alors qu'elles sont préservées dans l'image master.

Cette problématique peut être plus complexe dans le cas d'un flux raw. L'image master n'est pas développée par la caméra, mais cette dernière fournit généralement une image de retour plateau. La qualité du développement est donc à mettre sérieusement en question : la caméra doit mener ce développement en temps réel, en disposant de moins de ressources que le laboratoire qui effectuera ultérieurement le développement de l'image master parfois sans lui-même atteindre le temps réel.

Il ne faut dès lors pas s'alarmer de l'apparition d'artefacts dans l'image. L'image de retour plateau ne peut prétendre restituer la dynamique enregistrée par l'image master, ni l'ensemble des nuances. Une image raw est généralement quantifiée sur 12, 14 ou 16bits, or la majorité des moniteurs sont limités à 8 ou 10 bits. Le standard de transport des flux vidéo HD professionnel, le SDI, est également normé pour convoier un signal 10bit au maximum. Certaines nuances de luminosité risquent donc d'être sacrifiées dans l'image de retour plateau.

*Aliasing* et moiré, parmi tant de défauts de texture, peuvent également apparaître simplement parce que l'image doit être redimensionnée (du 2K ou du 4K vers la HD par exemple). Difficile dans ces conditions de juger si le défaut est lié aux conditions de prise de vue ou simplement aux caractéristiques de prévisualisation de l'image. Des outils existent pour limiter ce problème : si c'est le moniteur qui est responsable du redimensionnement de l'image, on peut utiliser la fonctionnalité « 1 pour 1 » ou « pixel pour pixel » qui désactive ce redimensionnement et n'affiche alors qu'une partie de l'image, en faisant correspondre un pixel de l'image d'entrée à un pixel d'affichage. Lorsque c'est la caméra qui redimensionne le flux d'image dédié au retour plateau, cette fonctionnalité n'est pas toujours disponible (certaines caméras proposent un mode « zoom dans l'image » qui se comporte de manière analogue).

Il est donc essentiel pour un opérateur de connaître les formes que prendra l'image pendant la prise de vues, afin d'y avoir recours à bon escient et en connaissant les limites et biais que certaines formes peuvent comporter. Disposer d'une image de retour relativement proche de l'image master peut être un atout pour travailler plus efficacement et aller plus loin

---

<sup>38</sup> Outil permettant d'appliquer une transformation d'espace à un flux d'images.

dans les effets et le travail de la lumière, à condition de ne pas croire aveuglément en toute image apparaissant sur le plateau. Or l'œil peut très rapidement être influencé par l'existence d'une image, toute biaisée soit-elle.

b. Quels outils d'analyse et de contrôle sont adaptés à cette image ?

Disposer d'une image aussi tôt dans la chaîne permet de la contrôler davantage. Le contrôle visuel, c'est-à-dire le travail au moniteur que certains opérateurs affectionnent, est une première forme d'analyse de l'image. D'autres outils sont à la disposition de l'opérateur, proposés soit directement dans la caméra, soit plus loin dans la chaîne, soit sur l'image de retour plateau.

Depuis les premiers outils d'assistance des caméras vidéo, comme les zébras<sup>39</sup>, les fabricants proposent un grand nombre d'outils d'analyse de l'image au sein des caméras. Les zébras ont persisté et sont encore proposés par certaines caméras. Au sein des caméras RED, ils sont accompagnés d'une série d'outils similaires : les fausses couleurs, qui colorent les zones de l'image en fonction de leur niveau de codage d'information, et le mode « exposition » qui met en avant les très basses lumières et les hautes lumières de l'image qui risquent d'être clippées, c'est-à-dire hors des limites du codage.

On retrouve une fonctionnalité de fausses couleurs au sein des caméras ARRI (Alexa, Amira) et Sony F5/F55, tandis que le mode « exposition » a un équivalent dans la Sony F65 (le mode « High / Low » qui propose d'afficher l'image raw successivement surdéveloppée et sous-développée, pour pouvoir constater à l'œil les zones préservées dans l'image raw et les zones où l'information est perdue dans la surexposition ou la sous-exposition).

Ces outils, qui viennent s'afficher par-dessus l'image pour informer l'opérateur, sont parfois complétés au sein même des caméras par les plus génériques histogrammes, oscilloscopes et autres analyseurs de signaux. Cela amène parfois des situations de saturation d'information : l'affichage par défaut d'un écran de caméra RED, visible ci-dessous, présente au centre de l'image un spotmètre numérique (*spot focus*) indiquant le niveau d'exposition du point central de l'image, puis en bas de l'écran une jauge de niveau de bruit de l'image raw (*raw noise level bar*), un histogramme, une jauge de niveau d'écrtage des hautes lumières de l'image raw (*raw clip level bar*) et trois indicateurs d'écrtage de l'image raw, un par couleur primaire (*raw clip meter*).

---

<sup>39</sup> La fonction zébra permet, sur de nombreuses caméras vidéo et sur certaines caméras de cinéma numérique, de marquer d'une hachure les zones de l'image correspondant à une plage de niveau de signal définie par l'utilisateur.

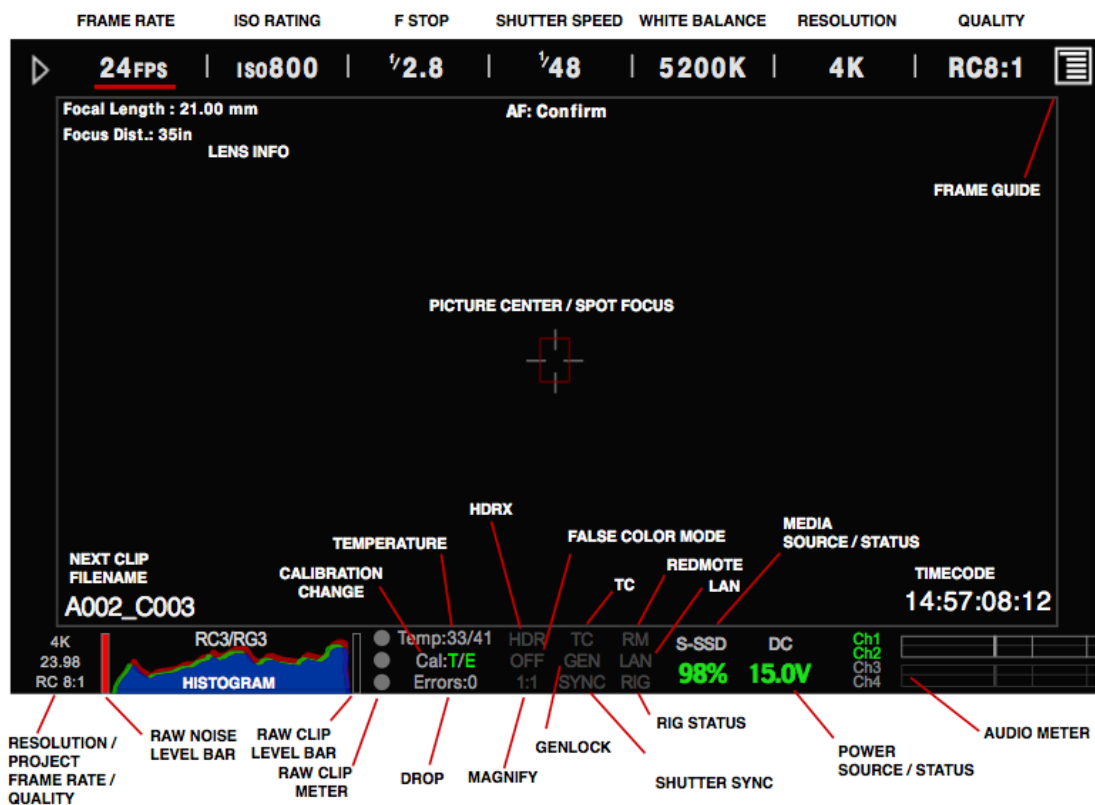


Figure 22 – L'écran d'affichage par défaut des caméras RED<sup>40</sup>

Il ne s'agit pas ici de faire un catalogue exhaustif de ces fonctionnalités, mais de donner un aperçu de la grande variété d'outils offerts à l'opérateur. Ces outils se ressemblent mais ne fonctionnent pas tous de la même manière. Il est important d'examiner avec rigueur la méthode de chacun de ces outils pour ne pas mal les interpréter. Ainsi, il faut se pencher sur le mode d'emploi des caméras RED pour comprendre que les fausses couleurs (appelées « fausses couleurs vidéo ») sont appliquées dans la caméra au signal développé (elles varient donc lorsqu'on change l'Indice d'Exposition), tandis que le mode exposition informe sur l'image raw (l'Indice d'Exposition n'a donc aucune incidence sur l'analyse effectuée). De la même façon, il faut se demander à quelle forme de l'image s'applique le mode de fausses couleurs de l'Alexa, pour ne pas prendre de décisions hâtives d'exposition, s'inquiéter d'un défaut en fait absent de l'image master ou au contraire passer à côté d'un souci non détecté.

Une alternative, ou un complément, à ces outils « propriétaires », spécifiques à chaque fabricant, est le recours à des outils tiers en sortie de caméra. Avant même les contrôles qualité effectués à l'arrivée des rushes au sein du laboratoire numérique, un dispositif qui peut présenter un intérêt pour l'opérateur est la présence d'un DIT sur le plateau. L'A-DIT, association professionnelle française des DIT, définit le métier de la sorte :

<sup>40</sup> Source : RED.com, manuel d'utilisation de la caméra RED Epic (v.4.0.12), p.49, disponible sur <https://www.red.com/downloads> (consulté le 01/05/2014).

*« [Le DIT] centralise toutes les informations artistiques et techniques pour conseiller le directeur de la photographie et la production sur le workflow idéal à employer en accord avec la post production. C'est à dire les procédés et les méthodes de traitements d'images à utiliser pour aboutir à l'esthétique souhaitée, en fonction des contraintes du film. Sur le Plateau, le D.I.T. est sous la direction du chef opérateur. Il possède les connaissances théoriques et techniques pour répondre aux exigences esthétiques du directeur de la photographie. »<sup>41</sup>*

Le DIT est en charge de l'image enregistrée, de sa qualité et de sa bonne conservation. À ce titre, il surveille les niveaux d'exposition, la qualité des hautes et basses lumières, mais aussi le travail du point ou l'apparition d'artefacts de toutes sortes (bruit, aliasing, flare, aberration optique, etc.). Il peut également prendre en charge un premier étalonnage des rushes, destiné à la fabrication des proxies<sup>42</sup>. On parle alors d'étalonnage de plateau. Enfin, il peut être responsable de la qualité des images de retour plateau fournies à la mise en scène et aux autres départements.

Vu les tâches qu'il englobe, le DIT peut être vu comme une émanation du laboratoire sur le plateau. Son rôle et son utilité sont évalués extrêmement différemment selon les opérateurs, de certains qui s'appuient énormément sur ce collaborateur pour obtenir un négatif numérique aussi riche que possible, à d'autres qui voient d'un mauvais œil l'arrivée d'une personne potentiellement apte à évaluer certains de ses choix, comme l'exposition ou la qualité de l'image.

Du point de vue de la qualité du contrôle de l'image, il apparaît évident que la présence d'un DIT est un gage de cohérence des outils de contrôle et de compréhension accrue des formes de l'image. Le DIT dispose des fondements techniques nécessaires à la bonne compréhension du flux suivi par les images, et d'outils qu'il connaît et entretient généralement, ce qui lui donne davantage de certitudes concernant la qualité des images qu'il visionne. Il ne s'agit pas ici de défendre un recours systématique au métier de DIT, ni de mettre en cause la position d'opérateurs préférant se passer de ce poste. On constate simplement qu'en l'absence de DIT, les seconds assistants opérateurs se sentent de plus souvent chargés d'un contrôle qualité, que la responsabilité leur ait été clairement transmise ou non. Dans ce cas, il est essentiel de s'assurer que les méthodes de contrôle sont cohérentes avec le type de flux choisi, et que le matériel utilisé comme référence soit bien connu et calibré au mieux, ce qui est plus compliqué à assurer pour un second dont ce n'est pas le cœur de métier.

---

<sup>41</sup> Source : site web de l'A-DIT, [www.a-dit.org](http://www.a-dit.org) (consulté le 04/05/2014).

<sup>42</sup> Le proxy est une forme de l'image du film de faible qualité, destinée au montage.

## Chapitre 3 – Glissements progressifs du contrôle de l'image

### 1. À la prise de vues : l'image partagée et contrôlée

#### a. La perte de l'exclusivité de l'image

On a déjà évoqué à plusieurs reprises la mutation importante que représente l'arrivée d'une image considérée comme référence sur le plateau. L'opérateur a progressivement perdu la relation exclusive qu'il entretenait pendant quelques jours, jusqu'à la projection des rushes, avec l'image du film.

Les avantages sont indéniables et permettent une meilleure efficacité des équipes au tournage. De nombreux départements bénéficient de la présence d'une image : décorateurs et accessoiristes de plateau peuvent connaître le champ et évaluer le rendu de leur travail, tout comme les équipes de maquillage, habillage et coiffure, qui font face à des exigences de plus en plus élevées avec l'aspect plus chirurgical de certaines images numériques. Le preneur de son peut prendre connaissance du champ, aidé par l'opérateur son qui dispose souvent d'un retour dédié. Le travail de la mise en scène est facilité, en particulier celui de la scripte qui bénéficie souvent d'un enregistreur pour revisionner les prises. La plupart de ces gains servent la qualité de l'image : rendu des costumes, des décors, des maquillages... Autant d'éléments qui participent à la construction de l'image et à sa qualité finale.

Une telle pratique connaît en revanche des limites. Il ne s'agit pas ici de faire l'analyse de la perte de responsabilité du cadreur, c'est une problématique spécifique qui n'est pas directement notre sujet. En revanche, beaucoup d'opérateurs ont été confrontés, après l'apparition des retours image sur le plateau, aux limites de la mise en commun de l'image. D'une part, l'image livrée sur le plateau est rarement l'image finale. Elle peut parfois en être assez éloignée. Dans la majorité des cas, l'image master est enregistrée dans un espace destiné à fournir un maximum d'informations (un négatif riche), espace qui n'est pas voué à être regardé : image raw, image affectée d'une réponse logarithmique (le Log C de l'Alexa ou le S-Log Sony)... L'image de retour plateau est alors obtenue par un traitement de l'image master, soit par la caméra soit par un mécanisme de conversion externe. Dans les deux cas, on l'a vu, la conversion est effectuée dans un souci d'efficacité (contrainte du temps réel) et peut être assez éloignée du rendu final souhaité par l'opérateur. Dans ce cas, il faut faire preuve de pédagogie face aux potentielles questions ou commentaires, souvent légitimes (en particulier quand elles viennent de la mise en scène), parfois déplacées. Guillaume Schiffmann, directeur de la photographie, en témoigne :

*« Je ne veux absolument pas que le réalisateur regarde [sur le plateau] l'image exacte qu'il aura plus tard. Je veux que le réalisateur fasse confiance à la qualité de mon travail. On ne peut pas se fier au rendu des moniteurs parce qu'ils ne sont souvent pas bien réglés ou calibrés et chacun a un rendu différent, ce qui génère beaucoup de confusion inutile sur le plateau. »<sup>43</sup>*

La mise à disposition d'une image de retour plateau ne signifie pas que le travail de l'image devient une responsabilité collective. L'assistant vidéo et le second assistant opérateur, qui sont proches des retours image, le savent bien, et bien qu'ils soient souvent légitimes, font preuve de prudence et suivent la voie hiérarchique (passage fréquent par le premier assistant) pour signaler un éventuel souci d'image.

Le fait est que si l'on dispose maintenant tous d'une image sur un plateau, la logique mise à l'œuvre par l'opérateur reste sa prérogative. C'est évidemment une notion reconnue et partagée par l'immense majorité des techniciens de plateau, mais la présence constante d'une image de qualité en tournage peut faire ponctuellement oublier ce partage des tâches et cette responsabilité de l'image.

