

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE LOUIS LUMIÈRE

La cité du cinéma - 20 rue Ampère - BP 12

93213 La Plaine Saint Denis

01 84 67 00 01

www.ens-louis-lumiere.fr

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité cinéma, promotion 2014 - 2017

Soutenance de juin 2017

**CAMÉRAS ULTRA SENSIBLES :
LE DIRECTEUR DE LA PHOTOGRAPHIE FACE À L'OBSCURITÉ**

Charles DALODIER

Ce mémoire est accompagné de la partie pratique intitulée : Les mamènes

Directeur de mémoire : Tony Gauthier

Président du jury cinéma et coordination des mémoires : David Faroult

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE LOUIS LUMIÈRE

La cité du cinéma - 20 rue Ampère - BP 12

93213 La Plaine Saint Denis

01 84 67 00 01

www.ens-louis-lumiere.fr

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité cinéma, promotion 2014 - 2017

Soutenance de juin 2017

**CAMÉRAS ULTRA SENSIBLES :
LE DIRECTEUR DE LA PHOTOGRAPHIE FACE À L'OBSCURITÉ**

Charles DALODIER

Ce mémoire est accompagné de la partie pratique intitulée : Les mamènes

Directeur de mémoire : Tony Gauthier

Président du jury cinéma et coordination des mémoires : David Faroult

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, Tony Gauthier, qui a dirigé ce mémoire, pour ses conseils toujours avisés et sa bonne humeur. Merci d'avoir partagé tes connaissances avec moi.

Panasonic, et plus particulièrement Luc Bara, pour le prêt de la Varicam 35 et ses longues explications sur le fonctionnement de cette caméra.

Les professionnels ayant accepté de me rencontrer pour répondre à mes questions et partager leur vision du cinéma : Claire Mathon, AFC, Stéphane Brizé et Bill Wages, ASC.

Les professeurs et personnels de l'école m'ayant accompagné, relu, orienté : Paul Bydlowski, David Faroult, Giusy Pisano, Alain Sarlat...

...et ceux m'ayant aidé, administrativement ou lors d'une discussion au détour d'un couloir : Françoise Baranger, Arthur Cloquet, AFC, Elena Erhel, Florent Fajole, Didier Nové, Laurent Stehlin.

Les amis ayant répondu présents pour jouer dans les champs de colza par -1°C de deux à cinq heures du matin, afin de m'aider à illustrer ce mémoire : Olive Chenieux, Volodia Arnaud et Simon Coffinières.

Olivier Auba, pour l'impression moins chère que gratuite de ce mémoire.

Aurélien 'Iron Man' Schilles. You know why.

Enfin, ma famille, et plus particulièrement mes parents, Sophie et Bruno, qui m'ont toujours soutenu et me soutiendront toujours.

RÉSUMÉ

Ce travail de recherche entend exposer les problématiques liées à l'utilisation des caméras numériques dites ultra sensibles. Pourquoi utiliser un capteur ultra sensible, et pour quelles modifications du travail ? Nous nous intéresserons tout d'abord au lien existant entre l'évolution de la sensibilité des émulsions/ capteurs et son implication sur le travail des directeurs de la photographie au cours de l'histoire du cinéma. Viendra ensuite une phase de caractérisation du matériel, de sensitométrie numérique. Y seront abordées les notions de dynamique et de bruit. Enfin, cette étude se terminera en donnant la parole aux directeurs de la photographie et réalisateurs en examinant l'utilisation qu'ils font de ces nouveaux capteurs ultra sensibles ; quelles images pour quelles méthodes de travail ?

MOTS CLÉS :

HAUTE SENSIBILITÉ, OBSCURITÉ, NOCTURNE, NORME ISO, BRUIT, VARICAM 35, SENSITOMÉTRIE NUMÉRIQUE

ABSTRACT

This research work intends to set forth the specificities of the use of highly sensitive digital cameras. It aims at analysing the following questions: why using ultra sensitive sensors and what are the consequent changes in the work approach? We will first investigate the link, as observed throughout the history of cinema, between the evolution of emulsion/sensors sensitivity and its implication on the work of directors of photography. We will then conduct a characterization of our equipment, using digital sensitometry's notions, where the notions of dynamic range and noise will be discussed. The study will end with a collection of insights from directors of photography and film directors on the use they make of ultra sensitive sensors: what images do they produce? What work methodologies do they apply?

KEYWORDS:

HIGH SENSITIVITY, OBSCURITY, NOCTURNAL, ISO STANDARD, NOISE, VARICAM 35, DIGITAL SENSITOMETRY

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
RESUME	4
ABSTRACT	5
SOMMAIRE	6
INTRODUCTION	8
PREMIERE PARTIE :	
EVOLUTION DU SUPPORT PHOTOSENSIBLE ET CAPTURE DE LA SCENE SOMBRE : CINEMA ET PEINTURE	12
CHAPITRE I. Approche de la sensibilité et objet d'étude	13
A. Qu'est ce qu'une sensibilité ?	13
B. Les échelles de sensibilité	14
CHAPITRE II. Étude du repoussement des limites sensitométriques sur la fabrication des films et leur esthétique.	18
A. Les années 1930 à Hollywood	19
B. 1960 : la nuit en économie pauvre : <i>À Bout de Souffle</i>	28
C. Michael Mann : L'arrivée du numérique, la nuit et le bruit. 2004-2006	36
CHAPITRE III. Quelle vision du sombre en peinture ?	45
A. Nocturne à la bougie	45
1. Thèmes, effets et représentations	45
2. Bougie et photométrie, quelles libertés ?	48
3. Le problème de la flamme.	51
B. La nuit sans nuit et la nuit surréaliste	52
DEUXIEME PARTIE	
DE LE PELLICULE ARGENTIQUE AU SUPPORT PHOTOSENSIBLE NUMERIQUE	56
CHAPITRE I. La sensibilité en argentique	57
A. Formation de l'image par noircissement des halogénures d'argent	57
1. Réduction des sels d'argent : principe de base	57
2. Sensibilité à la couleur	59
3. Analyse de la couleur	61
B. Comment augmenter la sensibilité des émulsions ?	62
1. Dopage des cristaux	62
2. Influence de la taille des grains	63
C. La norme ISO : détermination de la sensibilité	65
CHAPITRE II. Étude de la Varicam 35 à ISO 5000	68
A. La courbe H&D numérique	69
1. Obtention des courbes et première analyse	69

2. Appliquer la norme ISO aux caméras numériques	73
3. Atteindre ISO 5000	78
a. Principe de base de la cellule photo électrique CMOS	79
b. Un double circuit de lecture des charges	80
c. Le gain pour changer la sensibilité	81
B. Étude du bruit selon l'ISO	82
1. Représenter le bruit	84
a. Quantifier le bruit par l'écart type	84
b. Le rapport signal sur bruit	87
2. Quelle(s) limite(s) acceptable(s) au bruit ?	93
a. Le bruit, limite basse de la dynamique du capteur	93
b. Vers une nouvelle norme ?	94
3. Un bruit inhérent à la lumière : le bruit photonique	97
4. Influence de la sensibilité ISO sur la sensibilité aux couleurs.	99

TROISIEME PARTIE

LE DIRECTEUR DE LA PHOTOGRAPHIE FACE A LA SCENE OBSCURE 100

CHAPITRE I. Nouvelles images, nouveaux espaces, nouvelle (r)évolution 102

A. De la nuit lunaire à la nuit sans nuit	102
1. La nuit lunaire de Claire Mathon	102
2. La nuit sans nuit au cinéma	107
B. Nouveaux espaces de mise en scène, nouvelles libertés pour les acteurs	109
C. Une révolution invisible à l'écran	113
1. Un travail plus rapide, plus flexible	113
2. Rééduquer son œil	115

CHAPITRE II. Au delà du visible & limites technologiques 117

A. La caméra thermique de Philippe Grandrieux	117
B. La nuit des éléphants	119
C. La grande ouverture de Barry Lyndon	122

CONCLUSION 125

TABLE DES ILLUSTRATIONS 128

FILMOGRAPHIE 131

BIBLIOGRAPHIE 132

INTERNETOGRAPHIE 133

ANNEXES 134

PPM 161

INTRODUCTION

C'est en voyant un troupeau d'éléphants tentant d'échapper à une meute de lions, confortablement installé sur mon canapé, que l'envie d'écrire ce mémoire est née. Ils étaient d'un gris profond, la caméra saisissait le moindre mouvement, le moindre plissement de leurs peaux épaisses. Le ciel bleuté s'accordait parfaitement avec la végétation sèche et jaunissante de la savane. Le détail, la couleur, rien ne manquait. Et pourtant, c'était une scène nocturne, éclairée simplement à la lueur de la lune et des étoiles. Ce type de scène était normalement condamnée à être filmée avec une caméra infrarouge produisant des images vertes ou en niveaux de gris. Cette époque semblait appartenir au passé. Le tournage de *La Nuit des Éléphants* (Thierry Machado, 2014) a été rendu possible par l'utilisation de caméras ultra sensibles à la lumière. La sidération qui me saisit m'a donné envie d'en découvrir plus sur ces nouveaux capteurs et d'étudier le paradoxe naissant de la capture du sombre et de la quasi absence de lumière, pour un art qui s'est toujours voulu comme l'art de la lumière.

L'arrivée sur le marché de nouveaux capteurs dits ultra sensibles, comme celui de la Varicam 35 chez Panasonic, a ouvert la voie de la haute sensibilité au cinéma, à la fiction. Et c'est un territoire dont on repousse une nouvelle fois les frontières qui s'offre alors aux directeurs de la photographie et aux créateurs d'images : le monde du sombre. Une caméra hautement sensible permet de produire la même image qu'une caméra conventionnelle, avec moins de lumière. Une approche différente verrait dans la caméra ultra sensible un outil qui ne servirait pas à produire des images à l'éclairage conventionnel, mais à creuser l'obscur toujours plus loin pour rapporter des images jamais vues. C'était le cas pour *La Nuit des Éléphants*, ça l'est aussi pour Claire Mathon, qui a pu filmer les comédiens de *Rester Vertical* (A. Giraudie, 2016) à la lueur de la lune dans le causse de Lozère.

Afin de bien saisir les possibilités d'évolution que ces nouveaux capteurs apportent au monde de la prise de vue, nous ferons un bond en arrière dans l'histoire du cinéma pour suivre l'adoption d'une nouvelle pellicule

dite, déjà à l'époque, ultra sensible. Ce sont les années trente à Hollywood, et Kodak vient d'introduire sur le marché une émulsion « deux fois plus rapide » que ce qui existe. La sensibilité mesurée n'est pourtant que de ISO 20. À titre de comparaison, n'importe quelle caméra numérique aujourd'hui propose un réglage de base à ISO 800 (quarante fois plus sensible donc). Ses effets concerneront surtout l'organisation et la facilitation du travail. Avec d'autres films clés dans l'histoire de l'évolution de la sensibilité des pellicules (*À bout de Souffle, Collateral*), nous tenterons une première approche sur les raisons de l'adoption ou pas d'une haute sensibilité. Évolution industrielle inéluctable ou volonté artistique, cent-vingt ans de cinéma ont montré que la sensibilité des pellicules ne s'est jamais arrêtée de croître.

Il en ressort que la haute sensibilité ne peut être que relative à une époque. Le but de ce mémoire n'est donc pas uniquement de dire ce qu'il est possible de faire aujourd'hui, mais d'avoir une approche plus globale des enjeux de la capture du sombre.

Cette approche demande une connaissance poussée du matériel et du fonctionnement des capteurs. Dans la deuxième partie de ce mémoire, il s'agira donc de caractériser précisément la Varicam 35 de Panasonic, proposant un mode « ISO 5000 » et utilisée pour tourner à la lueur des bougies, sous la lune etc. La caractérisation sera résolument numérique. Beaucoup moins connue que la sensitométrie des pellicules, il reste encore un grand travail de développement d'outils de caractérisation des capteurs électroniques.

Désireux d'aller derrière les chiffres et de comprendre ce qui se cache sous le terme de haute sensibilité, mon approche servira à quantifier des notions comme le bruit et la dynamique, et donc voir si une caméra ultra sensible diffère de son homologue moins sensible. On associe souvent aux images sombres la notion de bruit, qui apparaît sur les parties les moins claires. J'en proposerais une étude la plus poussée possible, afin d'essayer de déboucher sur une recommandation d'exposition et d'utilisation de la caméra.

Enfin, dans la dernière partie, nous étudierons la fabrication actuelle d'images. Comment les directeurs de la photographie utilisent-ils le matériel testé dans le chapitre précédent ? On peut anticiper deux voies. La première concerne l'organisation du travail, et la réduction de tout le matériel lumière. Une caméra ultra sensible exigeant moins de lumière, moins de projecteurs seront nécessaires, la rapidité d'exécution augmente donc. La deuxième consistera à se demander si aujourd'hui, l'arrivée d'un capteur ultra sensible permet un renouveau esthétique. Y a-t-il un besoin et une envie d'autant de sensibilité ? Le travail de directeurs de la photographie comme Claire Mathon et Bill Wages mis en relation avec la vision du réalisateur Stéphane Brizé nous permettra d'envisager des réponses à ces questions.

Il conviendra bien sûr d'évoquer la place de l'observateur humain par rapport à ces capteurs. Nous fabriquons des images avec nos yeux, pour des humains. Se dirige-t-on, voire a-t-on déjà dépassé les limites de l'œil ? Comment se placer par rapport à un capteur numérique plus sensible que nous ?

Est-on actuellement dans une révolution ou dans la continuité d'évolution du cinéma ?

L'utilisation d'émulsions ou de capteurs de plus en plus sensibles n'a pas forcément d'impact visible sur les images fabriquées. Une grande partie de ce mémoire se placera donc derrière la caméra, à l'écoute des professionnels et des manières de travailler.

La fin de ce mémoire sera consacrée à un retour d'expérience d'un tournage que j'ai pu effectuer avec la Varicam, dans lequel j'ai tenté d'éprouver les limites de la haute sensibilité, et de faire suivre les tests en laboratoire par la fabrication d'images concrètes.

Au vu du sujet abordé, certaines images sur la version imprimée de ce mémoire apparaissent très sombres. Merci de prendre la version numérique comme référence.

PREMIÈRE PARTIE :

Évolution du support photosensible et capture de la scène
sombre : cinéma et peinture

CHAPITRE I. Approche de la sensibilité et objet d'étude

Un rappel des grandeurs photométriques est consultable en annexe de ce mémoire.

A. Qu'est ce qu'une sensibilité ?

La sensibilité est définie par le Larousse comme « L'aptitude à réagir plus ou moins vivement à quelque chose »¹. Dans le cas de la pellicule argentique, le « quelque chose » renvoie à la lumière, radiation électromagnétique chargée d'énergie allant provoquer la *réaction* chimique de réduction des sels d'argent en argent métallique, noir. Ce noircissement variable sur le négatif produit une image dite latente, amplifiée lors de l'étape du développement pour la rendre visible.

Pour le capteur électronique, la *réaction* renvoie à la création d'une paire électron-trou par effet photoélectrique. Cette différence de potentiel répond linéairement à la quantité de lumière reçue. (Ces explications seront approfondies dans la partie 2)

Si l'on compare deux pellicules de sensibilités différentes A et B avec sensibilité $A < \text{sensibilité B}$. Alors, pour une même quantité de lumière reçue, le noircissement du négatif A sera inférieur à celui de B, donnant à voir en projection une image positive plus sombre. Les Anglo Saxons préfèrent le terme de *vitesse* (speed) pour parler des émulsions. Cette notion de vitesse s'applique facilement à la prise de vue. Reprenons nos pellicules A et B. Si je souhaite obtenir la même image d'une certaine scène, alors j'aurais besoin d'un temps d'exposition deux fois plus court avec la pellicule B qu'avec la A.

Cette manière de caractériser les pellicules est certes simpliste, mais elle fut jusqu'aux années 30 une manière commune de parler de la sensibilité des émulsions au cinéma, avant l'introduction des systèmes de *speed rating* (Weston, ASA...), comme le montre ces publicités Eastman-Kodak (1931) et Agfa (1938).

¹ Dictionnaire Larousse en ligne, consulté le 16/03/2017
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/sensibilite/72107>

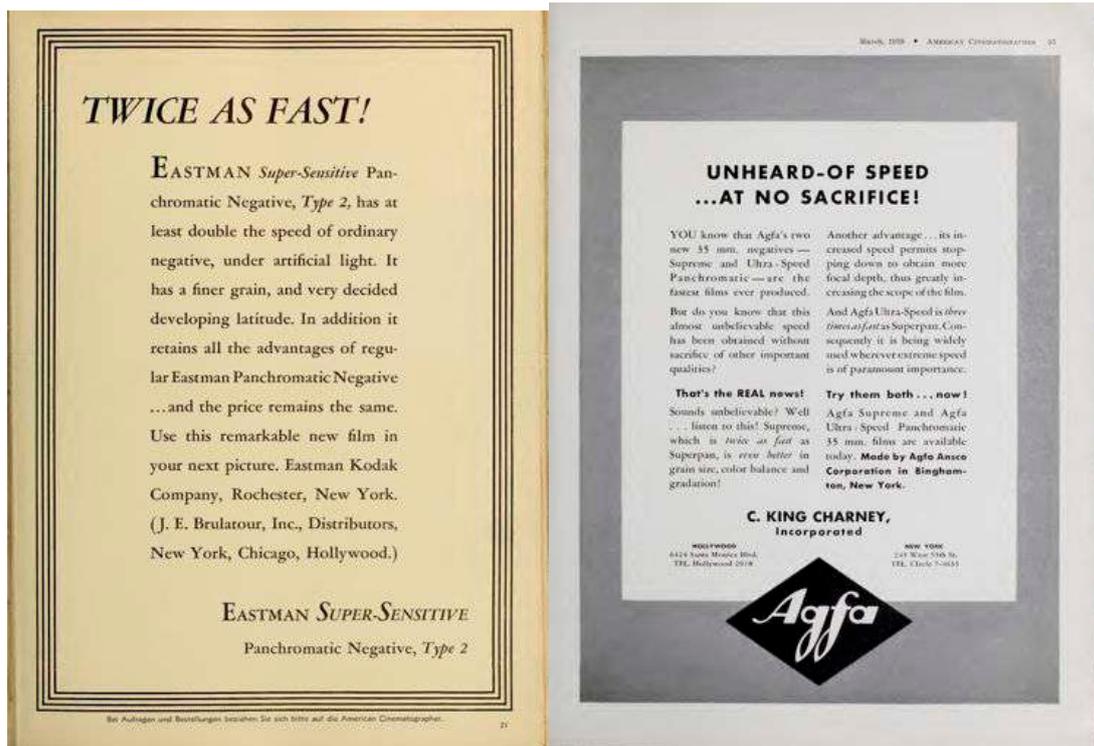


Figure 1 - Publicités issues de l'American Cinematographer, Eastman Kodak à gauche, Avril 1931 et Agfa à droite, mars 1938

Les nouvelles pellicules s'inscrivaient dans une continuité de la gamme proposée par le fabricant, (d'ailleurs assez réduite) ; on imagine donc facilement les opérateurs habitués à *leur* pellicule et comprenant aisément à quoi le « twice as fast » (*deux fois plus rapide*) pouvait faire référence.