#### b. L'espace et le temps de l'équipe caméra

Le recours au poste d'assistant vidéo, également nommé troisième assistant opérateur, s'est répandu avec la généralisation (et la complexification) des retours image. Les DIT<sup>44</sup> ont plus récemment fait leur apparition, mesurée pour l'instant, centrée sur des films aux besoins d'image numérique spécifiques. Le métier de second assistant opérateur évolue et prend des formes variées, de la technicisation de la caméra qui rend le travail de plateau (préparation du matériel, adaptation des configurations caméra) plus exigeant, à l'augmentation des rushes numériques qui restent encore fréquemment sous sa responsabilité. Sans parler du contact très fréquent avec l'image, et la légitimité à effectuer un premier contrôle qualité, aspect absolument inexistant du travail des assistants en 35mm.

Les mutations de l'équipe caméra sont donc importantes. Cela entraîne une tendance au grossissement de l'équipe, à un espace de plus en plus grand, rendu nécessaire par cette prolifération d'outils et cette numérisation des procédés qu'on a mis en avant jusqu'à présent. Cette tendance semble particulièrement associée aux productions ayant recours aux procédés « haut de gamme » du cinéma numérique, le tournage en support raw en tête de ces procédés.

---

<sup>43</sup> MOST Madelyn, *Random Thoughts on Le Futur*, série d'entretiens avec des opérateurs français sur le débat argentin/numérique, réalisés courant 2012, publié sur le site de l'AFC, <http://www.afcinema.com/Le-Futur-vu-par-les-directeurs-de-la-photographie.html> (consulté le 05/05/2014), p. 4. Traduction personnelle.

<sup>44</sup> *Digital Imaging Technicians*, cf. p. 65.



Toute production ne se prête pas à cette nouvelle configuration de l'équipe image. Les raisons sont multiples. Citons tout d'abord le nerf de la guerre, la raison financière : le recours à un équipement plus lourd est un coût non négligeable, et les postes à pourvoir pour gérer cet équipement en sont un autre. Mais au-delà, tout film ne se prête pas, dans ses choix de mise en scène, à un dispositif standard. Les dispositifs de filmage peuvent être très influencés par le sujet du film et l'approche qu'en a la mise en scène. D'autres contraintes plus pragmatiques peuvent également s'imposer : les décors, en particulier, peuvent imposer des exigences strictes. Espaces confinés, inhospitaliers, conditions difficiles...

Le risque est alors qu'apparaisse une scission entre les films qui, parce qu'ils peuvent se permettre les contraintes qui y sont associées, ont le choix de recourir à des procédés considérés comme « hauts de gamme » en prise de vues, et des films qui, pour de mauvaises raisons, seraient obligés d'y renoncer. Bénéficier de la richesse d'un support raw nécessite-t-il nécessairement d'être contraint à un dispositif très technicisé et lourd, tant matériellement qu'humainement ? La corrélation existe, mais elle ne doit pas devenir une règle absolue, au risque de priver certains films d'un support qui pourrait servir leur propos.

## 2. Vers la post-production : l'image retravaillée

Outre ce partage de l'image dès la prise de vues, l'opérateur est confronté à la montée en puissance des capacités de post-production, en particulier à l'étalonnage. Les possibilités sont très nombreuses, comparées aux limites de l'étalonnage photochimique. Les corrections primaires permettent de travailler trois zones du signal : basses, moyennes et hautes lumières. On peut donc jouer finement sur le contraste général de l'image, ainsi que sur la quantité des trois couleurs primaires par le biais de « lumières de tirage » numériques. La saturation est un autre paramètre d'étalonnage, accessible également par le filtre des basses, moyennes et hautes lumières. L'ensemble de ces paramètres est également accessible par le biais de corrections secondaires, appliquées sur une zone spécifique de l'image, définie par un masque<sup>45</sup>, une caractéristique de couleur ou de niveau de luminosité...

Les opérateurs, présents régulièrement pendant la phase d'étalonnage, sont familiers de ces possibilités. Beaucoup les intègrent maintenant dans leur stratégie d'exposition, dès la prise de vues. Cela peut être afin d'obtenir un effet difficilement réalisable dans les contraintes économiques et temporelles du tournage, ou pour protéger leur image à l'exposition par expérience de leur support.

---

<sup>45</sup> Surnommés « patates » en raison de leur aspect souvent rond ou ovale, ces masques peuvent en fait prendre différentes formes (rectangulaire, ronde...).

Greig Fraser, directeur de la photographie donne, dans un article de l'*American Cinematographer*<sup>46</sup> un exemple de ces stratégies à propos de *Zero Dark Thirty*, de Kathryn Bigelow, qu'il a photographié en 2011.

« Vu la nature et le style du tournage, l'étape d'étalonnage [...] fut particulièrement utile à Fraser. Il qualifie d'ailleurs son étalonneur de "partenaire d'éclairage". Il s'explique : "Nous voulions que les images du raid de nuit soient sombres mais équilibrées, qu'elles aient un rendu naturel, non-éclairé, noir. [L'étalonneur] nous a beaucoup aidé à atteindre le juste milieu pour ces images, surtout pour les plans larges où notre maîtrise était limitée. Même si nous avons deux grands '40x40'<sup>47</sup> au-dessus de la maison, ils devaient couvrir une surface très large. Dans ces plans larges, il aurait été impossible d'installer de grands drapeaux pour assombrir des pans entiers de murs, et notre planning de tournage ne nous laissait pas le temps de faire intervenir l'équipe déco pour peindre ces pans de murs quelques tons plus sombres. En posant une fenêtre [en correction secondaire] à l'étalonnage, j'ai pu achever le travail de lumière que j'avais entamé des mois auparavant en Jordanie<sup>48</sup>. C'était souvent les quelques pourcents dont j'avais besoin pour terminer le boulot." »



Figure 23 – Jouer avec les limites basses : image de promotion du film *Zero Dark Thirty*<sup>49</sup>

<sup>46</sup> GOLDMAN Michael, « The World's Most Wanted Man », *American Cinematographer*, vol. 94, n°2, février 2013, p.41. Traduction personnelle.

<sup>47</sup> Sources de lumière carrées de 40 pieds de côté, soit environ 12m, destinés dans ce cas de figure à éclairer le décor de façon diffuse par le ciel.

<sup>48</sup> Où les séquences du raid ont été tournées.

<sup>49</sup> Les photogrammes issus de copies numériques du film sont beaucoup trop denses pour permettre une lisibilité sur support papier, aussi avons-nous préféré illustrer la situation décrite par Greig Fraser par une image de promotion du film réalisée dans le même décor.

Source : GOLDMAN Michael, op. cit.

C'est un exemple parmi d'autres du recours à une nouvelle palette d'outils permettant d'obtenir des effets et des rendus que les conditions économiques et techniques rendent compliquées à mettre en œuvre au tournage. On peut le rapprocher du recours courant à des traitements spéciaux, dans la chaîne argentique : un outil de finition, dont l'usage était prévu dès la prise de vues et qui entraînait souvent une exposition spécifique afin d'en optimiser le rendu. Mais les effets de ces traitements spéciaux portaient sur l'image dans son ensemble, avec des modulations (difficilement mesurables avec précision) dans les basses et hautes lumières. Le degré de précision des outils actuels de finition est incomparable.

L'étalonnage est donc maintenant souvent une étape clé vers l'image finale que l'opérateur cherche à obtenir pour un film. Un étalonnage argentique était l'occasion de plusieurs allers retours pour l'opérateur et le réalisateur, qui venaient assister à des projections de tout ou partie du film et soumettaient leurs retours à l'étalonneur, qui les réalisait souvent seul. Les étalonneurs sont maintenant habitués à la présence très régulière, voire constante, de l'opérateur et du réalisateur. Les opérations d'étalonnage ont une incidence directe sur l'image, et ne nécessitent plus de manipulations de laboratoire pour être effectives. Le temps est donc pleinement consacré aux images.

L'étalonnage numérique est apprécié comme vraie amélioration des outils de travail par une grande majorité d'opérateurs, y compris des opérateurs qui privilégient encore le support argentique à son homologue numérique. Éric Gautier, directeur de la photographie, conclut ainsi une réflexion sur sa préférence pour la prise de vues argentique :

*« Cependant, j'ai depuis des années recours à l'étalonnage numérique, je ne veux plus avoir à m'en passer. Pour moi, 80% de l'image est réalisée au tournage, et les 20% de l'étalonnage sont cruciaux car ils permettent d'aller bien plus loin dans les effets, avec beaucoup plus de richesse qu'en étalonnage traditionnel (photochimique). J'ai toujours cru au mélange des technologies. Quoi qu'il arrive, j'aimerais simplement avoir le choix des outils que j'utiliserai pour mes prochains projets. »<sup>50</sup>*

Lorsqu'il est utilisé comme un outil supplémentaire de l'opérateur, un prolongement du travail commencé à la prise de vues, l'étalonnage est un puissant outil de finition, ces quelques pourcents qui permettent d'atteindre pleinement le rendu souhaité. À ce titre, l'étalonnage peut s'inscrire dans la stratégie d'exposition de l'opérateur comme outil connu offrant de nouvelles possibilités dont on peut tenir compte sur le plateau, et pour lesquelles on peut adapter l'exposition et la stratégie d'éclairage.

---

<sup>50</sup> MOST Madelyn, op. cit., p. 5. Traduction personnelle.

D'autres façons de travailler tendent cependant à renverser ce rapport entre prise de vues et post-production. L'étalonnage est vu non plus comme une étape de finition, d'achèvement des lignes directrices tenues depuis la prise de vues, mais comme l'étape de mise en œuvre des intentions esthétiques de rendu. Le rôle de la prise de vues est alors de fournir une image la plus riche et la plus neutre possible pour maximiser les possibilités offertes par la post-production.

On pourrait comparer cette stratégie à celle que nous avons mis en évidence à la fin de la partie I, celle du négatif numérique riche censé permettre la plus grande qualité de tirage (exposition pour les noirs, tirage pour les hautes lumières). Mais on a vu les limites des possibilités de l'étalonnage photochimique : même dans le cadre de cette stratégie d'exposition proche d'une certaine « protection » de l'information, le contraste de l'image devait être proche du résultat final dès la prise de vues. En cohérence avec la multiplication des possibilités de l'étalonnage, la vision qu'ont certains acteurs de l'image numérique de cette stratégie est plus radicale. Le fabricant RED, par exemple, à l'issue d'un article de formation sur les filtres *low-contrast*, conclut ainsi :

*« Le recours à des filtres low-contrast est un outil créatif utile pour modifier l'aspect et le rendu des images. Cependant, tout style spécifique devrait dans l'idéal être totalement contrôlable et non enregistré définitivement dans la caméra, comme lors du recours à une émulsion spécifique ou à une filtration au niveau du capteur. L'objectif ultime de toute caméra devrait être l'enregistrement d'images les plus propres et les plus fidèles possibles. Ensuite, en post-production ou à l'aide de filtres interchangeables, ces images peuvent être dégradées si un style spécifique est souhaité. Si l'on veut un rendu plus « cinématographique » avec des hautes lumières brillantes, cela peut être ajouté. De la même façon, si les ombres doivent être réhaussées, cela peut aussi être fait. Autrement, toute dégradation réalisée par la caméra elle-même serait irréversible. »*<sup>51</sup>

Il s'agit ici d'une stratégie d'exposition à part entière, qui renverse la logique de construction de l'image. Le moment clé de la décision, de l'inscription des choix esthétiques dans le support, est repoussé à une des dernières étapes de la chaîne. L'opérateur doit donc préserver l'information, la contraindre aux exigences du capteur. Cela ne le dispense pas d'un travail de lumière, mais oriente et limite son travail de pose.

Si cette stratégie d'exposition est applicable en théorie à tout flux numérique, elle est particulièrement adaptée aux flux peu destructifs que sont les flux raw. Certains fabricants, RED en tête, ont fait de ces flux le fer de lance de leur développement économique et technique et ont donc embrassé cette stratégie d'exposition. Tous les outils développés par RED s'inscrivent dans une logique d'extension de dynamique et de préservation de

---

<sup>51</sup> Source : RED.com, *Understanding Low-Contrast Filters*, version du 29/08/2013, disponible sur <http://www.red.com/learn/red-101/low-contrast-filters/> (consulté le 08/05/2014), traduction personnelle.

l'information, jusqu'à la technologie HDRx : l'extension à la prise de vues cinématographique d'une technique jusqu'ici réservée à la photographie, permettant de réaliser deux expositions d'une même scène pour obtenir davantage d'information dans les hautes lumières<sup>52</sup>. Deux poses d'un même plan, pour préserver quasiment toute l'image : application toujours plus avancée de cette nouvelle stratégie d'exposition.

Cette stratégie fait sens pour des segments de production où la logique décisionnaire est éloignée de celle de la fiction : publicité et clip en sont les principaux utilisateurs, puisqu'elle offre la possibilité de revenir sur l'essentiel des choix à l'issue de la prise de vues, et donc de proposer au client une visualisation très précise de rendus esthétiques (il ne s'agit évidemment plus de prévisualisation).

---

<sup>52</sup> Plus de détails sur <http://www.red.com/learn/red-101/hdrx-high-dynamic-range-video> (consulté le 08/05/2014).

## Conclusion

L'image de cinéma numérique n'est pas le produit d'une chaîne standardisée et maîtrisée. Plusieurs flux de traitement s'offrent à l'opérateur et à la production, tous des variations de deux chaînes de référence : le flux *raw* et le flux *device-oriented*.

Si la connaissance de ces chaînes n'est pas encore aussi approfondie que ne l'est celle de la chaîne historique argentique, l'opérateur a à sa disposition une offre de plus en plus vaste d'outils sur lesquels appuyer son travail d'exposition. Le temps du tournage permet difficilement d'avoir constamment recours à l'ensemble de ces outils, mais il est utile d'en connaître les spécificités et les complémentarités afin de pouvoir s'adapter aux différentes situations de lumière et d'exposition que l'on peut rencontrer.

Le recours à ces outils n'est pas sans conséquences sur la méthode de travail de l'opérateur. L'accès direct à l'image permet d'obtenir un retour immédiat sur les choix effectués et de limiter les accidents et mauvaises surprises à l'issue du tournage. Cela peut en revanche limiter les efforts de caractérisation du support, qui sont incontournables en prise de vues argentique. Cela entraîne également des glissements dans le processus de construction de l'image de cinéma, privant l'opérateur d'une partie de l'exclusivité de l'image et offrant à la post-production un rôle croissant dans l'établissement du rendu de l'image.

Est-il possible, dans ce cadre, d'essayer d'adopter une stratégie d'exposition s'affranchissant de la technicisation de l'image, qui semble pourtant devenir inévitable, en particulier en ayant recours à un support *raw* ?

Partie III

Un essai d'épuration du travail d'exposition  
en prise de vues numérique

Les évolutions induites par la prise de vues numérique ont des répercussions sur le métier de l'opérateur et son positionnement dans la fabrication de l'image d'un film. Ce métier est à la croisée de la technique et de l'artistique, et une évolution si importante des fondements techniques de l'image de cinéma influence nécessairement le positionnement de l'opérateur face à son support et au film qu'il doit servir.

On a vu qu'une des tendances fortes du passage à la prise de vues numérique est le recours croissant aux outils de contrôle et d'assistance, couplé à une maîtrise parfois moins rigoureuse de la chaîne de l'image. Cette prolifération d'outils n'est pas sans conséquences sur les conditions de production du film et de son image. Conséquences économiques, dans un premier temps : chacun de ces outils a un coût, et leur cumul augmente nécessairement le budget alloué à l'image. Conséquences sur le métier également : on a essayé de montrer qu'on avait tendance à ne pas travailler de la même façon dans un environnement tout numérique, où l'accès à l'image est simplifié en apparence et où les rythmes sont accélérés.