B. Les échelles de sensibilité

Aucun fabricant aujourd'hui n'annoncerait de pellicule ou capteur sans donner sa sensibilité. Chiffre essentiel permettant un dialogue aisé entre les différents intervenants de la création cinématographique, et l'exposition correcte de l'image. Il n'en a pas toujours été ainsi et la donnée de la sensibilité a mis du temps à s'institutionnaliser.

Notons tout de même les travaux de Ferdinand Hurter et Vero Charles Driffield, considérés comme les pères de la sensitométrie (la lamination est une grandeur que l'on abrège par la lettre « H » en hommage à F.Hurter). Ils proposent dès 1890 un système de mesure de sensibilité des émulsions. Cette mesure se base sur une approche en lien avec la perception humaine,

donc logarithmique. Elle fait appel à un panel test qui cherche, parmi des dizaines d'échantillons exposés et développés différemment, la meilleure image à leur goût. Dès le début, les valeurs de sensibilités sont en lien avec le « goût général », mais rien n'a jamais empêché un directeur de la photographie d'exposer son négatif selon une autre valeur de sensibilité que celle préconisée.

Les premières références que j'ai pu trouver où il était fait mention d'une sensibilité par des chefs opérateurs remontent aux années trente, aux États-Unis. Dans un article de l'*American Cinematographer*, William Stull, A.S.C., déclare « [...] Exprimées dans l'échelle de sensibilité Weston désormais familière, ces pellicules ont une sensibilité de 48 en échelle Weston lumière du jour pour la Supreme, et de 96 pour la Ultra Speed Pan »²

Edward Weston (1850-1936) est le fondateur de la *Weston Electrical Instruments Corporation*, spécialisée dans la mesure de tous les phénomènes électriques. On lui doit la création de Voltmètres, ampèremètres etc. Les travaux sur la cellule photo-électrique (conversion de l'énergie lumineuse en énergie électrique) s'inscrivent dans cette veine de documentation et rationalisation de l'électricité. Appelée « magic eye » au début, elle équipe tout d'abord les appareils de mesure de l'éclairage public, ou encore les déclencheurs d'éclairage public quand le jour diminue.

L'ajout d'une graduation des résultats en foot-candle lui ouvre les portes du monde de la prise de vue en 1932³. Le système allait beaucoup plus loin qu'une simple mesure, car la société publiait aussi la sensibilité de toutes les pellicules du marché calculées par ses soins et sa méthode propre. L'utilisateur final disposait donc d'un outil de mesure simple et une table de sensibilités lui permettant de juger si la lumière disponible permettait une exposition correcte du négatif utilisé. La remarque de William Stull, A.S.C. citée plus haut nous renseigne sur l'adoption généralisée du système Weston au sein des directeurs de la photographie d'Hollywood. Il est intéressant de noter que l'échelle de sensibilité est apparue suite à la création de l'appareil

² STULL, William « Agfa introduces two super-fast motion picture negative films » *American Cinematographer*, janvier 1938, p 10. Traduction personnelle.

³ F. LAWRENCE BABCOCK ASSOCIATES, *Measuring Invisibles*, Newark, The Weston Electrical Instrument Corporation, 1938. pp.45-47

de mesure de la lumière. (Hurter et Driffield proposaient eux aussi une échelle de sensibilité, mais qui ne s'est pas généralisée à tous les utilisateurs.)

Il faudra attendre 1943 pour que l'American Standards Association (ASA) propose, en partenariat avec « les fabricants de film, les fabricants de cellules, la Société d'Optique Américaine et le Bureau des Standards⁴ » une norme nouvelle et universelle. Cette norme continue d'exister aujourd'hui sous la forme de la norme ISO (International Standards Organisation). J'y reviendrais plus précisément dans la partie 2 du mémoire.

L'introduction de la norme ASA n'a pas empêché le système Weston de perdurer encore quelques années. Preuve en est ces tables de conversions qui nous permettent alors facilement de lier toutes les normes et de proposer un graphique labélisé en ISO regroupant un large panel de films, à partir de 1930 soit bien avant la mesure ASA.

Par mesure de simplification, toutes les sensibilités de ce mémoire seront exprimées selon la norme ISO, en ne prenant que la première des deux valeurs, correspondant à la sensibilité ASA⁵.

⁴ GENERAL ELECTRICS, brochure « Film Values, ASA exposure-index values », non daté (postérieur à 1943).

⁵ La norme ISO regroupe les valeurs de sensibilité ASA et DIN sous la forme ISO 100/21 pour un film 100 ASA et 21° DIN

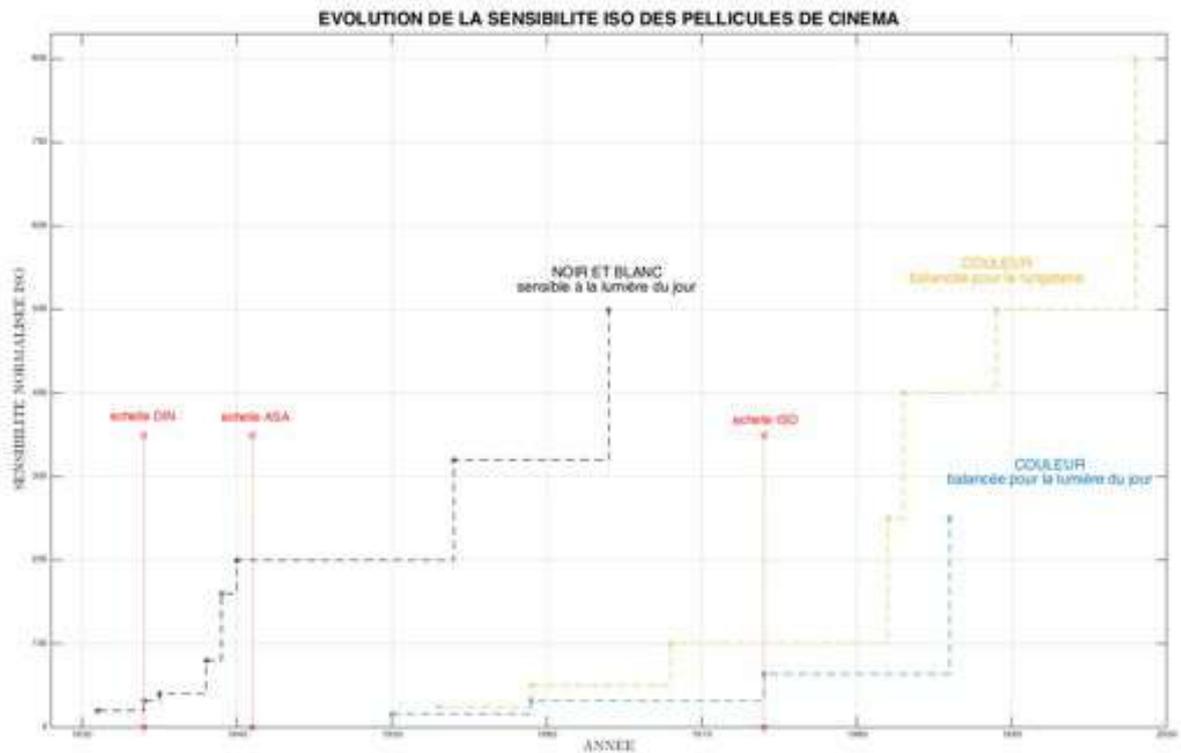


Figure 2 – Evolution de la sensibilité des pellicules cinéma noir & blanc, couleur tungstène et couleur lumière du jour.

Ces chiffres ont été obtenus à partir de sources diverses : « Film style and technology » de Barry Salt (cf. bibliographie), le « catalogue raisonné » de Kodak de 1889 aux années 2000 (cf. internetographie) et divers articles de *l'American Cinematographer* des années 1931, 1932 et 1938.

Ce graphique fait la part belle à l'évolution de la sensibilité, mais n'oublions pas que d'autres paramètres ont été en amélioration constante au fil des ans. Notamment la finesse du grain, le rendu des couleurs, la latitude d'exposition etc.

CHAPITRE II. Étude du repoussement des limites sensitométriques sur la fabrication des films et leur esthétique.

Le terme « haute sensibilité » ne peut être que relatif à une époque. On parlait déjà de haute sensibilité ou de film rapide en 1931 lors de l'introduction par Kodak de la *Super Sensitive Panchromatic Negative, Type 2*. Le graphique précédent nous montre que la sensibilité de l'époque était de... ISO 20. Difficile d'imaginer un tournage avec une telle sensibilité de nos jours, encore moins de lui adjoindre l'adjectif « rapide ». Aussi nous intéresserons nous à ces moments de l'histoire du cinéma, où l'augmentation de la capacité des pellicules à capter les faibles luminances a été vue comme un bond technologique, modifiant les usages et/ou l'esthétique des films.