De ce fait, ces évolutions façonnent les dispositifs de tournage. Sous l'effet de la technicisation des procédés, le département image a tendance à prendre une place accrue sur les plateaux. Augmentation des retours vidéo, présence d'un troisième assistant, d'un DIT, d'une station de déchargement des rushes... Tout film ne peut se permettre d'allouer autant d'espace et de temps à la technique image. Il ne s'agit pas uniquement de contraintes économiques, bien qu'elles prennent une place importante au sein de l'industrie cinématographique. Les choix de mise en scène peuvent également induire un dispositif léger, resserré, qui ne se prête pas à la présence d'un grand nombre d'outils et de personnes pour en assurer le bon fonctionnement.

Le recours à ces outils est-il toujours la meilleure façon de servir l'image du film ? Existe-t-il une méthode de travail alternative, qui permette de mettre en œuvre des matériels traditionnellement associés à une infrastructure lourde dans des conditions nécessitant de la légèreté, de la souplesse ou de la réactivité ? La partie pratique de ce mémoire a été l'occasion d'expérimenter un tel travail, afin d'en tirer des conclusions tant sur le plan technique du travail d'exposition et de la maîtrise de la chaîne que sur le plan plus organique du rapport de l'opérateur à l'image, à la mise en scène et au film.



## Chapitre 1 – Présentation de l'expérience et du dispositif associé

L'objectif de cette partie pratique a été de prendre en charge l'image d'un court-métrage de fiction, de la préparation du film à sa projection (prise de vues, suivi de chaîne et étalonnage), en adaptant le travail de l'image et la chaîne à un dispositif léger.

### 1. Spécificités du court-métrage « La Zone »

*La Zone* est un court-métrage de cinéma immersif. Un tel film est voué à être diffusé dans des conditions particulières, différentes d'une expérience de salle standard. Les spectateurs sont situés plus près de l'écran, afin de percevoir l'image avec plus d'intensité et de s'affranchir au maximum des limites de l'image (le cadre).

Rapprocher le spectateur de l'écran n'est pas sans conséquences sur la qualité de l'image projetée. La plupart des procédés historiques de référence en cinéma immersif sont fondés sur des supports plus grands que le photogramme 35mm classique. Ceci a pour objectif d'améliorer la définition de l'image et de permettre ce rapprochement du spectateur sans dégradation perceptible de la qualité visuelle. Un des référents les plus qualitatifs, le procédé IMAX, utilise un support de très grande taille : une émulsion 65mm utilisée en défilement horizontal sur 15 perforations, soit une taille de photogramme de 70mmx48.5mm, contre 21.95mmx18.6mm en 35mm au format académique. Le gain en définition est conséquent, et a participé à l'association, dans notre culture visuelle, d'une très haute qualité d'image au cinéma immersif.

Cette première contrainte de définition se double d'une seconde concernant la qualité de reproduction des couleurs. Ici encore, le recours au support historique du cinéma immersif, le 65mm, nous fait associer au cinéma immersif une qualité spécifique dans la reproduction de couleurs particulièrement vives et saturées<sup>53</sup>.

*La Zone* est également la partie pratique de mémoire de son réalisateur, Gaultier Durhin. Dans ce cadre d'expérimentation, le film alterne des séquences dites « immersives » et des

---

<sup>53</sup> Certains films récents ont eu recours au support 65mm pour tout ou partie de leurs prises de vues, ce qui peut donner un point de référence intéressant quant à la spécificité des couleurs de ce support. On renvoie notamment à *The Master* (Paul Thomas ANDERSEN, 2012), filmé entièrement en 65mm. *The Dark Knight* et *The Dark Knight Rises* (Christopher NOLAN, resp. 2008 et 2012) mélangent quant à eux prises de vues IMAX et 35mm traditionnelles.

séquences perçues traditionnellement par le spectateur. Pour ce faire, le spectateur est installé devant un écran plus proche de lui qu'en salle standard (Figure 24 et Figure 25). Les séquences non-immersives lui sont projetées sur une surface réduite de l'écran (un quart de l'écran), de façon à ce que le rapport entre la distance à l'écran et les dimensions de l'image soit proche d'une expérience de salle classique. Lors du passage aux séquences immersives, l'intégralité de l'écran est utilisée. Cette spécificité nécessite une adaptation du processus de filmage. Dans ce cadre, le réalisateur a choisi d'assurer le cadre tout au long du tournage.

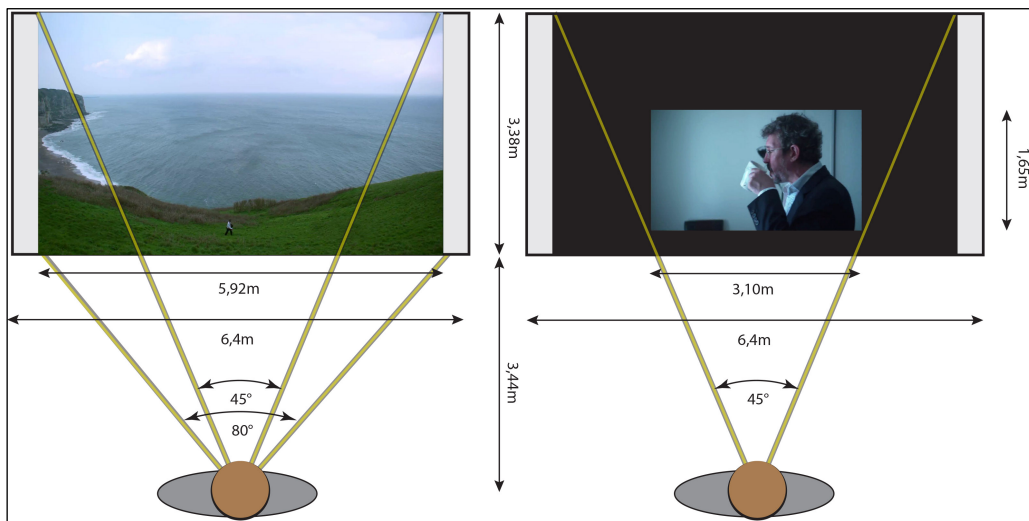


Figure 24 – Vue du haut du dispositif de projection du film "La Zone"

(à gauche, une séquence d'immersion ; à droite, une séquence standard)

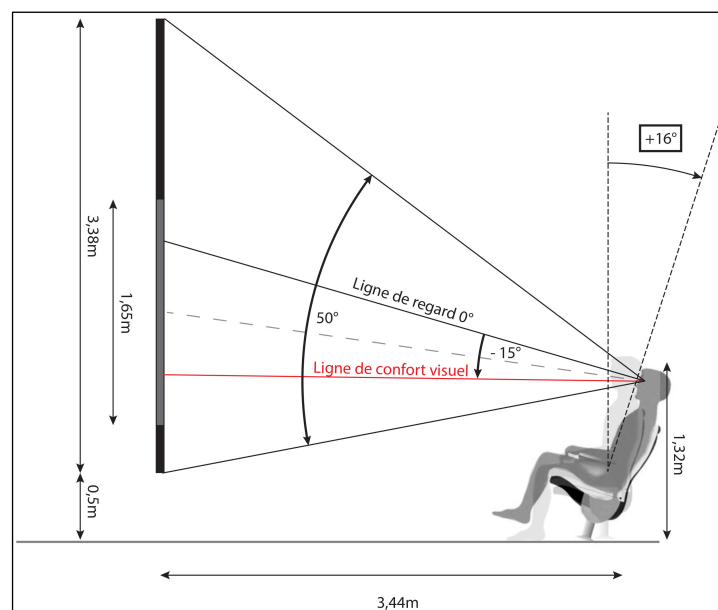


Figure 25 – Vue latérale du dispositif de projection du film "La Zone"<sup>54</sup>

<sup>54</sup> Schémas de Gaultier Durhin.

## 2. Choix d'image et contraintes associées

Traduites en des termes plus techniques, les trois contraintes majeures de ce film sont les suivantes : haute définition de l'image, excellente qualité de restitution des couleurs et possibilité de changer de format d'image (immersif/non immersif).

Les deux premières contraintes ont orienté fortement le choix du support du court-métrage. La nécessité de haute définition nous a incité à choisir un format d'image 4K. Dès lors, le choix s'est restreint aux caméras Sony F65 et F55/F5, d'une part, et aux caméras RED Epic, Scarlet et One d'autre part. Les qualités de reproduction de couleur associées à la Sony F65 nous ont convaincu de choisir ce support pour réaliser le court-métrage.

S'est alors posée la question du double format. Nous avons choisi d'exploiter les plans non-immersifs en 2K, qui correspond au standard de projection vécu dans la majorité des salles à l'heure actuelle. Il a donc fallu intégrer ce choix d'exploiter à la fois des images 4K et 2K dans la chaîne. La copie finale de référence est donc une copie DCP 4K dans laquelle les images non-immersives sont intégrées sans gonflage, n'occupant qu'un quart des dimensions totales. Une copie DCP 2K a également été exploitée pour les salles ne permettant pas de projection 4K, dont notre salle de référence au sein de l'ENS Louis-Lumière.

La F65 s'est avérée être un bon choix pour que l'image du film soit la plus proche possible des besoins et envies définies en préparation. En revanche, les contraintes que ce choix a engendrées semblaient imposer une technique lourde pour délivrer au mieux le rendu attendu, et ce dès le plateau. Cette caméra est en effet fondée sur un flux raw<sup>55</sup>, avec les caractéristiques que l'on a pu voir précédemment. Le flux de données est très volumineux (1 To par heure de rush) et engendre des temps de déchargement et de sauvegarde conséquents. Le développement doit être assuré en post-production, et exige des ressources informatiques importantes et un temps incompressible. Pour bénéficier d'un retour plateau de qualité suffisante pour servir de référence à l'opérateur, il est difficile de se passer de la présence d'un DIT.

Les contraintes liées à la quantité de données ont été minimisées en traitant l'espace disque comme une ressource limitée, et donc en s'astreignant à une durée de rushes fixe, fondée sur un compromis entre le minutage du film et les espaces disponibles aux différentes étapes de la post-production. En cas de dépassement (qui a effectivement eu lieu), seules les prises cerclées<sup>56</sup> ont été développées et conservées à l'issue du montage. Cette contrainte imposée a permis de limiter le volume de données enregistré par jour, de se dispenser d'une

---

<sup>55</sup> Elle permet également un flux *device-oriented* limité à la HD qui n'était pas compatible avec les exigences du film.

<sup>56</sup> Au tournage, les scriptes cerclent le numéro des prises qui ont été considérées comme bonnes dans leurs différents rapports.

station de déchargement sur plateau (que les décors et les contraintes de taille d'équipe rendaient inenvisageable) et d'optimiser le temps disponible en post-production.

L'absence d'une image de référence sur le plateau a été décidée pour favoriser un travail d'exposition fondé sur la caractérisation de la caméra et le travail à la cellule. Seul le réalisateur, qui a cadré tout le film, a eu accès au seul moniteur présent sur le plateau, le moniteur de visée de la F65. Tous les autres techniciens ont travaillé « à l'œil » : chef opérateur, preneur de son et chef machiniste en particulier ont eu à faire l'effort d'imaginer le cadre. Le dispositif de filmage rendait la caméra assez mobile, par le recours fréquent à un bras de grue permettant de travailler sur trois axes avec un débattement de 2,5 mètres environ. L'effort de visualisation du cadre n'en était que plus exigeant.

Nous avons choisi de visionner les images à l'issue de chaque journée de tournage, sur une station de déchargement des rushes qui permettait également le développement des prises dans un format de basse qualité utilisé par la suite comme proxies de montage.

### 3. Cahier des charges de la chaîne

Plusieurs contraintes sont entrées en ligne de compte dans le choix de la chaîne à suivre pour l'image du film. Issues de notre environnement de travail ou de recommandations faites par différents intervenants, elles ont permis de limiter les choix, mais ont parfois été des obstacles à la bonne réalisation de l'expérience.

Nous avons décidé, en amont de tout essai, de démosaïquer les rushes à l'aide du logiciel développé par Sony, *Sony Raw Viewer*. Si nous en avons eu le temps et les moyens matériels (plus de temps avec le matériel à disposition), nous aurions effectué un comparatif de développement par d'autres logiciels disponibles au sein de l'école (Da Vinci Resolve et Rain de Marquise Technologies). Ne pouvant nous en charger nous-mêmes, nous nous sommes fiés aux conseils reçus, en particulier ceux d'Olivier Garcia (DIT chez HD Systems, spécialisés dans le traitement des rushes Sony raw) et de Jean Coulsi (étalonneur et co-directeur de ce mémoire).

Nous nous sommes également imposés d'étalonner et de finaliser le film via la solution disponible au sein de l'ENS Louis-Lumière, le *Rain* de Marquise Technologies. Le logiciel évoluant rapidement à l'époque de la production et de la post-production du film, ce choix a généré quelques difficultés et contraint certaines décisions de chaîne, mais il nous a permis de bénéficier d'un étalonnage dans une salle connue et cohérente avec la projection de l'école (notre projection de référence).

## Chapitre 2 – Caractérisation du support et de la chaîne

### 1. Caractérisation de la caméra

#### a. Courbe sensitométrique

L'objectif de la caractérisation sensitométrique de la caméra, en numérique comme en argentique, est de déterminer la réaction du support de prise de vues en fonction de son exposition. Il s'agit donc d'exposer le support à différentes quantités de lumière, puis de déterminer la réponse enregistrée par le support ; dans notre cas, une valeur numérique obtenue après traitement des images.

Pour ce faire, il est nécessaire de connaître la chaîne suivie avant d'exploiter les résultats. En effet, l'application d'une courbe de réponse entraîne par définition une réponse différente de la caméra. De la même façon, le choix d'un indice d'exposition au sein de la caméra fait varier la réponse en affectant différemment les niveaux d'exposition du capteur.

Dans le cadre du flux raw de la F65, ces paramètres peuvent être fixés ultérieurement. L'image enregistrée par la caméra n'est modifiée définitivement par aucun des paramètres de la caméra à la prise de vues. Tous sont enregistrés en tant que métadonnées, ce qui nous a permis de réaliser les impressions sensitométriques avant de déterminer définitivement la chaîne à suivre.

Pour réaliser les impressions, nous avons eu recours à une sphère d'intégration qui permet d'obtenir une luminance homogène et connue, à une température de couleur stable et également connue. Une gamme de densités est éclairée par transparence, et la lumière modulée par la gamme de densités impressionne le capteur de la caméra. Les densités de la gamme sont mesurées au densitomètre.

La gamme de densités à notre disposition contient 21 plages, chacune correspondant à un écart d'un demi-diaphragme. La plage couverte par la gamme, 10 diaphragmes  $\frac{1}{2}$ , n'est pas suffisante pour couvrir la dynamique du capteur. Il a donc fallu réaliser une série d'impressions pour garantir la couverture complète de la dynamique du capteur. Pour ce faire, on a cherché une exposition telle que les plages les moins denses de la gamme dépassent clairement l'écrêtage, en utilisant la fonction « High Key/Low Key » de la caméra. Cette fonction permet d'afficher respectivement les valeurs hautes et basses de l'image capturée, en s'affranchissant de la limitation due au développement d'une image dans un espace de travail restreint. Cette opération correspond en fait respectivement à un sous-développement et à un surdéveloppement. On a donc pu s'assurer, grâce à cette

fonctionnalité, que les plages claires de la gamme dépassaient bien les capacités du capteur. On a réalisé une première impression avec cette exposition, puis on a réalisé une série d'expositions en sous-exposant de deux diaphragmes à chaque exposition, jusqu'à ne plus percevoir de détails sur la majeure partie de la gamme, en utilisant la fonctionnalité « Low Key ».