Il sera parfois possible d'établir un lien de cause à effet direct, *À bout de souffle* (1960) en est le bon exemple. La volonté artistique de R. Coutard et J.-L. Godard d'éloigner les barrières marquera d'une pierre blanche l'histoire du cinéma. La relation qu'entretiennent technologie et esthétique peut aussi être plus diffuse, pas forcément immédiate. L'exemple de la technique du *deep focus*, popularisée par G. Toland dans sa manière de filmer *Citizen Kane* (1941) vient autant d'un artiste, le directeur de la photographie, que d'une lente appropriation par les techniciens des nouveaux outils des années 30, dont les pellicules rapides font bien évidemment partie.

Il est dur de dire si le cinéma va dans une direction précise, et si son évolution, ou plutôt ses « changements » poursuivent un but. Il est cependant tentant de voir dans l'innovation technologique des surfaces sensibles et leur utilisation un pas nous rapprochant toujours plus près d'un « cinéma total » d'un réalisme parfait, dont la capture serait indissociable de la réalité.

Je suivrais pour ce chapitre une approche historique commençant à Hollywood au début des années trente, et finissant au même endroit soixante-dix ans plus tard, avec l'arrivée du numérique dans les rues de Los Angeles. Entre temps nous aborderons la France de 1960 avec *À bout de souffle*.

A. Les années 1930 à Hollywood

Le 5 février 1931, Eastman-Kodak introduit sur le marché américain une nouvelle pellicule, la *Super Sensitive Panchromatic Negative, Type 2*. Pellicule noir & blanc que les tests sensitométriques donnent deux fois plus sensibles à la lumière du jour, et trois fois plus au tungstène que sa prédécesseur⁶. Tout au long de la décennie, la firme continuera d'innover et de proposer toujours plus de sensibilité⁷. En 1938, la sensibilité de ISO 160 est proposée (pellicule *Super XX*), soit une augmentation par un facteur 8 de la sensibilité en sept ans.

Les changements de pratique de l'époque résonnent particulièrement avec les réactions provoquées de nos jours par l'arrivée de capteurs toujours plus sensibles, comme nous l'étudierons dans la dernière partie de ce mémoire. Comprendre ces changements apportera un éclairage sur nos pratiques actuelles.

Notons tout d'abord que l'arrivée des films dits rapides ne répond pas à une demande artistique. On ne peut pas attribuer l'innovation technique et esthétique à des individualités que l'on pourrait désigner comme un duo inventeur/ artiste. V.-F. Perkins nous donne un bon exemple d'innovation stylistique basé sur une relation artiste/ technicien ; problème/ solution, en décrivant la naissance de la caméra mobile dans *Le Dernier des Hommes* (1924) de F.W. Murnau.

« Quand *Le Dernier des Hommes* était encore en phase d'écriture, Mayer (le scénariste) alla voir le directeur de la photographie Karl Freund pour savoir jusqu'où il était possible de filmer de long plans avec une caméra continuellement mobile. Quand Freund lui assura qu'il pouvait le faire, Mayer reprit l'écriture et construisit le scénario pour exploiter ces possibilités au maximum. ⁸»

⁶ HUSE, E. & CHAMBERS, G.A., « Eastman super sensitive panchromatic type two motion picture film », *American Cinematographer*, Mars 1931, p. 9-10.

⁷ Kodak ne fut pas la seule à proposer ces produits. Citons aussi Agfa et Du Pont, devant parfois même le géant Eastman, mais moins utilisés par les studios.

⁸ PERKINS, V.F., *Film as film : Understanding and judging movies*, New-York, Perseus Books Group, 1972, p. 56. (Trad. personnelle)

Les témoignages de l'époque sur le rapport entre techniciens et industriels pointent la forte ascendance de ces derniers sur les travailleurs des studios, comme nous le raconte un opérateur à la fin des années 30 :

« Nous étions un vrai troupeau de moutons. Quand Eastman envoyait un nouveau stock –« *cette pellicule est bien pour çï, pour ça* », et bien, tous les opérateurs voulaient l'essayer et voir. Et les réalisateurs se devaient de l'avoir...⁹».

Aujourd'hui, quand un fabricant parle de sensibilité, nous pensons tout de suite à la quantité de lumière ; habitués que nous sommes à voir un capteur reproduire toutes les nuances colorées de la scène. Au début du siècle dernier et jusqu'aux années trente, la sensibilité englobait aussi l'idée de *qualité de la lumière*. La *qualité* concerne la capture des couleurs. Les sels d'argent ne sont sensibles qu'aux radiations bleues, il a donc fallu la découverte puis l'amélioration de colorants sensibilisateurs aux autres longueurs d'ondes (vertes, rouges) pour arriver en 1931 à une reproduction tonale comparable à celle de l'œil. On parle alors de panchromatisme, en opposition à l'orthochromatisme. Pour un film orthochromatique, une radiation rouge ne transporte pas assez d'énergie pour activer le noircissement de l'argent. La pellicule négative n'enregistre donc pas cette information, on se retrouve avec une forme noire sur le positif à la place. Oliver Marsh, A.S.C. témoigne :

« Ce nouveau film serait donc d'une importance relativement mineure s'il n'amenait qu'une évolution de la vitesse, sans amélioration de la qualité photographique. [...] Cependant, avec le nouveau *Super Sensitive Panchromatic film*, nos caméras voient presque comme notre œil. Notre temps et savoir-faire seront utilisés à d'autres fins que d'empêcher le film, à l'aide de filtres et de lumières, de distordre les contrastes de tons mis en place par les décorateurs et les costumiers¹⁰»

⁹ O'DAWN, M, '*Innovations in cinematography*', *the American Film Institute/ Louis B Mayer Oral History Collection*, Glen Rock, Microfilming Corporation of America, 1977, p. 187 (Trad. Personnelle)

¹⁰ MARSH, Oliver, « Super sensitive films in production », *American Cinematographer*, mai 1931, p11.

On s'aperçoit à travers l'avis d'Oliver Marsh qu'une augmentation de la sensibilité dans le sens de quantité de lumière était même moins recherchée ou voulue qu'une correcte reproduction tonale.

L'arrivée des films rapides ne répondant pas à une demande esthétique, les premiers effets de leur adoption sont donc d'ordres plutôt fonctionnels et concernent l'organisation du travail. Après avoir tourné une première fiction à l'aide de la *Kodak Super Sensitive* en 1931, *Politics* (réalisé par Charles Reisner), Clyde De Vinna, A.S.C. (oscarisé trois ans plus tôt) interroge tous les protagonistes de la création du film. Des actrices au superviseur technique du studio, tout le monde semble tirer un bénéfice de cette avancée technologique. Polly Moran, actrice sur ce film, sent la différence : « Tout est différent maintenant : nous pouvons nous sentir comme des êtres humains, et ce peu importe la durée pendant laquelle vous et le réalisateur nous laissez sous les lumières¹¹ ». La chaleur excessive dont il est question dans l'article a aussi comme fâcheux résultat de faire couler le maquillage, et provoquer une fatigue rapide des comédiens, allant jusqu'à leur faire quitter le plateau avant la fin de la journée. Si la température diminue (*l'American Society of Cinematographers* parle d'une réduction de 20%¹²), c'est que les sources utilisées sont moins puissantes, car la quantité de lumière nécessaire est moindre. Les projecteurs sont donc plus petits et plus faciles à manipuler, le passage d'un plan à un autre plus rapide à mettre en œuvre. Conséquence souhaitable pour un réalisateur, comme le décrit C. Reisner : « Voilà le point important : de réduire l'élément mécanique (faisant référence au travail des techniciens, *nda*), pour permettre à l'acteur d'enchaîner rapidement et dans la continuité, tant qu'il est dans le même état d'esprit¹³ ».

Tous les points soulevés rendent compte d'une meilleure efficacité du travail. La référence à la « mécanique » n'est pas anodine, tant les premiers effets de l'adoption de la pellicule ne concernent que les gestes techniques, la rapidité, la baisse de la fatigue. Les producteurs se frottent les mains. Dans la

¹¹ DE VINNA, Clyde, « New angles on fast film », *American Cinematographer*, Juin 1931, p. 13. (Trad. Personnelle)

¹² ASC, « ASC recommends fast films », *American Cinematographer*, juillet 1931, p. 19.

¹³ DE VINNA, Clyde, « New angles on fast film », *American Cinematographer*, Juin 1931, p. 13. (Trad. Personnelle)

lignée des articles précédents, l'argument économique sur la quantité d'énergie est souvent repris. Toujours pour les mêmes raisons, on estime la baisse de la facture électrique à 40%.

L'adoption des films rapides n'a toutefois pas été comparable à un raz de marée. Malgré ses avantages et les nombreux articles parus dans les revues professionnelles, il faut attendre un communiqué officiel de l'ASC en juillet 1931 pour entériner le changement¹⁴. La grande peur était alors de ne plus pouvoir proposer à l'image le *soft style*. Véritable graal cinématographique, le *soft style* se caractérise, comme son nom l'indique, par une image « douce », ou vaporeuse. Cette douceur peut être amenée par l'utilisation de plusieurs techniques ou principes : le flou et le manque de netteté, un contraste réduit produisant une image grise, différents filtres devant l'objectif, voire même de la gaze étirée, des objectifs dit « *soft focus* » ne permettant pas d'atteindre une netteté impeccable ou encore l'utilisation de longues focales amenant naturellement du flou en arrière plan¹⁵. C'est l'image d'Épinal du plan « glamour », du cinéma classique hollywoodien des années 20-30.

En voici deux exemples sur des gros plans.



Figure 3 - Marlene Dietrich dans *Shanghai Express* de J. von Sternberg, éclairé par L. Garmes (1932)

¹⁴ ASC, « ASC recommends fast films », *American Cinematographer*, juillet 1931, p. 19.

¹⁵ Bordwell, D. ; Staiger, J. ; Thompson, K., *The Classical Hollywood Cinema – Film style and mode of production to 1960*, New York, Columbia University Press, 1985, p. 527



Figure 4 – Janet Gaynor dans 7th Heaven de F. Borzage, éclairé par E. Palmer et J. A. Valentine (1927)

Notez le détail qui se perd progressivement sur les cheveux ; l'aspect sans défaut de la peau, le rapide passage au flou. Aucune dureté n'est présente dans ces images¹⁶.

Il existait donc plusieurs moyens techniques permettant de créer cette douceur, souvent combinés entre eux. Et tous ne dépendaient pas que de l'optique. Le bas contraste est affaire d'éclairage certes, mais aussi de traitement en laboratoire et donc de la chimie présente dans le film. Idem pour la sensation de netteté, qui provient d'abord de l'optique, mais ensuite de la capacité de la pellicule à la restituer. Le directeur de la photographie ne peut donc pas maîtriser tous les paramètres du *soft lighting*, certains sont inhérents au support et si celui ci changeait, alors la balance changerait et il faudrait retrouver le moyen d'arriver à cette douceur, sans garantie d'y arriver.

Les témoignages des années trente indiquent que la question du *soft style* était primordiale : « Aujourd'hui, notre but repose sur un contraste naturel avec une douceur artistique. [...] Nous pouvons –et devons- utiliser un

¹⁶ La mauvaise qualité de base du fichier numérique, extrait depuis un dvd puis compressé, joue aussi sur la sensation de flou dans ce cas là.

soft lighting, mais en le balançant correctement¹⁷ » L'injonction ici faite est représentative de l'institutionnalisation de la question du beau dans le système des studios. L'implantation massive du *soft style* appuie l'idée que les chefs opérateurs aient pu être frileux quand à l'idée de changer de pellicule. Il faut d'ailleurs attendre un communiqué de l'*American Society of Cinematographers* à travers son magazine en juillet 1931 pour pousser vraiment les opérateurs à utiliser la nouvelle pellicule, comme l'analysent les auteurs de *The Classical Hollywood Cinema – Film Style & mode of Production to 1960*¹⁸. Avant cela, les pratiques restaient les mêmes. Voici les argument que l'ASC a dû avancer pour convaincre : « [...] Avec les éclairages d'aujourd'hui et de plus petites ouvertures de diaphragme, une meilleure définition peut être atteinte sans sacrifier cette qualité de *douceur* (softness) qui a toujours été le but artistique des opérateurs¹⁹ ».

Pour convaincre de changer, il a du falloir convaincre que... rien n'allait changer ! Que le style d'éclairage pourrait être conservé. Un parallèle est possible avec le passage au numérique, notamment avec l'arrivée de l'Arri Alexa, qui a rassuré les opérateurs, en proposant des images les plus proches possibles de la pellicule.

C'est donc bien, dans un premier temps, une modification de l'organisation du travail qui émerge, et non pas une révolution comme a pu l'être le passage au parlant. Les implications stylistiques se feront sentir de manière plus épars, au fil de la décennie, sans qu'il soit toujours possible de relier précisément esthétique et technologie et de savoir qui de l'artiste ou de l'industriel influence l'autre. Le rapport de la *Society of Motion Picture and Television Engineer* (SMPTE) sur l'éclairage en studio résume parfaitement la situation dans l'édition de mars 1938 de son journal : « Il est souvent difficile

¹⁷ MARSH, O, « Super sensitive films in production », *American Cinematographer*, mai 1931, p11. (Trad . personnelle)

¹⁸ Bordwell, D. ; Staiger, J. ; Thompson, K., *The Classical Hollywood Cinema – Film style and mode of production to 1960*, New York, Columbia University Press, 1985, p. 343

¹⁹ ASC, « ASC recommends fast films », *American Cinematographer*, juillet 1931, p. 19. (Trad. personnelle)

de décider si le développement des nouveaux outils est la cause ou le résultat des progrès accomplis.²⁰».

Concernant la vitesse des émulsions, on observe durant les années trente une formidable montée, passant de ISO 20 en 1931 à ISO 160 en 1938 avec la Kodak Super XX. C'est cependant la Kodak Plus X, à ISO 80 qui sera la plus populaire à cette période. La Super XX était utilisée dans les cas où la lumière venait vraiment à manquer, plus rarement en production « normale ». Passer de ISO 20 à ISO 80 signifie deux diaphragmes supplémentaires en sensibilité, qui n'ont pas servi à sécuriser la profondeur de champ, mais bien à réduire la quantité de lumière. La preuve avec cette enquête de 1940 sur les niveaux lumineux en studio²¹.

WARNER BROTHERS'				
1. Ernest Haller, A.S.C.	80	f.2.3	Plus X	Dolly-shot: from medium-shot to close-up. Amber gelatin on key-light.
2. James Wong Howe, A.S.C.	44	f.2.3	Plus X	Effect lighting, extreme low-key. No meter used.
3. Gaetano Gaudio, A.S.C.	100	f.2.6	Plus X	Costume test; almost certainly above the level this man would use on production.
4. L. William O'Connell, A.S.C.	82	f.3	Plus X	Treated lens; high key for broad comedy.
5. Arthur Edson, A.S.C.	120	f.2.8	Plus X	Effect lighting, in roofed garage on large stage exterior.
6. Arthur Todd, A.S.C.	78	f.2.8	Plus X	
7. Sid Hickox, A.S.C.	68	f.2.4	Plus X	
8. Willard Van Enger, A.S.C.	44	f.2	Plus X	Process shot, night.

Figure 5 -- Niveaux lumineux (foot-candles), diaphragmes et émulsions en production chez Warner Brothers en 1940

L'article s'intéresse à tous les gros studios hollywoodiens. On y voit que l'ouverture de l'objectif reste maximale, avec des niveaux lumineux beaucoup plus bas qu'en 1937 où la moyenne tournait autour de 250-400 foot-candles²². C'est donc 4 fois moins de puissance électrique en 7 ans.

On notera au passage la suprématie de la pellicule Kodak Super X.

²⁰ FARNHAM, R.E. (sous la dir. de), « Report of the studio lighting committee », *Journal of the Society of Motion Picture Engineers*, Volume XXX, numéro 3, mars 1938, p. 294 (Trad. personnelle)

²¹ Stull, W., « Surveying Major Studio Light Levels », *American Cinematographer*, Juillet 1940, p.295

²² SALT, B., *Film Style & Technology : History and Analysis ; 3rd & biggest edition*, Londres, Starword, 2009, p.216

Je finirais cette partie en abordant le cas de la Twentieth Century-Fox. L'enquête précédente révèle que cette *major* ne laissait pas le choix aux directeurs de la photographie quant au choix du diaphragme et de l'éclairage du plateau. Il fallait tourner à F/3.5, avec un keylight de 150 foot-candles (la balance de l'éclairage était libre et permettait de moduler les effets)

TWENTIETH CENTURY-FOX				
Standard key-lighting used by all cinematographers, according to Supervisor of Photography Dan B. Clark, A.S.C.	150	f.3.5	Plus X	Four units working as of day this survey made; so counted in averages.

Figure 6 – Contraintes techniques de prise de vue imposées par la Fox en 1940

Ceci permettait de standardiser le développement et de s'assurer d'une identité commune aux images, en contraignant les chefs opérateurs à emprunter un chemin connu, qui avait fait ses preuves.

Les pellicules rapides ont donc permis cette ouverture plus petite que celles rencontrées ailleurs. On a pu fermer le diaphragme sans augmenter la facture électrique, et s'assurer d'une reproductibilité des résultats, évitant ainsi des surcoûts liés au laboratoire, au tirage, à une mauvaise exposition etc.

Une ouverture plus petite produit une profondeur de champ plus grande, donc une zone de netteté beaucoup plus étendue dans l'image. Il est intéressant de noter que Gregg Toland, chef opérateur connu pour son travail sur Citizen Kane et la popularisation du *deep focus* (grande profondeur de champ), tourna pour la Fox en 1939 *Les Raisins de la Colère* (*The Grapes of Wrath*) de John Ford. On y remarque déjà l'utilisation des techniques du *deep focus* « jusqu'alors absente de son travail²³ »

²³ SALT, B., *Film Style & Technology : History and Analysis ; 3rd & biggest edition*, Londres, Starword, 2009, p.217 (trad. personnelle)



Figure 7 – Grande profondeur de champ, Les Raisins de la Colère, J. Ford, image Gregg Toland (capture du Blu-Ray)

On peut se demander quelle a été l'influence des règles édictées par la Fox sur le travail futur de Toland. Si l'obligation de travailler avec une plus petite ouverture a éveillé son intérêt pour cette esthétique, dont *Citizen Kane* (1941) fait office de manifeste. Volonté individuelle mise en image grâce aux avancées de l'industrie ; *Citizen Kane* ne serait pas ce qu'il est sans cette pellicule « très » sensible. N'oublions pas toutefois que la sensibilité des émulsions ne fut qu'un maillon de la chaîne ; l'avènement des objectifs à courte focale, le travail du chef décorateur sur les plafonds, les trucages optiques et j'en passe furent indispensables dans la mise en scène (vue d'un côté technique) en profondeur utilisée par Orson Welles.