Les impressions ont ensuite été développées dans Sony Raw Viewer, logiciel de développement de référence dans le cadre de notre expérience, dans différents espaces de travail, à fin de comparer les résultats :

- *Linear/ACES*, en encodage 16bit : le choix d'une réponse linéaire sur la quantification la plus élevée permet ici de bénéficier d'un résultat le plus proche possible de la réponse non traitée du capteur ;
- *SLog3/SGamut3* sur 10bit, pour évaluer la qualité de compression de la réponse logarithmique qui a été utilisée ensuite en tournage ;
- *SLog2/SGamut* sur 10bit, pour comparer les deux courbes log proposées par Sony ;
- *Rec709(800%)* sur 10bit, une LUT<sup>57</sup> développée par Sony qui transpose une grande dynamique (800% du signal de base du Rec709) dans une image visuellement satisfaisante pour un spectateur ; cette LUT a ensuite été utilisée pour générer les proxies de montage ;
- *Rec709* sur 10bit, plus contrastée que la précédente, sacrifiant beaucoup de dynamique.

Dans le cadre de cet essai, le gamut choisi a une importance négligeable. La courbe sensitométrique caractérise la réponse, donc le choix de gradation dans le développement était le paramètre crucial de ces essais.

Un aperçu des images développées et de la courbe correspondant à la gradation choisie sont disponibles en annexe (Aperçu des rendus de différentes gradations tonales, p. 104).

Ces images, sorties en DPX, ont ensuite été converties en TIFF pour pouvoir être analysées dans un script MatLab<sup>58</sup>. Ce script met en corrélation l'exposition du capteur et les valeurs numériques de codage correspondantes.

Le résultat de ces analyses est une série de courbes représentant la gradation tonale de la caméra en fonction du développement utilisé (Figure 26). Ce graphique a été dressé en mettant en relation la valeur de codage relative de l'image (de 0 à 1) avec le logarithme de

---

<sup>57</sup> *Look Up Table*, matrice de conversion d'espace de travail. Dans les faits, les LUT sont également utilisées comme support de *look*, c'est-à-dire de modification de rendu d'une image au sein d'un même espace de travail, ou combinent conversion d'espace et application de *look*.

<sup>58</sup> Logiciel de traitement de calculs.

l'exposition ayant engendré cette réponse codée. Nous avons choisi cette représentation logarithmique pour deux raisons. D'une part, elle permet à l'opérateur de retrouver des référents d'exposition connus, notamment la lecture en diaphragmes, un diaph correspondant à un écart de 0,3 en logH. D'autre part, cette représentation permet une comparaison avec des courbes sensitométriques de supports argentiques.

Cette représentation ne permet en revanche pas d'observer le caractère linéaire de la réponse du même nom, puisque cette linéarité est fonction de l'exposition et non de son logarithme.

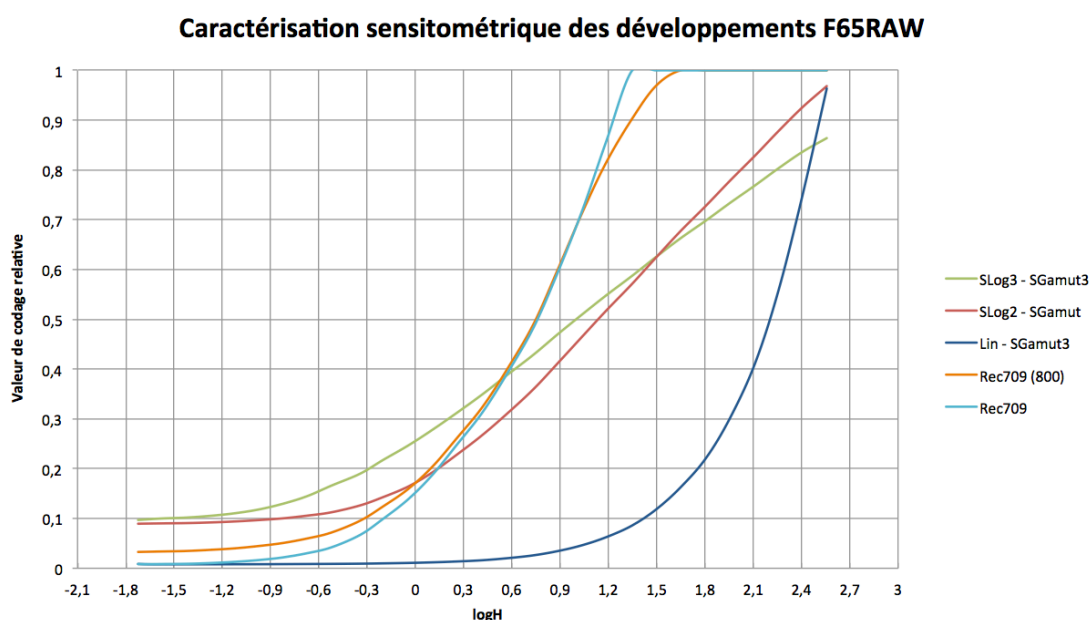


Figure 26 – Courbes sensitométriques obtenues après caractérisation de la Sony F65

On constate dans ces résultats que nos essais ont permis de couvrir quasiment l'intégralité de la réponse utile de la caméra. Toutes les courbes atteignent, dans les basses lumières, un état plat qui correspond à une réaction non modulée (l'équivalent de la densité minimale du support argentique), donc non exploitable pour conserver l'information. Dans les hautes lumières, certaines courbes n'atteignent pas la valeur maximale de la plage de codage. Ceci n'est pas nécessairement dû à un manque d'informations dans les rushes, mais peut également être le résultat d'un seuil de valeurs situé en-dessous de la valeur maximale de codage, afin de préserver une marge de calcul.

On constate que les courbes destinées à conserver un maximum d'information ont une épaule peu marquée ou inexistante. La réponse linéaire n'en comporte pas (par définition), le SLog3 amorce une inflexion dans les très hautes lumières, plus marquée par le SLog2. Des deux courbes destinées à produire une image plaisante, l'une ne comporte pas d'épaule

(Rec709), ce qui entraîne un traitement brutal des hautes lumières. La seconde ménage une épaulement, ce qui lui permet d'encaisser une dynamique plus grande (Rec709(800%)).

On peut mesurer la dynamique conservée par ces rushes développés. Pour la courbe SLog3, la première modulation a lieu aux environs de  $-1,2 \log H$ , et l'écrêtage se manifeste au-delà de  $2,55 \log H$ . La plage correspondante est donc de  $3,75 \log H$ , qui correspond à 12 diaphs  $\frac{1}{2}$ . Pour les courbes destinées à produire une image plaisante, en revanche, la dynamique conservée est de 11 diaphs  $\frac{1}{3}$  pour le Rec709(800%), et de 8 diaphs  $\frac{2}{3}$  pour la réponse Rec709 la plus dure.

#### b. Essais « de keylight »

Cette caractérisation ne peut remplacer les essais sur des sujets proches de ce que l'on aura à filmer. Le temps nous a manqué, mais il nous a été possible d'effectuer un plan d'extérieur jour, avec un sujet dans le cadre, afin d'avoir un aperçu du rendu de l'image à différentes expositions. Une grande partie du film se passe en extérieur jour, ce plan a donc été une bonne aide pour illustrer les résultats obtenus par la caractérisation.

Au-delà de la simple observation des développements droits de ce plan, c'est-à-dire sans compensation de l'exposition par le développement, il a également été possible de les développer en compensant les sous- et surexpositions, afin d'avoir un aperçu des marges du support, dans les basses comme dans les hautes lumières.

Pour bénéficier de résultats optimaux, il aurait fallu pouvoir visualiser ces essais en salle de projection. Ceci n'a pu avoir lieu dans le temps imparti, mais la visualisation des images sur le moniteur de référence qui a servi à la projection des rushes, chaque soir, a permis de tirer parti de ces essais dans nos choix d'exposition.

Un aperçu de ces essais est disponible en annexe (Aperçu des essais de keylight, p. 107). On peut y pressentir, malgré les grandes différences entre un tirage papier et la visualisation d'une séquence animée, les principales conclusions tirées de ces essais.

D'une part, la dynamique de la caméra offre, pour des scènes d'extérieur jour, une grande latitude de travail dans l'exposition. Les cinq expositions réalisées dans le cadre de cet essai ne présentent pas de différences majeures de contraste dans les zones extrêmes de l'image, les nuages blancs et le ciel bleu d'une part, les montants sombres des fenêtres et les reflets dans les mêmes fenêtres d'autre part.

La montée de bruit numérique se fait sentir à partir de deux diaphragmes de sous-exposition. Il faut noter que ce phénomène de bruit est plus perceptible sur une image fixe que sur une séquence animée, car le mouvement rend généralement le bruit moins



perceptible. À la vision sur une image animée, ce bruit, sur une image *high-key* comme celle réalisée pour l'essai, est encore acceptable. Il devient très présent à -3.

La surexposition de l'image, compensée au développement, permet théoriquement d'obtenir une image plus propre, moins bruitée, d'aspect plus lisse. Dans notre cas, l'exposition au keylight permet déjà d'obtenir une image très propre, et un quelconque gain théorique est difficilement observable sur l'image surexposée d'un diaphragme.

Enfin, les essais non compensés permettent d'observer la tenue des détails d'un visage, même dans de fortes sous-expositions. En effet, sur le plan sous-exposé de 3 diaphragmes, la face la plus sombre du visage est placée un diaphragme sous le keylight, ce qui donne une sous-exposition de 4 diaphragmes. Des détails sont pourtant clairement identifiables. Ces résultats ont fondé notre choix d'exposer la séquence de nuit du film, dans la grotte, à l'aide d'un simple feu de bois.

Ces essais de keylight sont incomplets. Pour améliorer leur intérêt et la maîtrise de la caméra qu'ils permettent, il aurait fallu les exécuter dans d'autres ambiances lumineuses que l'on retrouve dans le film, et notamment en nuit. Ceci aurait notamment permis de juger les limites de tolérance de montée de bruit, que l'on perçoit beaucoup plus sur des images *low-key*, où les références de hautes lumières prennent peu de place à l'image. N'ayant pas eu le temps de ces essais, nous avons dû tourner les plans de nuit à l'aide des quelques informations fournies par la courbe sensitométrique et par l'expérience retirée des essais de keylight et des premiers plans tournés.

## 2. Choix et suivi des espaces de travail de la chaîne

La définition de la chaîne s'est faite autour de deux données connues dès le commencement : l'espace d'entrée et l'espace de sortie. L'espace d'entrée est l'espace de travail de la caméra : un espace à la gradation linéaire et aux couleurs caractérisées par les primaires caméra. L'espace de sortie de référence est celui de la copie DCP, normalisée dans l'espace DCI P3.

En remontant dans la chaîne, apparaît l'étape d'étalonnage et de rendus. Cette étape devait nécessairement être menée au sein de l'école, via la solution d'étalonnage Rain. Le moniteur de référence utilisé pour l'étalonnage, un Cinémage dont la dalle d'origine 8bit a été remplacé par une dalle Cinétal 10bit, a été mesuré et calibré récemment. En l'état, il permet de travailler correctement dans l'espace Rec709, mais n'atteint pas les critères de l'espace DCI. Le transfert classique du Rec709 vers le DCI de projection étant globalement bien

maîtrisé par la solution Rain et s'avérant dans notre cas cohérent avec la projection de l'école, nous avons opté pour un étalonnage dans l'espace Rec709.

Une fois ces conditions fixées, restait à déterminer dans quel espace les rushes allaient arriver à l'étalonnage. En effet, la solution la plus évidente consistait à développer les rushes directement dans l'espace Rec709. Cependant, cette solution entraîne une perte forte d'informations de l'image, puisque l'espace Rec709 est accompagné d'une courbe très contrastée, qui permet la reproduction d'images flatteuses, plaisantes, et non la conservation d'une vaste plage d'informations lumineuses.

Il semblait donc intéressant de profiter de la capacité étendue de restitution de réponses logarithmiques mises à disposition par Sony Raw Viewer au développement : le Slog2 et le SLog3. Un développement linéaire a été rapidement exclu, car nous ne pouvions nous permettre de développer des rushes dans une quantification supérieure à 10bits. Or, la perte d'informations d'un signal linéaire du 16bit au 10bit est très forte, et n'aurait pas été le choix optimal pour préserver les informations jusqu'à l'étalonnage.

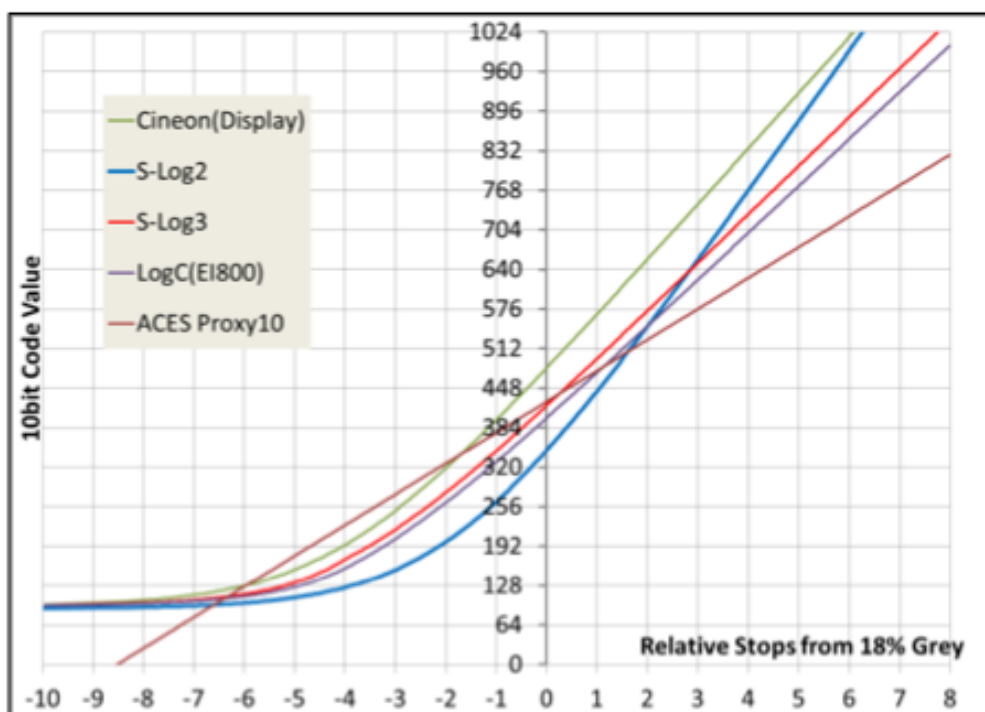


Figure 27 – Comparatif de courbes logarithmiques<sup>59</sup>

<sup>59</sup> Source : ibid.

Le choix de courbe de gradation à utiliser au développement s'est donc porté sur le SLog3. Cette courbe est décrite par Sony comme une alternative au Slog2 « *plus proche d'un encodage logarithmique pur* », destinée à faciliter l'intégration aux chaînes traditionnelles logarithmiques<sup>60</sup>. On constate effectivement (Figure 27) que le SLog3 est très proche du LogC, et donc de l'approche dérivée du Cineon de Kodak, que nous évoquions plus tôt.

L'intérêt principal de cette courbe, dans notre cas, était de réussir à conserver le maximum d'informations, malgré un support intermédiaire moins riche que le raw (10bit contre 16bit).

Sony propose d'associer ce SLog3 à deux espaces de couleur : le SGamut3 et le SGamut3.cine. Malgré leur nom proche, ces deux gamuts sont peu semblables (Figure 28). Le premier est très proche de l'espace des primaires caméra. Il a pour objectif de conserver le maximum d'informations colorées, et est donc recommandé à des fins d'archivage ou dans des chaînes spécifiques. Le SGamut3.cine est destiné à être exploitable plus facilement dans des chaînes cinéma classiques. Il est beaucoup plus proche du DCI P3, bien que plus riche.