B. 1960 : la nuit en économie pauvre : *À Bout de Souffle*

À Bout de Souffle est un film tourné par Jean-Luc Godard et éclairé par Raoul Coutard à la fin de l'été 1959, puis sorti en salle en mars 1960. Iconique, iconoclaste, il reste encore le film le plus emblématique et reconnu de la nouvelle vague. « *À Bout de Souffle* est beaucoup plus que le point final du cinéma d'une certaine époque, c'est le point de départ du cinéma moderne des années 60, son "manifeste et son programme", comme l'a si bien dit Marc Cerisuelo, et l'histoire ultérieure du cinéma n'a fait que confirmer cette perspective²⁴ ».

Le budget alloué au film est extrêmement réduit. L'idée est alors de se dire que plutôt que de produire un film, produisons-en trois pour la même somme, augmentant ainsi les chances de succès. Si un film touchait le grand public, il remboursait tous les frais des autres. Ce petit budget se traduit par des moyens techniques extrêmement réduits. Cette réduction de moyens est aussi voulue par le réalisateur, comme le rappelle Coutard :

« Godard m'avait dit " imaginez que c'est un reporter qui suit les personnages". On devait donc être légers, mobiles, prêts à se planquer quand on tournait dans la rue. C'est de là tout bêtement que sont venus les "trucs" qui ont fait la fiction de la nouvelle vague²⁵. »

Les choix esthétiques sont donc nés d'une volonté individuelle bien sûr, mais aussi en bonne partie contraints par ces moyens limités. C'est ce qui poussera le chef opérateur à utiliser un traitement spécial et une pellicule pour appareil photo afin de capturer les scènes nocturnes, trop sombres pour les pellicules de l'époque en absence d'éclairage. J'y reviendrais.

Ce film, comme le résume Godard, est l'histoire « d'un garçon qui pense à la mort et d'une fille qui n'y pense pas²⁶ » On y suit les deux derniers jours à vivre de Michel Poiccard, recherché pour avoir tué un policier. Les nombreux présages funestes et références à la mort du film (le piéton renversé et mort sur la route, la citation de Lénine « Nous sommes tous des

²⁴ MARIE, M., *À bout de souffle - Étude critique*, Paris, Nathan, Synopsis, 1999, p. 54

²⁵ BERGALA, A., *Godard au travail*, Paris, Editions Cahiers du Cinéma, 2006, p.40-41

²⁶ *op. cit.*

morts en permission », Michel avouant à Patricia penser tout le temps à la mort...) créent un sentiment d'urgence et d'inéluctable. Le temps de l'histoire ne peut donc pas s'étirer, tout doit être raconté à l'intérieur de ces plus ou moins quarante huit heures. Michel tue un policier, puis est abattu par l'un d'eux deux jours plus tard. Il est toujours possible d'imaginer que le cinéaste aurait peut être pu raconter son film sans y faire figurer la nuit. Mais pour lui qui « pensait(s) réaliser un thriller, un film de gangster, croyait(s) qu'il filmait(s) *Le fils de Scarface* ou *Le Retour de Scarface*²⁷ », la nuit est indispensable tant elle est associée au milieu de la pègre, du méfait, de la mort. Les déambulations nocturnes prennent place quelques heures avant la trahison de Patricia, l'aube, puis la mort de Michel. La première nuit de l'histoire est éludée, donnant plus de présence à la deuxième, qui est un lieu de passage ; la dernière avant la mort. L'action se passe donc en partie de nuit, mais dans un environnement difficilement contrôlable pour un technicien, tels des grandes avenues, de grandes places, des carrefours. C'est une nuit résolument urbaine, parisienne.



Figure 8 - Extérieur nuit – Boulevard. *À Bout de Souffle* (extrait du DVD)

²⁷ BRENEZ, N, ARNOLDY, E, Cinéma/ Politique : Trois Tables Rondes, Bruxelles, Labor, 2005. Consultable ici (ddc 06/04/17) : <http://archive.wikiwix.com/cache/?url=http%3A%2F%2Frevuedebordements.free.fr%2Fspip.php%3Farticle106>

C'est une nuit qu'on ne peut pas tricher. Comme on peut le voir sur le photogramme reproduit plus haut, impossible de tourner de jour avec une technique de nuit américaine. Les lumières de la nuit, les fluos, les enseignes, les reflets chromés sont présents dans chaque plan, et font partie de ces attributs que l'on ne peut filmer que de nuit. Les moyens techniques à mettre en œuvre pour obtenir la même image de jour seraient démesurés. Je pense par exemple à une reconstruction de ville en studio comme a pu le faire des années plus tard F.F. Coppola pour Las Vegas dans *Coup de Cœur* (*One From the Hearth*, 1981). Le budget et ses dépassements se comptèrent alors en millions de dollars.

Non, ici le cinéaste rejette le studio, il s'agit ici de filmer la vie « là où elle est. À la ville, à la campagne, dans les rues, les chambres, les bureaux. Telle est la valeur manifeste du film²⁸ ». À *Bout de Souffle* n'est pas la première fiction tournée en dehors des studios, mais il inscrit clairement cette sortie dans son programme, énoncée par le protagoniste lui même dans sa célèbre réplique face caméra « Si vous n'aimez pas la mer... Si vous n'aimez pas la montagne... Si vous n'aimez pas la ville... Allez vous faire foutre ! »

Déjà *Les 400 Coups* (1959), et avant cela *Bob Le Flambeur* (1955) de Jean-Pierre Melville, « dont l'esthétique préfigurait étonnamment celle de la nouvelle vague²⁹ » ont choisi de tourner dans la rue. Le directeur de la photographie de ces deux films, Henri Decaë, utilise pour cela la pellicule la plus sensible du marché, la récente Gevaert 36. Annoncée sur le site de l'AFC comme dotée d'une sensibilité de ISO 250³⁰, elle permet de tourner des extérieurs urbains de nuit, sans toutefois permettre de se passer d'éclairage additionnel sur les personnages.

²⁸ LACUVE, J.-L., *À bout de souffle*, Cine club de Caen, 06/06/2012. Disponible ici : <https://www.cineclubdecaen.com/realisat/godard/aboutdesouffle.htm> (dernière consultation le 06/04/17)

²⁹ BERGALA, A., *Godard au travail*, Paris, Editions Cahiers du Cinéma, 2006, p.43

³⁰ SALOMON, M., *À Cannes Classics, Ascenseur pour l'échafaud*, photographié par Henri Decaë, 20/05/15 consultable ici : <http://www.afcinema.com/A-Cannes-Classics-Ascenseur-pour-l-echafaud-de-Louis-Malle-photographie-par-Henry-Decae.html>



Figure 9 - *Extérieur nuit éclairé, Bob Le Flambeur (1955)*



Figure 10 – *Extérieur nuit d'un café parisien, Bob le Flambeur (1955)*

Sur l'image 9, l'éclairage de cinéma est aisément repérable. Bien que la position mime de toute évidence celle d'un lampadaire, le reste de la rue, censé être éclairé par ces mêmes lampadaires est trop sombre. L'éclairage très localisé trahit ici la technique, mais permet une lecture aisée du jeu. Le deuxième photogramme pourrait lui être tiré du film de Godard. C'est une image que l'on va souvent retrouver dans les films « nouvelle vague ». Le café

parisien, la nuit, l'enseigne lumineuse, et cet aspect d'îlot lumineux englobé par les ténèbres, attirant l'œil et les parisiens en quête d'un repère pour la nuit.

Les plans larges des lieux de vie nocturnes sont donc réalisables dès 1955, à condition de filmer en direction de la source lumineuse et proche de celle-ci. Mais quid des plans à l'intérieur d'une voiture, ou d'un couple marchant sur un trottoir, tout en gardant en tête la volonté de Godard d'être très légers, et de ne tourner (quasiment) qu'en lumière naturelle ? Il va falloir plier la technique à son désir artistique. Car la sensibilité de la Gevaert 36 ne suffisait pas pour la vision du réalisateur et du chef opérateur.



Figure 11 - Extérieur nuit – À Bout de Souffle (capture du DVD)

Comment réussir à combiner les images vues dans *Bob le Flambeur*, de grands espaces avec en plus des visages lisibles, sans l'aspect « ombres chinoises » visible sur la figure 10. La figure 11 au dessus nous montre cette synthèse réussie.

Il existait une pellicule pour appareil photo, l'Ilford HPS, produite en Angleterre et mesurée à ISO 400, donc presque deux fois plus sensible que la Gevaert 36. Seulement cette émulsion n'était conditionnée qu'en rouleaux de 17,5 mètres, ne représentant qu'une trentaine de secondes de défilement. Son conditionnement pour le cinéma n'était pas à l'ordre du jour. Godard

décide alors, raconte Coutard, « de coller autant de bandes de 17 mètres 50 qu'il faudra pour avoir des bobines de film, et d'utiliser la caméra dont les perforations se rapprochaient le plus du Leica ; c'était heureusement le Cameflex. Les professionnels étaient fous !³¹ » Mais Coutard va plus loin. Avec l'aide du chimiste Dubois des laboratoires GTC à Joinville, il se livre à des essais de développement pour augmenter artificiellement la sensibilité de l'émulsion. A l'aide de phénidon et en jouant sur le temps de développement, il parvient à augmenter la formation des grains d'argent lors de l'étape de révélation de l'image³², portant la sensibilité du film à ISO 800. Disons simplement que pour une image enregistrée sur pellicule, selon la durée de traitement et le bain chimique, on peut la rendre plus claire, faire apparaître des détails dans les ombres. Coutard est alors paré pour tourner de nuit, sans lumière additionnelle, tel un reporter dans les rues de Paris.