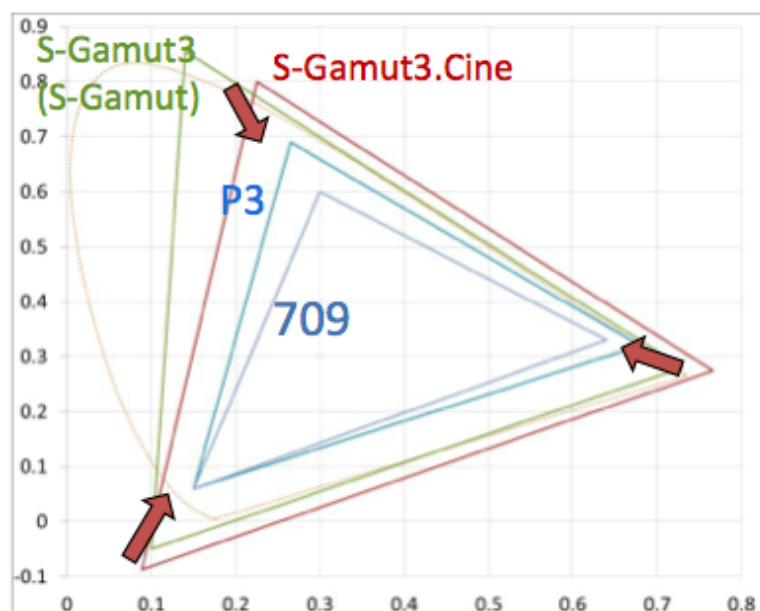


Figure 28 – Représentation de gamuts disponibles dans Sony Raw Viewer<sup>61</sup>  
(en jaune, le locus spectrum, ensemble des couleurs visibles par l'œil humain)

<sup>60</sup> SONY Corporation, *Technical Summary for S-Gamut3.Cine/S-Log3 and S-Gamut3/S-Log3*, 2014, disponible sur [http://community.sony.com/sony/attachments/sony/large-sensor-camera-F5-F55/12359/2/TechnicalSummary\\_for\\_S-Gamut3Cine\\_S-Gamut3\\_S-Log3\\_V1\\_00.pdf](http://community.sony.com/sony/attachments/sony/large-sensor-camera-F5-F55/12359/2/TechnicalSummary_for_S-Gamut3Cine_S-Gamut3_S-Log3_V1_00.pdf) (consulté le 01/05/2014), p. 3.

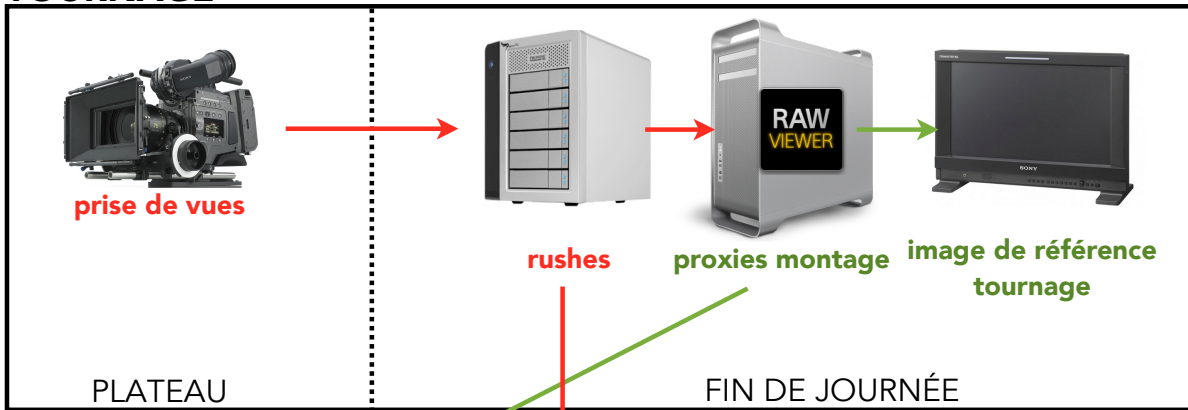
<sup>61</sup> Source : ibid.

Les LUT disponibles à l'heure actuelle au sein des solutions d'étalonnage à notre disposition ne couvrent que le SGamut3.cine. Après des essais comparatifs de rushes développés en SGamut3, SGamut3.cine et directement en gamut Rec709 (les trois rushes ayant tous été développés en SLog3 pour la gradation), notre choix s'est porté sur un développement des rushes en SLog3/SGamut3.cine. Ceci nous a semblé le meilleur compromis entre la nécessité de mener notre chaîne en DPX 10bit (qui limite la quantité d'informations conservable dans l'image) et la volonté de maximiser la qualité des couleurs issues des rushes raw.

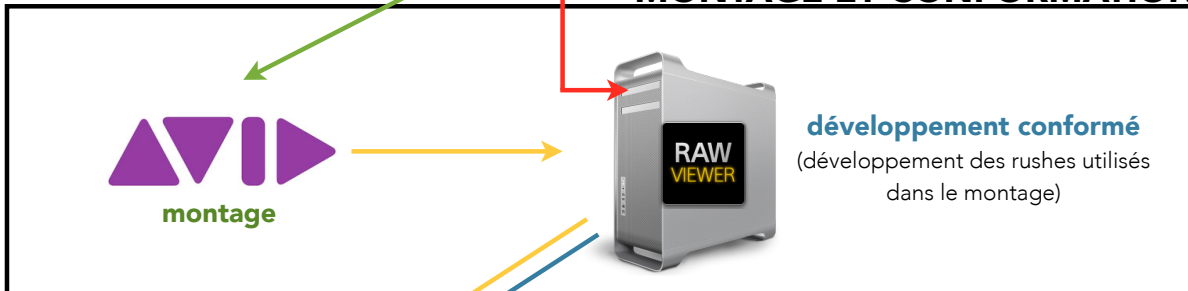
Les proxies de montage ont quant à eux été développés en Rec709, à l'aide de la LUT *Rec709(800%)* qui permet de préserver une dynamique améliorée dans du Rec709. L'image obtenue est satisfaisante visuellement.

La chaîne finale suivie est résumée dans un diagramme précisant les espaces de travail à chaque étape et pour chaque transfert (Figure 29).

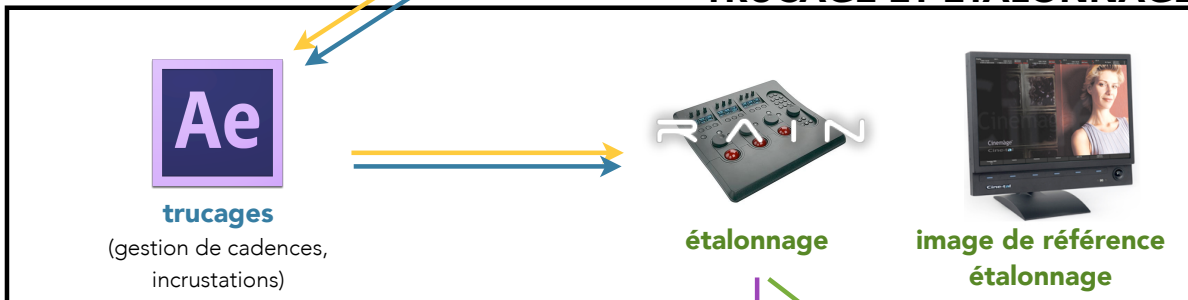
## TOURNAGE



## MONTAGE ET CONFORMATION



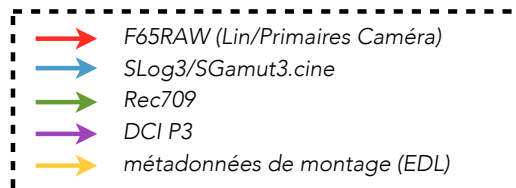
## TRUCAGE ET ÉTALONNAGE



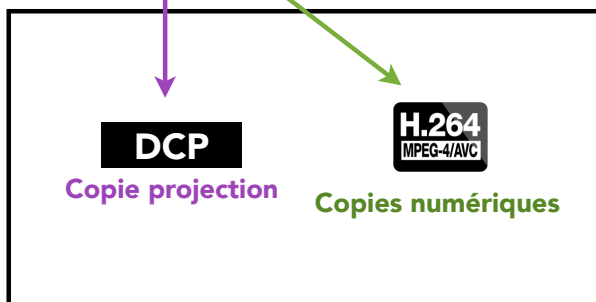
## SUIVI DE CHAÎNE DE POST-PRODUCTION

### IMAGE

prod. : ENSLL  
film : LA ZONE



La couleur des libellés/des flèches indiquent l'espace de travail dans lequel les processus/les transferts ont été réalisés.



## RENDUS ET DIFFUSION

Figure 29 – diagramme de la chaîne suivie pour La Zone

Tant en termes d'espace de couleur que de gradation, nous avons choisi de ne pas développer les rushes directement dans l'espace d'étalonnage, alors même que cet espace est dans notre cas très contraignant (Rec709). Quel intérêt y a-t-il à sortir de conformation dans un espace SLog3/SGamut3.cine si c'est pour, dès l'entrée dans l'étape suivante qu'est l'étalonnage, appliquer une LUT de conversion vers l'espace Rec709, LUT également disponible au sein du logiciel de développement de rushes ?

Nous avons fait ce choix pour pouvoir, en cas de résultats non probants avec la LUT sur certains plans, bénéficier d'une latitude dans l'exposition et les couleurs que nous n'aurions pas eu en développant directement en Rec709. À plusieurs reprises, sur des plans très contrastés et saturés, nous avons ainsi privilégié une seconde LUT, proche de la première (conversion du SLog3/SGamut3.cine vers le Rec709) mais plus douce, moins contrastée dans ses rendus. Ceci n'aurait pas été possible si les images avaient été contraintes dans l'espace Rec709 avant leur arrivée dans l'espace d'étalonnage.

D'autre part, pour les quelques plans truqués, bénéficier de rushes d'une latitude plus grande que l'espace final permet de limiter l'apparition d'artefacts ou d'aberrations de traitement.

### 3. Bilan et conclusions sur la chaîne suivie

Après plusieurs évolutions, la chaîne à laquelle nous nous sommes conformés semble permettre l'utilisation optimale des capacités de la caméra utilisée dans une post-production contrainte en capacités de reproduction et en ressources informatiques. Nous avons optimisé le développement et bénéficié d'un démosaïcage de qualité en restant dans l'univers Sony, puis nous avons assuré la meilleure reproduction des couleurs dans l'espace restreint d'étalonnage auquel nous étions contraints, le Rec709.

La chaîne a pu être définie dans ses grandes lignes en amont du tournage grâce à l'exploitation de la documentation fournie par le fabricant et à l'utilisation d'un rush récupéré par l'intermédiaire d'un loueur. De la sorte, nous avons pu définir avant le tournage le chemin de l'image. Nos choix en termes de support (développement en DPX 10bit pour l'étalonnage) et de gradation se sont révélés justes.

La question des espaces couleur a été beaucoup plus délicate. Ne pas avoir effectué nous-mêmes les rushes ayant servi à tester la chaîne nous a empêché d'avoir une référence visuelle du sujet filmé. Or, on l'a pressenti au cours de ce travail, l'identification des espaces

de couleur à la perception n'est pas un exercice évident. Cela nous a induit en erreur sur le choix d'espace de couleur, erreur qui a imposé de redévelopper les rushes dans le bon espace de couleur, puis de repasser en trucage et en conformation avant de corriger l'étalonnage, qui avait été effectué avant de prendre conscience du mauvais choix.

Nous avons certes repéré des comportements étonnants de l'image dans l'espace d'étalonnage : peaux parfois très rouges, aberrations chromatiques très visibles dans la frange rouge également. Il nous a fallu cependant l'œil et l'expérience d'un étalonneur confirmé pour affirmer que ces défauts étaient issus de la post-production et non de la prise de vues. Après un pistage de la chaîne suivie, l'erreur a pu être identifiée et corrigée.

Malgré le fait que cette erreur n'ait eu aucune conséquence sur la qualité des rushes, et qu'elle était donc complètement réversible, elle a entraîné une perte de temps qui aurait été difficilement compatible avec des exigences de production. Dans notre cadre d'expérimentation, ce genre d'erreurs n'est pas critique. Du fait du planning d'expérimentation du réalisateur, il nous a fallu sortir une copie DCP non corrigée, donc aberrante dans les rouges, afin que son travail puisse avancer pendant la correction de ce souci.

Cet incident dans l'élaboration de la chaîne met enfin en avant l'importance de la mémoire visuelle pour garantir la cohérence de la chaîne. Tout au long du tournage, nous nous sommes fixés, plus ou moins consciemment, des références visuelles des décors et de l'image que nous souhaitions obtenir. Ces références nous ont permis de retrouver nos intentions en étalonnage, mais elles ont également contribué à nous piéger car elles ont été mal choisies. En effet, comme nous avons évolué dans des décors majoritairement bleu (le ciel et la mer) et vert (la végétation), nos références comportaient très peu de rouges. Nous avons donc été amenés à valider une chaîne qui reproduisait fidèlement les bleus et les verts, mais était aberrante dans les rouges. Du fait de notre mémoire visuelle incomplète, nous n'avons pas su détecter ces aberrations avant l'étalonnage.

## Chapitre 3 – Dispositif de tournage et stratégie d'exposition adaptée

### 1. Un dispositif cohérent avec les choix de mise en scène

Le dispositif de tournage choisi a été très adapté aux conditions, tant pour des raisons économiques que d'organisation.

Les lieux principaux de tournage étaient des lieux difficiles d'accès. Les falaises à proximité d'Étretat étaient accessibles uniquement à pied et n'offraient aucune source électrique autre que nos batteries. Les contraintes économiques nous contraignaient à limiter drastiquement la taille de l'équipe, aussi devons-nous restreindre le matériel à transporter. Pour ces deux raisons, se priver de retour image et de déchargement sur le plateau ont été des choix très pertinents. Cela n'a limité aucunement la mise en scène, car nous disposions toujours de deux cartes en début de journée, soit 1 heure de rushes, qui correspond à la limite que nous nous étions fixés pour tout le tournage.

La mise en scène a su s'approprier ce dispositif, en favorisant les mises en place en début de séquence et en effectuant des répétitions précises si nécessaire. Le choix du réalisateur d'assurer le cadre a facilité la prise de décisions et la fluidité du tournage. Il aurait été intéressant de mener au bout l'expérience de dispositif, par la présence d'un cadreur, véritable intermédiaire entre le réalisateur et l'image.

Cependant, le sujet rendait le double poste du réalisateur très pertinent. Les conditions d'immersion à la projection orientent en effet fortement le découpage et les choix de cadre d'un tel film. Cadrer le film a permis au réalisateur d'apprécier à la fois le jeu et la présence physique de son comédien, tout en tenant un parti pris de cadre spécifique, laissant davantage d'air et concentrant les informations pertinentes au centre de l'image en en délaissant les côtés. L'image immersive n'est en effet pas faite pour être analysée et balayée dans son intégralité : l'œil du spectateur se concentre sur une portion centrée horizontalement et légèrement plus basse que la moyenne verticalement. Le reste de l'image nourrit la vision périphérique, augmentant la sensation de vie de l'image, mais doit contenir le moins possible d'éléments cruciaux de lecture du film, afin de ne pas décentrer le regard du spectateur et le faire sortir de l'image.

Le choix du matériel caméra était également orienté vers la légèreté requise pour le film. Nous disposions d'une seule optique, un zoom Angénieux 16-42mm, suffisamment compact et léger pour ne pas rendre la caméra encombrante. Aucun moniteur ni aucun accessoire autre que le strict minimum ne s'ajoutaient à la configuration. La caméra pouvait donc être



montée et transportée par une seule personne, tandis que la machinerie était entre les mains de deux techniciens.

Ceci a permis une grande flexibilité et une mobilité très appréciable tout au long du tournage, car la richesse des décors et l'absence de découpage précis avant chaque début de journée nous incitaient à explorer les lieux de tournage.

## 2. Incidences du dispositif sur le travail de l'image

Malgré le temps limité des essais caméra, plusieurs facteurs ont contribué à un travail assez serein. Le plan de travail nous a fait commencer par des plans en extérieur jour, moins compliqués à éclairer et exposer que des intérieurs ou des nuits. La visualisation de rushes quotidienne, en fin de journée, avec le réalisateur, a permis de prendre nos marques avec la caméra et de confirmer les intuitions des essais. Le recours fréquent à la cellule et au spotmètre nous a permis d'acquérir des références d'exposition et des réflexes de travail appréciables, malgré la contrainte de la gestion des filtres neutres. Nous avons en effet choisi d'exploiter la caméra à son Indice d'Exposition de référence, IE800. Pour l'essentiel des séquences, tournées en extérieur jour, il nous a donc fallu tirer parti à la fois de filtres neutres classiques et des filtres neutres internes. Ces derniers nous ont d'ailleurs permis une grande capacité d'adaptation aux variations de luminosité entre chaque prise, afin de conserver une ouverture constante affichée sur l'optique.

Le travail sans image de référence nous a incités à privilégier la continuité d'exposition. Nous avons établi une stratégie, à la fois fondée sur les essais et sur nos expériences précédentes, et nous en avons dévié uniquement lorsque les conditions le rendaient nécessaire, et pas pour tirer la plus belle image de chaque plan. Ainsi, dans tous les extérieurs jour soleil, nous avons choisi de placer la face éclairée du visage à +1 par rapport au keylight. Ce n'est pas un choix extrêmement original, mais en l'absence d'image plateau, c'était une référence dont nous connaissions le rendu et l'efficacité, et qui nous a fixé un cap. Le travail en étalonnage, sur ces séquences façonnées autour d'une stratégie d'exposition, s'en est trouvé grandement facilité.

L'absence de moniteur a été vécue dans un premier temps comme une grande liberté. Les rares consultations du moniteur de visée ont été faits en SLog3/SGamut afin de ne pas influencer le regard par la vision d'un Rec709 à l'époque mal connu, et surtout pour utiliser le mode « High Key/Low Key », pour certains plans où la présence de forts reflets spéculaires (sur la mer en particulier) nécessitait de contrôler l'écrêtage des hautes lumières. Se contraindre à visionner une image en SLog3 nous a permis de limiter le risque de croyance

en l'image, qui peut vite prendre le dessus lorsque l'image de visualisation est flatteuse, comme en Rec709 (contraste plaisant car assez fort, couleurs vives).

L'image était en revanche affichée en Rec709 pour le cadreur, afin de faciliter sa perception du cadre. À quelques occasions, dans des situations de basses lumières, il a toutefois fallu lui proposer une image plus douce (SLog2 ou SLog3), car le fort contraste du Rec709 enterrait trop d'informations dans le moniteur, ce qui compliquait le travail du cadre.

Dans les deux cas, ce dispositif a généré quelques situations compliquées à gérer dans la relation réalisateur-opérateur. Le réalisateur étant le seul à voir une image, qui plus est une image en apparence fidèle et satisfaisante, il a à certaines occasions pu donner son avis assez précis sur le rendu de l'image. Cela a souvent permis de corriger pour s'approcher davantage d'une image satisfaisante, mais a nécessité parfois de rappeler que l'image visualisée n'était pas l'image définitive, mais le résultat d'un choix d'exposition qui nécessitait un traitement spécifique pour être perçu correctement.

C'est ainsi que le recours au moniteur a été la source de la plus grande inquiétude d'exposition du film, inquiétude qui s'est avérée injustifiée. Pendant le tournage de la séquence de nuit, où le personnage est installé dans une grotte autour d'un feu, nous avons choisi de ne travailler qu'avec ce feu. Les niveaux étaient tellement bas que l'écran n'offrait quasiment aucune image visible pour le cadreur, quel que soit l'espace de travail choisi pour l'image. La cellule et les essais de keylight donnaient pourtant raison à l'exposition choisie, mais la consultation de cette image de cadre extrêmement sombre a eu raison de notre raisonnement et a causé une grande inquiétude. N'ayant plus d'autre option si tard dans le tournage, nous avons dû garder le plan en l'état, nous résolvant à voir en post-production ce qu'il en était. Le visionnage des rushes, le soir-même, ne nous a pas grandement rassuré, car les possibilités d'étalonnage de la station étaient limitées et le négatif numérique semblait en effet très pauvre. Mais le passage en étalonnage nous a très agréablement surpris, et la projection révèle une image certes très sombre, mais structurée autour du feu et du personnage, qui parvient (malgré son costume noir) à se détacher de la roche. L'image, qui plus est, est assez peu bruitée.

Cette anecdote est révélatrice de cette croyance, qui semble insurmontable, de notre esprit en toute image qui se matérialise devant ses yeux. Là où la cellule, la courbe sensitométrique et les essais de keylight nous donnaient raison (avec une marge très réduite), nous avons cédé face à une image mal connue, développée au sein de la caméra, sur un moniteur que nous n'avions même pas essayé de calibrer.

### 3. Influence du dispositif sur le plateau

L'élément le plus lourd de conséquences de notre dispositif a été sans conteste l'absence d'image sur le plateau. Le rapport de chaque technicien à son métier s'en est trouvé responsabilisé. Cela a d'abord exigé de tous un effort constant d'imagination du cadre, qui a rapidement porté ses fruits : grâce à notre culture visuelle et à notre expérience, toute modeste soient-elles, nous imaginons en fait assez précisément le résultat de beaucoup de cadres. Cette expérience nous a permis de nous familiariser davantage avec la notion de focale. Cela a également simplifié toutes les communications autour du cadre, pour le preneur de son, l'opérateur ou le machiniste. Tout était entre les mains du cadreur, ici en l'occurrence le réalisateur, ce qui donnait tout son poids à la sensation de chacun, plutôt qu'à l'observation objectivée d'un retour plateau.

À la projection des rushes, on a trouvé un plaisir à découvrir ensemble les plans tournés dans la journée, à comparer nos impressions et à en parler pour en tirer des conclusions. Ceci a permis de déplacer une partie du travail de construction de l'image, et plus généralement du film, en dehors du temps du tournage, dans une énergie différente. Parler des images réalisées après le temps de l'exécution ne permet certes pas de se corriger dans la foulée, mais offre un premier recul, un désengagement de l'image. L'opérateur n'est plus dans la construction de l'image, il a achevé son travail et peut donc en parler, l'analyser, le critiquer ou recevoir des critiques avec moins d'enjeu et plus de lucidité. Il peut être très difficile pour un opérateur d'établir un dialogue fructueux avec le réalisateur dans l'énergie de la journée de tournage. On peut également, face à une image « de référence » sur le plateau, entrer dans l'analytique plutôt que dans l'impression globale, le synthétique.

À ce titre, la séance de rushes collective permet un dialogue fructueux, tout en offrant une première sanction (positive ou négative) peu après le tournage. Ces constats sur l'image valent pour bon nombre de composantes du film : le jeu, le point, le maquillage, la décoration, le découpage... Ce temps de visionnage collectif des rushes rappelle à chacun ses responsabilités. Certaines projections ne sont pas plaisantes, mais elles permettent de rapporter le travail de chacun à la cohérence globale du film et aux souhaits de la mise en scène.

Ce dispositif de tournage est à ce titre très proche du dispositif classique de tournage argentique, avant la numérisation systématique des rushes. La tendance actuelle est à la distribution de copies de rushes aux personnes concernées (l'opérateur, le réalisateur, le producteur...), ce qui favorise des visionnages individuels, sur une multitude de « petits » formats : téléviseurs, téléphones portables, tablettes, ordinateurs... Au-delà de la question des conditions de réception de l'image (qui pouvait également se poser lors de projections de

rushes d'après un télécinéma reporté sur bande), n'y a-t'il pas un risque d'affaiblissement de la dimension collective de la fabrication du film ?

Cette expérience a donc été extrêmement enrichissante à de nombreux points de vue, mais il est évident qu'elle n'a pu avoir lieu que dans un cadre très favorable. Un dispositif similaire paraît compliqué à mettre en œuvre dans un contexte autre qu'étudiant. Nous avons ici, en quelque sorte, un droit à l'erreur qui n'existe pas dans beaucoup d'autres environnements. Le soutien du réalisateur est essentiel, car se priver d'image aujourd'hui semble difficile pour beaucoup, comme l'abandon d'une prérogative et d'un outil de mise en scène incontournable. Dans notre cas, le réalisateur étant cadreur, cet abandon était à relativiser. Enfin, il semble évident aujourd'hui qu'au-delà du réalisateur, il semble compliqué de convaincre beaucoup de métiers, et en premier lieu la production, de renoncer à un outil si crucial que le retour image. L'image rassure, quelle que soit sa forme, et offre un sentiment de contrôle, qu'on a certes relativisé dans ce travail mais qui reste très prégnant.

Conclusion

La prise de vues numérique s'est développée dans un double mouvement d'analogie et d'opposition à son référent historique et qualitatif, la prise de vues argentique. L'image numérique est par nature très différente de l'image argentique, mais elle n'a initialement pu se proposer comme support alternatif viable qu'en reprenant une partie des codes, des notions et des outils du référent argentique. Au fur et à mesure de son adoption au sein de la production cinématographique, l'esthétique numérique s'est progressivement propagée dans la culture visuelle contemporaine, et la prise de vues numérique a pu s'affranchir de la reproduction d'images de référence issues de l'argentique.

Ce double mouvement est également à l'œuvre dans les méthodes de travail et les chaînes de traitement associées. L'image argentique est construite sur une chaîne formatée, incluant plusieurs acteurs et des procédés d'une durée non compressible. Elle impose une relation exclusive de l'opérateur à l'image, par les prérequis qu'elle nécessite, mais elle offre dans le même temps des paramètres de contrôle permettant d'anticiper le rendu de l'image à la prise de vues. L'image numérique s'est en partie opposée à cet aspect en proposant un rapport immédiat à l'image et en permettant de s'affranchir des laboratoires. Mais le cinéma numérique a également embrassé une stratégie plus proche de l'argentique, en proposant des *workflows* analogues : notion de négatif numérique, travail en laboratoire sur le développement et l'étalonnage...

Pour l'opérateur, ce double mouvement inhérent à la prise de vues numérique permet une persistance des stratégies d'exposition héritées de l'argentique. Ceci lui garantit de disposer d'outils de référence pour naviguer d'un support à l'autre, et offre la possibilité d'une prise en main progressive de ce nouveau support par l'expérimentation et la comparaison. L'image numérique ne bénéficie pas de la même connaissance et de la même expérience que l'argentique, mais les paramètres de prise de vues existent. Il existe sans doute, dans cette situation d'incertitude et de manque de standards et de normes, un espace d'expérimentation, de recherche des possibilités et limites dans l'exposition et le traitement de ce nouveau support.

Ceci peut encourager une appréhension des spécificités de l'image numérique. Les enjeux de choix de la chaîne de traitement méritent en particulier une attention soutenue, car beaucoup d'éléments de qualité d'image se jouent à cette étape, beaucoup moins éprouvée et normée que son pendant argentique. De ce point de vue, il semble que les assistants opérateur ont un rôle à jouer dans l'accompagnement de la chaîne et l'éclaircissement des choix d'image, aux côtés d'interlocuteurs spécialisés tels que le DIT, le directeur de post-production et le laboratoire.

Ce questionnement continu de l'opérateur peut prendre différentes formes, des réflexions techniques et scientifiques (auxquelles ce mémoire participe à sa mesure) aux

expérimentations et comparaisons dans le cadre des productions : la référence ultime à l'aune de laquelle faire ses choix d'image, en argentique comme en numérique, reste la projection, qui a le mérite d'être encadrée et de garantir ainsi une cohérence en fin de chaîne.

Face à la multiplicité de ces images numériques et des chaînes associées, il n'existe évidemment pas de stratégie d'exposition absolue. La stratégie du « négatif riche » trouve son équivalent en numérique, en favorisant l'exposition la plus encadrée possible pour disposer d'une image la plus complète possible en post-production. Cette stratégie permet de bénéficier au maximum de la palette très riche des outils de post-production accessibles aujourd'hui grâce aux technologies numériques. Un prolongement de cette stratégie est la tendance à déplacer les choix d'image et de rendu à la post-production, ce qui pourrait à terme affecter la nature du métier d'opérateur.

On a essayé de proposer une stratégie fondée sur une épuration de la technique de plateau et une caractérisation plus pointue du support et de la chaîne, en préparation du tournage. Cette stratégie favorise une certaine légèreté dans le dispositif, tout en garantissant à l'opérateur l'existence de son image, sans outils de contrôle et d'analyse sur le plateau. Elle ne permet en revanche pas toujours d'aller aussi loin dans la construction de l'image, mais permet de s'affranchir des mirages que peuvent offrir les moniteurs de plateau.

Ces deux stratégies d'exposition pourraient être vues comme des stratégies référentes, qui mettent en œuvre deux choix forts, assez éloignés l'un de l'autre, et autour desquelles peuvent exister un grand nombre d'autres stratégies. Le cœur du choix reste finalement le film, le sujet et les envies de mise en scène. Ils conditionnent le choix du support et du dispositif, et donc la stratégie d'exposition associée. C'est une des richesses de la prise de vues numérique de s'accommoder de méthodes diverses et d'obtenir des images par des voies variées, qui permettent l'expérimentation et l'adaptation.

## Bibliographie sélective

### Travail de l'opérateur

**ARONOVICH Ricardo**, *Exposer une histoire. La photographie cinématographique*, Paris, Dujarric, 2003.

**CHAUDAGNE Benjamin**, *Le retour d'image : contrôle et illusions*, mémoire (sous la direction de Tony Gauthier), Cinéma, ENSLL, Paris, 2013.

**IDZIAK Slawomir**, *Visual Identity: The Idziak Look*, The International Film Festival of the Art of Cinematography, 2013.

**MOST Madelyn**, *We need to talk about The Future et Random thoughts on Le Futur*, 2012, séries d'entretiens publiées en ligne et relayées par l'AFC, <http://www.afcinema.com/Le-Futur-vu-par-les-directeurs-de-la-photographie.html>, consulté le 05/05/2014.

**ROUSSELOT Philippe**, *La Sagesse du chef opérateur*, Paris, J.C. Béhar, coll. Sagesse d'un métier, 2013.

**VAN OOSTERHOUT Richard, VAN ROSSEM Maarten, VERSTRATEN Peter**, *Shooting Time. Cinematographers on Cinematography*, Rotterdam, post editions, 2012.

### Chaîne argentique

**DROUARD Daniel**, *Initiation au Zone System et au système des zones en photographie*, Combloux, D. Drouard (auteur-éditeur), 2002.

**FOURNIER Jean-Louis**, *La sensitométrie, les sciences de l'image appliquées à la prise de vues cinématographique*, Paris, Dujarric, 2006.

**STROEBEL Leslie, COMPTON John, CURRENT Ira, ZAKIA Richard**, *Photographic Materials and Processes*, Boston, Focal Press, 1986.

### Chaînes numériques

**BERNARD Hervé**, *L'image numérique et le cinéma. Un pont entre l'argentique et le numérique*, Paris, Eyrolles, 2000.

**BOUBAKER Nejib**, *Vers une gestion de la couleur au cinéma : l'Academy Color Encoding System (ACES)*, mémoire (sous la direction d'Alain Sarlat), Photographie, ENSLL, Paris, 2013.

**FIETE Robert**, *Formation of a Digital Image, the Imaging Chain Simplified*, Bellingham, SPIE Press, 2012.



**FOUCHÉ Jean-Charles**, *HD et D-Cinéma. Comprendre la révolution RAW*, Nice, Baie des Anges, 2010.

**ROUX Martin**, *Persistence ou l'influence de l'esthétique argentique sur les technologies numériques*, mémoire (sous la direction de Caroline Champetier et Frédéric Sabouraud), Cinéma, ENSLL, Paris, 2012.

## Documentation et normes techniques

### Prise de vues

**ARRI**, *Alexa Color Processing White Paper*, 2011, disponible (sur inscription gratuite) sur <http://www.arri.com/downloads/> (consulté le 01/05/2014).