Il existe cependant un problème qui peut vite devenir gênant lorsque l'on « pousse » un film, c'est l'apparition d'un grain très visible. Trop poussé, et le fourmillement produit prend le pas sur l'image, masque les détails et ne permet pas une reproduction satisfaisante de la scène. Cette montée de grain est visible lors des scènes nocturnes d'*À Bout de Souffle*, par contraste avec le reste du film, et nous indique un changement de technique. Il est difficile de rendre compte par l'image de ce phénomène en bonne partie temporel (le grain est différent d'image en image). Aussi m'intéresserais-je seulement à ces espaces que peut désormais capturer Coutard :

³¹ BERGALA, A., *Godard au travail*, Paris, Editions Cahiers du Cinéma, 2006, p.46

³² L'histoire est racontée en détail dans le livre d'A. Bergala précédemment cité



Figure 12 - *Patricia, intérieur voiture nuit, À Bout de Souffle*

Notez quand même l'aspect « texturé » de la peau de Patricia, imputable au grain, qu'on ne retrouve pas dans le reste du film. Cela ne gêne aucunement la lecture des images.

Il n'y a pas d'éclairage embarqué avec l'opérateur. La lumière du film, c'est la lumière de la ville. Notons l'astucieux choix de voiture avec toit décapotable, permettant de profiter d'un peu plus de lumière. Henri Alekan disait de la lumière de la nouvelle vague qu'elle était « à l'état brut, sans fonction psychologique sauf celle laissée au hasard³³ ». Il y a du vrai, mais pas dans la manière négative dont je pense qu'il l'entend. Ce hasard est libérateur, c'est un éclat qu'il faut être prêt à capter. Le cinéaste et son directeur de la photographie laissent le hasard et l'inattendu entrer dans la fabrication du film, tout en ayant un choix de cadrage, un choix de décor, un choix d'horaire, d'itinéraire, puis de choix et de montage. L'incroyable liberté apportée par cette nouvelle pellicule et le traitement spécial les autorisent à faire de la ville brute leur terrain de jeu. C'est un élan de liberté que l'on capture, assuré par les acteurs, le cadre, le montage, plus que par un éclairage psychologique au sens où Alekan pourrait l'entendre. En ce sens, la

³³ ALEKAN, H., *Des Lumières et des Ombres (Nouvelle édition)*, Paris, Editions du Collectionneur, 2001, p. 225

psychologie de l'éclairage d'*À Bout de Souffle* est en total accord avec son propos.



Figure 13 - *Extérieur nuit devant un café parisien, À Bout de Souffle*

Le photogramme 13 montre une image résolument nocturne ; la chaussée sombre, les phares des voitures et l'éclairage urbain dans le fond nous l'indiquent, tout en donnant à voir des visages et des corps de manière très lisible, sans pour autant paraître irréaliste. Sans éclairage d'appoint (ou si peu), c'est l'image qu'on s'attendrait naturellement à voir dans une telle situation.

À Bout de Souffle ne pouvait pas se passer de la nuit, tout comme il ne pouvait pas la tricher. Le pari fou de Godard de tourner en pleine nuit sans les moyens classiques du cinéma repose donc sur une volonté artistique s'étant imposée sur l'industrie et la technologie, cette fois ci en retard, là où elle devança les opérateurs à Hollywood en 1931. Pousser la pellicule au laboratoire pour la rendre plus sensible exige tout de même une bonne qualité de base du matériau. La naissance de ce film n'aurait pas été possible cinq ans plus tôt, du moins pas avec cette image, et impossible en couleur, les pellicules étant trop peu sensibles. Je laisse à Raoul Coutard le soin de résumer cette partie:

« La réussite mondiale d'*À Bout de Souffle* tient évidemment à l'imagination de Godard,[...] à son "brio sur le moment", mais... aussi au fait que Godard a collé des bouts d'Ilford de 17,50 m, envers et contre tous, et obtenu par miracle une machine à part aux laboratoires GTC³⁴ »

Une question subsiste. Si les pellicules ont été collées ensemble puis passées dans la caméra, ne devraient il pas y avoir certaines images présentant une coupure en leur centre ? Godard, qui pouvait ne tourner qu'une seule prise par plan, aurait-il pris le risque de tourner une prise inutilisable en montage ?

C. Michael Mann : L'arrivée du numérique, la nuit et le bruit. 2004-2006

La dernière grande évolution concernant la sensibilité des surfaces photosensibles remonte à l'arrivée des caméras numériques sur les plateaux de fiction. *Vidocq* (Pitof, 2001) fut le premier film à être tourné entièrement en numérique, mais il faut bien reconnaître que le succès mondial de *Star Wars episode II: L'attaque des clones* (G. Lucas, 2002) marque officiellement le début du cinéma digital et son entrée dans le 21^{ème} siècle, que l'on imagine alors tout numérique³⁵.

Michael Mann fut l'un des premiers à s'emparer de la technologie numérique, à lui chercher une identité différente de la simple émulation de l'image argentique. C'est à travers *Collateral* (2004) puis *Miami Vice* (2006) que ce travail s'exprime le mieux. Il collabore sur ces deux films avec le directeur de la photographie Dion Beebe, A.S.C³⁶. Ils tentent de trouver une nouvelle identité à la nuit, une nouvelle manière de la filmer. Recherche permise justement par l'utilisation des caméras numériques récemment développées pour le cinéma.

³⁴ Le Nouvel Observateur, 22 septembre 1965, cité par BERGALA, A., *Godard au travail*, Paris, Editions Cahiers du Cinéma, 2006, p.40

³⁵ MAGID, R., « Exploring a New Universe », *American Cinematographer*, Septembre 2002, consultable ici (ddc : 12/04/17): <http://www.theasc.com/magazine/sep02/exploring/#>

³⁶ Paul Cameron effectua la préparation de *Collateral* et la première semaine de tournage avant de quitter la production à cause de divergences artistiques avec Mann.

Un des premiers points soulevés par D. Beebe concerne la sensibilité du médium, bien supérieure dans les ombres que la pellicule : « La HD se démarque déjà par son incroyable sensibilité dans le bas de la courbe. [...] Le parfait exemple pour l'illustrer est de filmer la nuit, et de capturer des détails dans le ciel nocturne, ce que le film, à 24 images par seconde, avec un obturateur à 180° ne peut pas encore atteindre³⁷ » Cette capacité à travailler avec des niveaux plus faibles qu'en pellicule sera mise à contribution dans *Collateral*, film qui suit un tueur à gages (Tom Cruise) devant exécuter cinq personnes pendant la nuit, à Los Angeles. La ville nocturne est présente à chaque plan, par ses lumières, son architecture, son immensité, confinant au final les humains à des anonymes, inconnus et invisibles les uns des autres dans la nuit américaine, comme le théorise Vincent (Cruise) lors d'une discussion au début du film.

Il y a au départ la volonté de Mann de filmer cette ville (le scénario original plaçait l'action à New York, le réalisateur insista pour la déplacer dans la cité des anges³⁸). Los Angeles n'est donc pas un décor anodin et interchangeable, mais encore faut-il réussir à inscrire l'ambiance de la ville dans les images. L'un des partis pris esthétique consiste à « travailler autant que faire se peut avec les lumières de la ville³⁹ », pour « créer un environnement urbain rayonnant (glowing), et faire de la ville un personnage de l'histoire autant que Max et Vincent l'était⁴⁰ » nous dit Dion Beebe, chef opérateur du film. Le choix de la caméra se porte donc sur la Thompson Viper, ainsi que la Sony/ Panavision HDW-F900 pour quelques plans. La sensibilité annoncée par Thompson et visible sur la fiche technique de la Viper la donne à ISO 320, soit 2/3 de diaphragme moins sensible que les pellicules de l'époque, comme la Kodak Vision2 5218 à ISO 500. Néanmoins, le gain sera poussé de +6dB, ce qui correspond à une augmentation artificielle par 4 de la sensibilité. On arrive donc à ISO 1280. Nous reviendrons plus tard sur l'effet produit par le gain sur l'image. Mann et Beebe peuvent alors enregistrer toutes les lumières de la ville, des faibles lueurs de

³⁷ HOLBEN, J., « Partners in Crime », *American Cinematographer*, Aout 2006, p. 53 (Trad. personnelle)

³⁸ WALDEZ, J. « Collateral », 12 avril 2008 (ddc : 15 avril 2017)

Consultable ici : <http://thisdistractedglobe.com/2008/04/12/collateral-2004/>

³⁹ HOLBEN, J., « Hell On Wheels », *American Cinematographer*, aout 2004, p. 38

⁴⁰ *ibid.*

fluos délavés sur les murs, aux millions de fenêtres faisant penser à une galaxie lorsque filmées depuis un hélicoptère.

Intéressons nous tout d'abord aux ciels luminescents de Los Angeles. Un mélange de pollution, de poussière, de vapeurs, crée un air chargé de particules. Ces particules sont alors autant d'obstacles sur lesquels peut se réfléchir la lumière venant de la ville, donnant au ciel une couleur, une texture, même en pleine nuit. Ce ciel nocturne est visible sur les deux photogrammes suivants :



Figure 14 - *Eclairage urbain et ciel lumineux. Collateral (extrait du Bluray)*



Figure 15 – *Vue aérienne de la nébuleuse Los Angeles, immensité de la ville et ciel lumineux dans le fond. Collateral (extrait du Bluray)*

L'hyper sensibilité des caméras numériques aux faibles luminances permet de travailler avec les seules lumières du pont au dessus de l'autoroute

par exemple (figure 14), tout en gardant un ciel nocturne détaillé et coloré. À la même époque, David Lynch tourne *Mulholland Drive* (2001) dans les hauteurs de la ville. Bien que les deux films travaillent sur deux esthétiques très différentes, il peut être intéressant de voir à quoi ressemble un plan d'ensemble de la ville chez Lynch, tourné en pellicule :



Figure 16 - Vue de L.A. depuis *Mulholland Drive*. *Mulholland Drive*, éclairé par Peter Deming (extrait du DVD)

Le ciel est sombre, noir et sans détail. Tourné sur pellicule, ce film n'aurait pas pu montrer un ciel différent, quelque soit la volonté artistique. À moins bien sûr de tourner en nuit américaine, on perdrait alors les éclairages de la ville, témoins nocturnes.