**SONY Corporation**, *Technical Summary for S-Gamut3.Cine/S-Log3 and S-Gamut3/S-Log3*, 2014, disponible sur [http://community.sony.com/sony/attachments/sony/large-sensor-camera-F5-F55/12359/2/TechnicalSummary\\_for\\_S-Gamut3Cine\\_S-Gamut3\\_S-Log3\\_V1\\_00.pdf](http://community.sony.com/sony/attachments/sony/large-sensor-camera-F5-F55/12359/2/TechnicalSummary_for_S-Gamut3Cine_S-Gamut3_S-Log3_V1_00.pdf) (consulté le 01/05/2014).

### Diffusion

**Digital Cinema Initiatives**, *Digital Cinema System Specification version 1.2 with Errata*, 2012, disponible sur <http://www.dcmovies.com/specification/> (consulté le 28/02/2014).

**Society of Motion Picture & Television Engineers**, *ST 428-1:2006 : D-Cinema Distribution Master (DCDM) – Image Characteristics*, 2006, disponible sur <http://standards.smpite.org/content/st-428-1-2006/SEC1.abstract.html> (consulté le 28/02/2014).

## Filmographie

Notes :

- L'information donnée en avant-dernière position correspond au(x) support(s) de prises de vue du film.
- D.P. : directeur de la photographie.

**ANDERSON Paul Thomas**, *The Master*, États-Unis, 2012, 2h24, couleur, 65mm, D.P. Mihai MALAIMARE Jr.

**BIGELOW Kathryn**, *Zero Dark Thirty*, États-Unis, 2012, 2h37, couleur, ArriRaw, D.P. Greig FRASER.

**NOLAN Christopher**, *The Dark Knight*, États-Unis, 2008, 2h32, couleur, 35mm et 65mm (IMAX, défilement horizontal), D.P. Wally PFISTER.

**NOLAN Christopher**, *The Dark Knight Rises*, États-Unis, 2012, 2h45, couleur, 35mm et 65mm (IMAX, défilement horizontal), D.P. Wally PFISTER.

**ZEITLIN Benh**, *Beasts of the Southern Wild (Les Bêtes du Sud sauvage)*, États-Unis, 2012, 1h33, couleur, Super 16, D.P. Ben RICHARDSON.

## Table des illustrations

Figure 1 – illustration de la chaîne argentique N&B simplifiée .....	15
Figure 2 – illustration de la chaîne argentique couleur simplifiée.....	15
Figure 3 – courbe sensitométrique théorique d'une émulsion N&B .....	17
Figure 4 – courbe sensitométrique d'une émulsion couleur Kodak 5279.....	18
Figure 5 – courbes sensitométriques d'une émulsion négative NB Kodak selon différents temps de développement.....	19
Figure 6 – un tableau des correspondances courantes ER/EI.....	21
Figure 7 – échelles des sensibilités DIN, ASA et ISO/EI.....	22
Figure 8 – description d'un sujet en onze zones du Zone System.....	27
Figure 9 – table de correspondances IE-logH du gris18%.....	28
Figure 10 – courbe sensitométrique théorique, exposition standard.....	28
Figure 11 – courbe sensitométrique théorique, sous-exposition d'un diaph .....	29
Figure 12 – Courbe sensitométrique théorique d'un positif.....	30
Figure 13 – Deux expositions différentes d'un même plan .....	35
Figure 14 – Conséquences de la quantification sur la représentation d'un dégradé .....	43
Figure 15 – Diagramme de chromaticité CIE1976 .....	44
Figure 16 – courbe de réponse gamma 2.2 .....	46
Figure 17 – courbe caractéristique du S-Log v1 Sony (en jaune).....	47
Figure 18 – réponse théorique d'un capteur en fonction du niveau d'exposition .....	49
Figure 19 – structure d'un capteur matriciel recouvert d'une matrice de Bayer .....	50
Figure 20 – un capteur non-matriciel : photosites organisés en quinconce .....	50
Figure 21 – Répartition théorique des plages de luminosité d'une image issue d'ARRI Alexa, en fonction du choix d'Indice d'Exposition.....	61
Figure 22 – L'écran d'affichage par défaut des caméras RED.....	65
Figure 23 – Jouer avec les limites basses : image de promotion du film Zero Dark Thirty .....	70
Figure 24 – Vue du haut du dispositif de projection du film "La Zone".....	78
Figure 25 – Vue latérale du dispositif de projection du film "La Zone".....	78
Figure 26 – Courbes sensitométriques obtenues après caractérisation de la Sony F65.....	83
Figure 27 – Comparatif de courbes logarithmiques .....	86
Figure 28 – Représentation de gamuts disponibles dans Sony Raw Viewer.....	87
Figure 29 – diagramme de la chaîne suivie pour La Zone .....	89

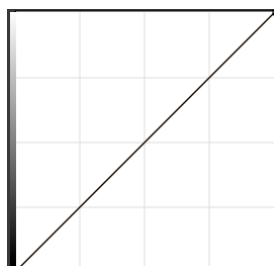
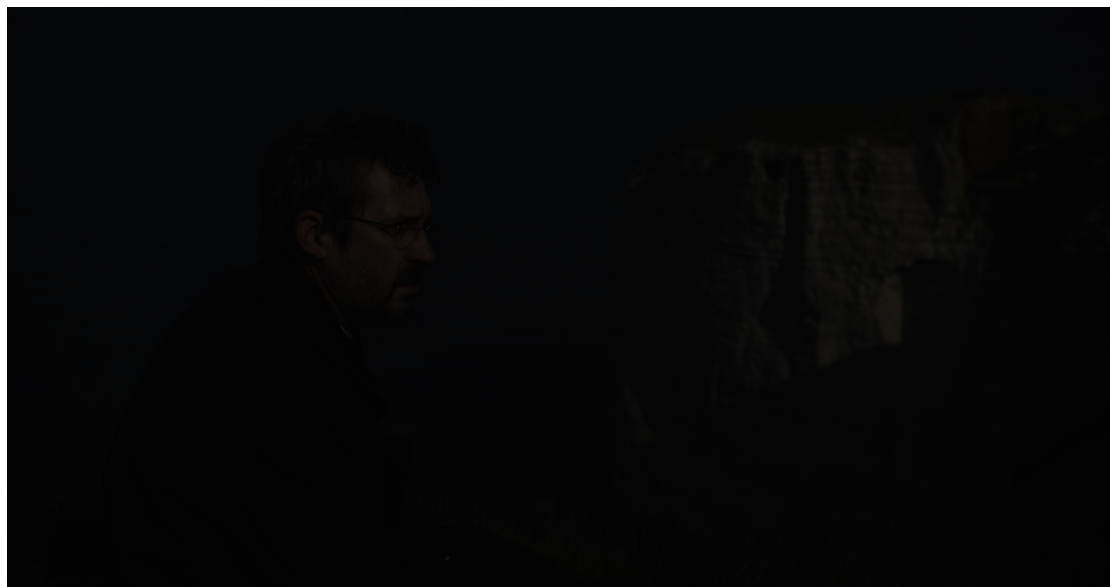
## Annexes

### 1. Aperçu des rendus de différentes gradations tonales

Les images proposées ci-dessous ont été obtenues en développant une image raw de Sony F65 (issue des rushes de la partie pratique de mémoire) dans *Sony Raw Viewer*. L'image originale a été développée en ne modifiant que les paramètres de gamut et de gradation, indiqués sous chaque image finale. Toutes les LUT utilisées pour ces conversions d'espaces de travail sont donc conçues par Sony et intégrées au logiciel *Raw Viewer*.

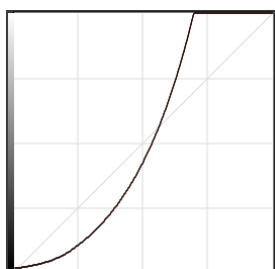
Toutes les images ont été développées dans le même gamut (Rec709), pour centrer la comparaison sur la gradation. Seule l'image linéaire n'a pu être développée dans cet espace, cette option n'étant pas proposée par *Raw Viewer*. Les différences de gamut sont négligeables rapportées aux écarts de gradation.

La courbe située sous chaque image illustre la courbe de réponse appliquée par le logiciel dans chaque cas. Elle est extraite du logiciel même.



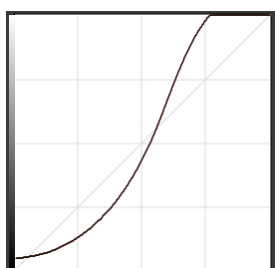
- Gamut : SGamut3
- Gradation : Linéaire

La réponse linéaire, très proche de la réaction photosensible du capteur, répartit les informations sans aucune cohérence avec notre système de perception. L'image apparaît donc extrêmement sombre, car les informations sont tassées vers le bas : beaucoup de place est laissée aux hautes lumières, très peu aux basses.



- Gamut : Rec709
- Gradation : Rec709

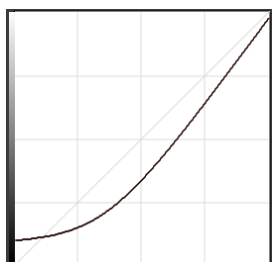
La LUT *Rec709* amène l'image dans un état satisfaisant visuellement, conforme à l'espace Rec709. Elle ne tire pas parti de la dynamique du capteur, sacrifiant en particulier beaucoup d'informations dans les hautes lumières.



- Gamut : Rec709
- Gradation : Rec709 (800%)

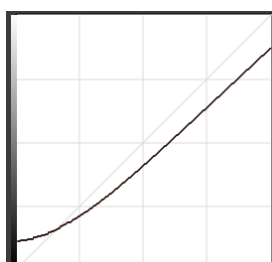
La LUT *Rec709 (800%)* amène également l'image dans un état satisfaisant visuellement, conforme à l'espace Rec709, mais en ménageant davantage les hautes lumières (on peut le constater en particulier sur les brillances du front du sujet).





- Gamut : Rec709
- Gradation : SLog2

La gradation SLog2 permet de conserver davantage d'informations que le Rec709. Elle répartit les plages plus efficacement, en offrant davantage d'espace aux basses lumières. Elle ressemble à une émulsion négative récente : pied de courbe, gamma constant et absence d'épaule.



- Gamut : Rec709
- Gradation : SLog3

La gradation SLog3, développée plus récemment, ménage moins d'espace aux basses lumières que le SLog2, permettant en contrepartie d'encaisser une dynamique plus élevée.

## 2. Aperçu des essais de keylight

### a. Bracketing d'exposition, développement droit (non compensé)

On expose un même sujet à différents diaphragmes autour de l'exposition de référence (davantage dans les basses lumières, zone plus risquée que les hautes sur une caméra dotée d'une grande dynamique). On évalue dans cet essai la capacité des différentes zones du sujet à encaisser de grands écarts d'exposition, et en particulier le rendu des expositions sur la peau du sujet.



Exposition de référence (face gauche au keylight, face droite à -1 diaphragme)



Exposition +1 diaph





Exposition -1 diaph



Exposition -2 diaphs



Exposition -3 diaphs



b. Bracketing d'exposition, développement compensé

À partir des mêmes rushes que l'essai précédent, on a cette fois adapté le développement pour obtenir une exposition identique et évaluer ici d'éventuelles variations de rendu, de texture et de dynamique en fonction des choix d'exposition et de traitement associé.



Exposition de référence (face gauche au keylight, face droite à -1 diaph), développement standard



Exposition +1 diaph, sous-développement d'1 diaph





Exposition -1 diaph, surdéveloppement d'1 diaph



Exposition -2 diaphs, surdéveloppement de 2 diaphs



Exposition -3 diaphs, surdéveloppement de 3 diaphs

### 3. Acronymes fréquemment utilisés

Si l'on a essayé de définir tout acronyme utilisé dans ce travail à sa première occurrence, ce récapitulatif pourra s'avérer utile à la lecture.

**ACES** – *Academy Color Encoding System* ou *Academy Color Encoding Specification*. Désigne un flux de travail récent proposé par l'*Academy of Motion Picture Arts and Sciences*, destiné à faciliter l'interopérabilité des outils de prise de vues, de traitement et de diffusion. Désigne également l'espace colorimétrique de référence associé à ce flux.

**DCP** – *Digital Cinema Package*, standard de copie numérique, développé par le consortium *Digital Cinema Initiative* pour normaliser la diffusion en cinéma numérique.

**DIT** – *Digital Imaging Technician*, technicien de l'image numérique ou ingénieur vision, chargé sur certains plateaux du contrôle qualité de l'image et du suivi de chaîne de production. Cf. p. 66.

**DPX** – *Digital Picture eXchange*, format de fichier permettant le stockage d'une image en codant une valeur pour chaque canal de couleur (R, G, B). Il dérive du format de sortie du scanner de film de la technologie Kodak Cineon. Une *séquence DPX* est une suite d'images DPX, reconnue comme flux vidéo par tout logiciel de post-production et caractérisée par de nombreuses métadonnées spécifiques (timecode, numéro de bobine et de clip, cadence d'images, etc.).

**LUT** – *Look Up Table*. Matrice permettant la conversion d'espace de travail d'une image. Au sens strict, une LUT ne permet que le passage d'un espace de travail à un autre. Dans les faits, les LUT sont fréquemment utilisées comme support de *look*, c'est-à-dire de modifications de rendu d'image au sein d'un espace de travail, ou combinées à un changement d'espace de travail.

**TIFF** – *Tagged Image File Format*, format de fichier image initialement développé par Adobe. Proche du DPX, il est plus souple mais moins adapté aux usages cinéma (pas de support de métadonnées comme le timecode, la cadence, le numéro de bobine, etc.). Une *séquence TIFF* est une suite d'images TIFF, reconnue comme flux vidéo par tout logiciel de post-production.

Dossier de partie pratique de mémoire

# Curriculum Vitae

Paul MORIN

17 rue de l'Échiquier 75010 Paris • 06 47 95 61 10 • Permis B • [m.paulmorin@gmail.com](mailto:m.paulmorin@gmail.com) • [www.paulmorin.fr](http://www.paulmorin.fr)

## CHEF OPÉRATEUR

+ <b>Urban Cactus « Quel salopard je suis »</b> , de B. Geronimi	clip	Canon 5D MkIII	Flair Productions	2013
+ <b>Golf III</b> , de F. Mazoyer	court	35mm	ENSL	2013
+ <b>Ce qu'il nous reste de Brest</b> , de G. Durhin	docu	Sony PMW100	ENSL	2013
+ <b>Jeu, set et match</b> , de P. Morin	court	35mm	ENSL	2013
+ <b>Sadique</b> , de L. Alixe	clip mode	Nikon D800		2013
+ <b>Ma demoiselle</b> , de C. Denys	court	Sony F3		2013
+ <b>L'autre dimension</b> , de W. Herrero (co-éclairé)	court	Sony 900R	ENSL	2012
+ <b>Inlandsis</b> de A. Butin	court	Sony F3	Talents Factory	2012
+ <b>Site de rencontre</b> de L. Ménégaie	court	16mm	ENSL	2012
+ <b>Thanatos</b> de M. Ladevie	court	JVC HM100	Univ. Lyon 2	2011

## ASSISTANT OPÉRATEUR

+ <b>Nouveau-Nez</b> , de A.-J. Bousch et V. Leroy 1er assistant caméra	court	Canon C300		2013
+ <b>La voix des steppes</b> , de E. Shinarbaev 3 <sup>ème</sup> assistant caméra / assistant vidéo (France)	long	Red Epic	B-Tween	2013
+ <b>Agir contre le harcèlement à l'école</b> , de J.-M. Gosse 2 <sup>ème</sup> assistant caméra	pub	Red Epic, anamorphique	Windsor	2013
+ <b>L'esprit de famille</b> , de F. Berthe 3 <sup>ème</sup> assistant caméra / assistant vidéo (stage)	téléfilm	Alexa Plus 16:9	Exilene Films	2013
+ <b>Bande de filles</b> , de C. Sciamma 3 <sup>ème</sup> assistant caméra / assistant vidéo (stage)	long	Alexa Plus 4:3, anamorphique	Hold Up Films Lilies Films	2013
+ <b>Nouvelle génération</b> , de J. Ricquebourg 1 <sup>er</sup> assistant opérateur	court	Red ONE MX	ENSL	2013
+ <b>C'est une petite chambre...</b> , de L. Chéramy 1 <sup>er</sup> assistant opérateur (renfort)	court	Sony F3	Collectif Comet	2012
+ <b>Billie for ever</b> , de F. Cassenti Assistant vidéo	docu	Sony PMW-350, Sony EX3	Oléo Films/Arte	2012
+ <b>Festival La Voix est libre</b> , de A. Cemin Stagiaire vidéo	captation	Sony EX3	Oléo Films	2011

## FORMATION

+ <b>École Nationale Supérieure Louis-Lumière</b> , promotion Cinéma 2014	2011-2014
+ <b>Laboratoire Arane</b> , stage d'observation, pôles argentique et numérique	juillet 2012
+ <b>Université Lyon 2</b> , Licence d'études cinématographiques	2010-2011

## COMPÉTENCES

### matériel caméra

- + 35mm : Moviemcam, Aaton 35 III, Arri 435/535...
- + 16mm : Aaton XTR, Arri 16 SR II
- + Cinéma numérique : RED One/Epic, ARRI Alexa, Sony F3...
- + Vidéo : Sony EX3, Sony Z1, Sony PMW350...
- + DLSR : Canon 7D/5D, Nikon D800, Panasonic GH1...

### électricité

- + habilitation électrique (B2R)

### langues

- + français : langue maternelle
- + anglais : courant

## LOISIRS

randonnée, squash, musique (guitare)

## Résumé

L'objectif de cette partie pratique de mémoire a été d'assurer l'image d'un film, en prise de vues numérique, au sein d'un dispositif allégé. Le travail de lumière est fondé sur une caractérisation du support et une maîtrise de la chaîne, avec un recours minimal aux outils d'analyse et de contrôle disponibles en numérique. En particulier, aucune image n'était à disposition de l'opérateur sur le plateau. L'expérience s'est inscrite dans le cadre d'un tournage d'un court-métrage de fiction, afin d'éprouver la mise en œuvre de ce dispositif dans un contexte de production.

La post-production a été assurée dans le cadre de cette partie pratique, afin de valider les choix de chaîne faits en amont du tournage et de garantir la cohérence de l'image jusqu'à la projection finale.

## Abstract

The objective of this experiment was to deliver the image of a short film shot digitally. The cinematography was designed to have as reduced a place as possible on set. The lighting strategies were based on a good characterization of the digital negative and a good knowledge of the workflow. Another constraint was to expose the images without using any kind of new assist tools available in digital capture, such as the presence of an image directly available on set for the cinematographer. We led this experiment within the shooting of a short feature, so that our choices and methods were tested in a context of production, with a real need to produce images and achieve a satisfying result for the director.

The experiment then focused on post-producing the film, so as to assess the choices that were made in preparation regarding the workflow and to ensure the coherence of the images from shooting to the final projection.



# Note d'intention

## 1. Général

L'objectif de cette PPM est de mettre en œuvre une stratégie d'exposition allégée, en prise de vues numérique, au service d'un court-métrage de fiction.

Dans un premier temps, il s'agit de chercher des pistes pour établir cette stratégie d'exposition et de garantir son fonctionnement dans une chaîne définie et délimitée par mes soins. L'objectif n'est pas de réaliser une étude comparative de différentes chaînes de post-production : un seul flux sera donc retenu pour la PPM, même si des éléments ponctuels de comparaison seront apportés en chemin.

Il s'agit ensuite de limiter le champ d'études à une caméra particulière, dans son mode d'enregistrement le plus large (raw). Cette caméra sera caractérisée puis utilisée afin de réaliser des plans-test caractéristiques de différentes situations de lumière. L'exposition de ces plans sera déterminée en fonction du procédé à lui appliquer, et le même plan pourra faire l'objet de plusieurs expositions, dans l'optique de lui appliquer plusieurs procédés différents. Des plans de référence seront tournés en studio, puis en décors extérieurs dans le cadre de la PPM de Gaultier Durhin, à laquelle je m'associe à l'image dans le cadre d'un GIE.

Les plans réalisés seront alors traités et les résultats feront l'objet d'une première analyse et d'un tri éventuel, en vue d'une projection de résultats à un panel de spectateurs. Ce panel aura pour objectif d'évaluer les images qui lui seront proposées, par un mode opératoire qui sera défini en amont. D'autre part, les plans issus des traitements seront soumis à un étalonneur afin d'en comparer la réactivité, la richesse et la souplesse, et de bénéficier d'un retour d'expérience sur ces plans.

## 2. Format de présentation de la PPM

La PPM est donc une expérience. Elle sera composée :

- De documents présentant son protocole, sa mise en œuvre et ses analyses et résultats (partie III du mémoire) ;
- De la caractérisation de la caméra étudiée (partie III du mémoire) ;
- Des images réalisées pendant le tournage (incluant essentiellement le film réalisé dans le cadre de la PPM de Gaultier Durhin).

Ces éléments nourriront le mémoire, essentiellement dans sa troisième partie qui est majoritairement consacrée à cette expérience. Lors de la soutenance orale du mémoire, la

PPM sera donc présentée comme partie prenante du mémoire. Des images en seront projetées. Des éléments des résultats et des analyses seront évoqués.

### 3. Choix de la caméra

Mes premiers travaux dans le cadre du mémoire, ainsi que la pré-expérience menée en novembre à l'école, m'ont permis d'exclure les flux *device-oriented* comme bases de ce travail. Ils n'offrent pas suffisamment de marge de travail dans l'image pour que les résultats soient réellement intéressants. Cela implique donc de travailler avec une caméra s'inscrivant dans un flux raw.

Parmi ces caméras, les modèles de Sony destinés au cinéma numérique (F65, F55, F5) paraissent les plus intéressants à l'heure actuelle, à plusieurs titres. Ces caméras sont réputées pour leur très grande dynamique, notamment la F65. Or plus la dynamique est grande, plus l'opérateur a de choix dans la zone de réponse qu'il souhaite exploiter et dans la façon de moduler la réponse. Sony propose nativement d'exporter ses flux raw vers des espaces de travail intéressants pour nos contraintes de post-production (intégration d'ACES, d'OpenEXR...). C'est pourquoi je privilégie de travailler sur l'une de ces caméras dans le cadre de cette PPM. En particulier, la Sony F65 présente un avantage majeur dans le cadre d'un travail commun avec Gaultier Durhin: elle dispose d'un capteur 8K couplé à la possibilité de réaliser des images en HFR, deux axes de recherche majeurs du mémoire de Gaultier Durhin.

### 4. Ressources et workflow

Les expériences seront menées au sein du laboratoire de sensitométrie/photométrie de l'école, et feront donc autant que possible appel à ses ressources existantes ou actuellement en cours de mise en œuvre. Pour maîtriser au mieux le traitement des images et implémenter simplement et de façon transparente les traitements envisagés, le recours à Matlab est fortement envisagé à l'heure actuelle. Ceci permettra également de s'affranchir des modifications spécifiques propres à chaque logiciel de traitement d'images, qui semblent difficilement évaluables.

Les infrastructures de post-production de l'école seront également utilisées : ingest, montage (AVID), étalonnage (RAIN), projection.



## Synopsis

*Synopsis de Gaultier Durhin, auteur du scénario du film.*

Le quotidien de Nicolas est sombre, morose, terne entre transports, travail et dodo. Alors qu'il est coincé dans les bouchons parisiens, une publicité l'invite à franchir une ligne vers *La zone*.

Cette zone est pour lui, un moment de détente, d'évasion, de solitude et de réflexion dans des grands espaces près de la mer.

Après cette expérience, son quotidien ne peut que s'éclaircir.

## Liste de matériel caméra

### CAMERA

Sony F65 + <i>accessoires</i>
Pack énergie F65
Pack data F65 (cartes, lecteur cartes)
Kit tiges/bridge plate
Angénieux Optimo DP 16-42 (feet)
Follow-focus + accessoires
MB18 + accessoires
Commande de zoom Preston V+F3
Sony F65 + <i>accessoires</i>
Pack énergie F65
Pack data F65 (cartes, lecteur cartes)

### VIDÉO

20" Sony OLED Trimaster
Transvideo CineMonitor HD8

### FILTRES

1 True-Pol circulaire ø138
1 True-Cut IR-750 4x5.65
6 HD ND (0.3 à 1.8) 4x5.65

### DATA MANAGEMENT

2 disques durs rugged 1To
1 Mac Pro (déchargement + traitement des images en tournage)
1 Tour RAID 6To

Pertinence du choix du matériel : cf. note d'intention ci-dessus « Choix de la caméra ».

## Liste de matériel machinerie

### SUPPORTS

1 Tête Sachtler Studio 80 bol 120
Grandes branches
Petites branches
Pack data F65 (cartes, lecteur cartes)

3 barres ø50 2m
1 praticable 1m

### DOLLY ET BRAS

Magnum + <i>accessoires</i>
DuoJib + <i>accessoires</i>
5m rails travelling

### GRIP ET BIJOUTE

2	Colliers mâle 28mm
	Grand jeu de calage
1	Jeu de cubes de base
10	15x20x30
1	Niveau à bulles
15	Pincés stanley
4	Bouts
4	Piquets

### CONTRÔLE

Taps diverses tailles
1 Borniologie 4mx4m

## Liste de matériel électrique

### SOURCES

1	Joker 400 + chimera
1	1kW Fresnel tungstène
1	500W Fresnel tungstène
1	Manda 800 tungstène
2	Lucioles nano/pico « maison » (pas ENSLL)
2	Panneaux LEDs minis
1	Valise 35W tungstène
2	LitePanels 30x30
2	Cobolt RL100

### CONTRÔLE

4	Drapeaux (PM/GM)
2	Floppys
2	Cutters
1	Jeu mamas (PM/GM)
1	Réflecteur hard-soft
3	Cadres 120x120 ou 100x100
3	Cadres 60x60
	Draps/toiles divers (blancs, argentés...)
3	Polys
	Depron

### PIEDS ET DEPORTS

4	Pied 2kW
5	Pieds 1000
2	Déports rotule 100
2	Déports rotule 50
2	Baby 1000
2	Pattes d'oie + spigots

### DISTRIBUTION

10	Prolongs 16A
5	Triplettes 16A
2	Dimmers 2kW 16A
3	Batteries ceinture 12V
2	Rallonges XLR 4b

### GRIP

10	Rotules
3	Bras magiques
8	Clamps
4	Cyclones (PM/GM)
2	Pélicans
10	Elingues
	Balles de tennis
2	Adaptateurs 16/28
3	Porte-polys

### CONSOMMABLES

1	Cinefoil
	PLB
	Chutier de DIFF/ND/CTO/CTB/±green
	Gaffers 50mm blanc/noir
	Gélates exotiques (english rose, amber...)

## Plan de travail

Production ENSLL  <b>"LA ZONE"</b>  Réalisateur Gaultier DURHIN  Chef opérateur Paul MORIN  PdT n°3 07/03/2014	MOIS	MARS						
	JOUR	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam
	DATE	23	24	25	26	27	28	29
	JOURS	1	2	3	4	5	6	7
	HORAIRES	14h-21h30	11h-20h	8h30-17h30	8h-17h	9h-18h	9h-18h	9h-18h
	REPAS	12h30-22h30	13h	12h30	12h30	13h	13h	13h
	LIEUX	Cap d'Antifer - Normandie				St Denis	Montrouge puis Olympiades	Paris
		site de la Vallée d'Antifer				Friche	Appartement 1 et 2	Périph
	DÉCORS	PLAGE	ZONE-falaise / PLAGE	ZONE-champs	ZONE-bois secs / ZONE-marche	La zone - Entrepôt	Appartement NICOLAS / PDV Appart Nicolas sur rue	Périphérique
	SÉQUENCES	0 / 4E / 5	4C / 6A	4A / 6B	4B / 4D	3 / 7	1 / 10 / 9	2 / 11
NB PLANS	4 / 1 / 3	4 / 1	2 / 3	3 / 3	5 / 1	6 / 6 / 1	3 / 3	
RÔLE	CODE							
NICOLAS	1	1	1	1	1	1	1	1
VÉHICULES								
VOITURE NICOLAS	VOIT							VOIT
MOYENS TECHNIQUES								
DOLLY	DOLLY	DOLLY	DOLLY	DOLLY	DOLLY	DOLLY	DOLLY	
GRUE	GRUE	GRUE	GRUE	GRUE	GRUE	GRUE		
DÉCO								
PORTE / LA ZONE	PORTE	PORTE	PORTE	PORTE	PORTE			
EFFETS SPÉCIAUX								
INCRUSTATION PUB	INC							INC
ÉPHÉMÉRIDE								
LEVER SOLEIL		06h56	06h54	06h52	06h49	6h47	06h45	07h41
COUCHER SOLEIL		19h16	19h18	19h19	19h21	19h22	19h24	20h27

Essais et préparation :

- Essais caméra le vendredi 21/03 (configuration, accessoirisation, confo cadre, calages)
- Caractérisation le vendredi 21/03 (impression des gammes carbone) et le samedi 22/03 (keylights succincts)

Le plan de travail de tournage a permis de réaliser le film dans des conditions optimales, nécessitant un travail efficace mais offrant la possibilité d'expérimenter des solutions alternatives ponctuellement.

En revanche, il aurait été bénéfique de disposer d'un jour de plus en essais caméra, pour la caractérisation en particulier.

## Plan de travail de post-production image

- Montage : semaine du 31/03 au 05/04/2014
- Développement des rushes : semaine du 21 au 25/04/2014
- Conformation : 28 au 30/04/2014
- Étalonnage : 02 et 03/05/2014
- Fabrication des DCP : semaine du 05 au 09/05/2014

L'exploitation de la caractérisation en vue du mémoire s'est faite courant mai, en parallèle de la post-production image du film.

## Étude technique et économique

<b>Transport</b>	<b>Véhicule</b>	<b>Location + Essence +Péage</b>	<b>Prix Unitaire TTC</b>
<b>Repérages</b>		0	
	<b>GAZOIL</b>	€63,77	€63,77
	Péage Trajet	€11,50	€23,00
<b>Camion 10M<sup>3</sup></b>		€259,00	€259,00
	<b>GAZOIL40L 1,37€/l</b>	€54,80	€54,80
	Péage Trajet	€11,50	€11,50
<b>Voiture tourisme</b>		0	
	<b>SP95 40L 1,52€/l</b>	€60,80	€60,80
	Péage Trajet	€11,50	€11,50
<b>5m3 PARIS</b>		€49,00	€49,00
	<b>GAZOIL10L 1,37€/l</b>	€13,70	€13,70
	Péage Trajet	€0,00	€0,00
<b>5m3 retour TAGX</b>		€134,00	€134,00
	<b>GAZOIL</b>	€106,00	€106,00
	Péage Trajet	€30,00	€30,00
<b>Sous TOTAL Transport</b>			<b>€817,07</b>
<b>Régie</b>	<b>Hébergement</b>	<b>Location Gîte</b>	
		4 Nuits	€241,00
		Électricité	€5,00
	<b>Repas</b>	10€/Pers./Jour	€300,00
<b>Sous TOTAL Régie</b>			<b>€546,00</b>
<b>Assurances</b>	<b>Matériel Caméra</b>	<b>ENSL / ANGÉNIEX</b>	
	<i>Angénieux</i>	€186,00	€186,00
	<i>Cikhart</i>	€90,00	€90,00
<b>Sous TOTAL Assurance</b>			<b>€276,00</b>
<b>Matériel</b>	<i>Electro d'choc</i>	€80,00	€80,00
	<i>Make Up Forever</i>	€35,00	€35,00
<b>Sous TOTAL Matériel</b>			<b>€115,00</b>
<b>TOTAL TTC</b>			<b>€1 754,07</b>
<b>DÉPASSEMENT</b>			<b>(€534,07)</b>

## Analyse et synthèse des résultats

L'analyse et la synthèse des résultats de cette partie pratique de mémoire ont été menées exhaustivement au cours du mémoire. Cf. p. 75 et suivantes (« Un essai d'épuration du travail d'exposition en prise de vues numérique »).