Figure 17 - Vue aérienne suivant le taxi. *Collateral* (extrait du Bluray)

Le photogramme ci dessus est un exemple de la nature lumineuse de la ville captée pour le film. Aucun éclairage ne possède la même température de couleur (que l'on peut grossièrement traduire par le pourcentage relatif de rouge et de bleu dans une lumière blanche) ou couleur. Il y a des éclairages sodium orange sur la chaussée, le bleu froid du panneau publicitaire, le jaune du petit signe à l'angle du bâtiment, le blanc verdâtre des lumières du parking dans le coin supérieur droit, ou encore le mur faiblement éclairé par une source inconnue en bas à droite. La caméra choisie permet de faire exister chaque source, chaque couleur, comme ce bout de mur très faiblement éclairé dont la teinte verte aurait été plus difficile (voire impossible) à saisir avec une pellicule.

L'approche reste la même pour *Miami Vice*, où de nombreuses scènes dépendent de l'éclairage urbain, comme cette rencontre sur l'autoroute :



Figure 18 – Rencontre sur l'autoroute. Miami Vice (extrait du Bluray)

Sur cette image, les lampadaires « éclatés » sont bien visibles. Les capteurs sont sensibles, certes, mais nécessitent tout de même de travailler avec une optique à pleine ouverture⁴¹ pour obtenir les détails sombres. Les ampoules des lampadaires étant très lumineuses, beaucoup plus que la valeur de saturation du capteur, il n'y a donc aucun détail. Couplé avec le

⁴¹ HOLBEN, J, « Hell On Wheels », *American Cinematographer*, août 2004, p. 38

capteur numérique réputé plus brillant que la pellicule⁴², le *flare* engendré va produire un halo autour de ces lumières. Les caméras professionnelles ont réduit petit à petit la brillance du capteur (empêchant la lumière de rebondir dessus pour retourner dans l'optique et provoquer un *flare*), mais les caméras grand public peuvent encore proposer une image des réverbères ressemblant à celle de *Miami Vice*. Cette esthétique résolument vidéo fut d'ailleurs décriée lors de la sortie du film⁴³.

La caméra utilisée est dotée d'un capteur 2/3 de pouce, plus petit qu'un photogramme de pellicule 35 mm, et même légèrement plus petit que le 16 mm. Pour un même cadrage, ce petit capteur conduit alors à une profondeur de champ plus grande, visible sur la figure 18. Il est rare de se retrouver avec une grande profondeur de champ en pleine nuit. L'arrivée du numérique sur *Miami Vice* rend la chose possible et un peu plus sensible qu'en pellicule 35 mm. L'apparition des capteurs numériques dits super35 quelques années plus tard effaceront cette différence digital/ film.

Un autre aspect que l'on attache à la vidéo est le bruit dans l'image. Le bruit fut pleinement embrassé et recherché par Mann et Beebe. Le fait de pousser le gain du capteur servit autant à augmenter artificiellement la sensibilité qu'à créer une texture d'image. Amplifier l'image augmente son chaos interne, les variations aléatoires du signal font fourmiller les pixels. Il était déjà difficile d'évoquer le grain d'*À Bout de Souffle*, phénomène temporel, par une image fixe, nous sommes ici dans le même cas de figure. On peut cependant apprécier sa trace dimensionnelle.

⁴² Les pellicules intègrent dès 1931 une couche anti halo réduisant ce phénomène, mais les débuts du digital seront une régression en ce sens. Précisons tout de même que les causes du flare dues au support ne sont pas les mêmes pour un capteur et une pellicule. L'effet à l'image reste semblable.

⁴³ Se référer aux innombrables messages laissés sur les sites de notations de films, forums etc.



Figure 19 - Gros plan sur un visage. *Collateral* (Extrait du Bluray)



Figure 20 - Détail du photogramme précédent

Les détails de la peau s'effacent pour laisser place à des détails numériques. Le ciel calme s'agite. L'œil est sollicité, l'image vibre.

Le directeur de la photographie nous donne sa vision de l'image numérique : « Les tournage en HD sont une affaire de rapport signal sur bruit. Une fois que l'on commence à pousser le gain, il faut surveiller de très près le rapport signal sur bruit.⁴⁴ » Bien que la texture voulue par Michael Mann repose en partie sur le bruit dans l'image, ils ont dû veiller à ne pas enterrer le signal dans un amas de pixels grouillants. Plus une zone est sombre ou sous

⁴⁴ HOLBEN, J, « Hell On Wheels », *American Cinematographer*, aout 2004, p. 37

exposée, plus le spectateur ressentira le bruit de cette surface (j'y reviendrais dans la partie II). *Collateral* étant un film 100% nocturne, les visages seraient donc naturellement sous exposés, et alors le bruit très visible. Voulant garder des émotions visibles et clairement identifiables, il a fallu ré-éclairer beaucoup plus les visages, puis les assombrir en post production. Ainsi, on éloigne le signal utile du bas de la courbe de réponse du capteur, résultant en un signal plus « propre ». « Sur le moniteur, ça avait l'air horrible et beaucoup trop éclairé, j'ai dû me battre contre mes instincts de chef opérateur. C'était une bataille constante entre ce qui rendait bien sur le plateau, et ce qui rendrait bien en projection de *rushs*⁴⁵ ». Le directeur de la photographie continue son explication :

« La clé fut de garder les visages des acteurs dans une plage acceptable. En tant que spectateur, votre attention est toujours portée sur le comédien, et nous avons remarqué qu'on pouvait s'en tirer avec beaucoup de bruit dans le fond tant qu'on n'en voyait pas sur le visage de l'acteur⁴⁶ ».

Dion Beebe devait faire particulièrement attention à son signal. Pour cela, la cellule ne suffisait pas, il fallut utiliser un nouveau venu sur les plateaux de tournage ; l'oscilloscope. Appareil de mesure donnant une représentation visuelle du signal vidéo de 0% (noir) à 100% (blanc), il permet de vérifier que le signal ne soit pas trop proche du 0% et de la zone bruitée. Et apprendre à se méfier de ses yeux et surtout du dispositif sur lequel sont regardées les images. Sur un petit moniteur, tout peut paraître correct, mais une fois projetées sur grand écran, le bruit se fait alors bien trop ressentir. D'où la nécessité de contrôler le signal par une approche quasi mathématique et indépendante de notre vision et de ne jamais le laisser aller trop bas. Dans ce cas ci, le directeur de la photographie n'allait jamais en dessous de 20%. La technologie a depuis bien avancé, et les caméras génèrent de moins en moins de bruit, repoussant les limites de l'exposition. Si *Collateral* se tournait aujourd'hui, Beebe n'aurait pas à surexposer le visage des comédiens par exemple, et le travail « à l'œil » n'en serait que plus aisé.

⁴⁵ *ibid*, (Trad personnelle)

⁴⁶ *ibid*, (Trad prsonnelle)

Collateral, puis *Miami Vice* sont deux films qui, au lieu de masquer leur origine électronique et ce qui peut être perçu comme des défauts par certains, l'amplifie au contraire, dans une quête d'identité du médium numérique.

CHAPITRE III. Quelle vision du sombre en peinture ?

La peinture a été, plusieurs siècles avant le cinéma (et pour cause), capable de reproduire des scènes en basse luminance, sans les limitations techniques évoquées plus haut. La reproduction mécanique permise par l'imagerie technologique, qu'elle soit argentique ou numérique, « a maintenant dépassé en précision et en exactitude ce que nous montre la peinture. Mais celle-ci, justement, en représentant autre chose nous offre ce que la technique est impuissante à offrir par elle-même : l'intervention du cerveau de l'artiste entre le modèle et l'œuvre⁴⁷ ». Les exemples que nous allons étudier sont autant de façons de modeler et travailler la basse luminance, que ce soit la bougie comme source unique ou la scène nocturne lunaire, qui inspireront plus tard les directeurs de la photographie.

A. Nocturne à la bougie

1. Thèmes, effets et représentations

La nocturne à la bougie est un thème récurrent dans l'histoire de l'art, certains artistes étant d'ailleurs à jamais associées à cette pratique, et inversement. On pense bien sûr à Georges De La Tour (1593 – 1652), mais aussi à son contemporain hollandais Gerrit Van Honthorst (1590 - 1656), surnommé à l'époque *Gerardo della notte* par les italiens⁴⁸. Je m'intéresserai à des tableaux dont la lumière et les ombres proviennent d'une unique bougie. On peut noter deux effets différents et en partie opposés produits par ce dispositif, en ce qui concerne les ombres. Elles peuvent revêtir des formes comiques ou effrayantes : « Elles accentuent le pittoresque des visages, dont elles simplifient l'expression, ou soulignent la bizarrerie des silhouettes⁴⁹ ». Beaucoup des toiles de Van Honthorst utilisent le positionnement de la source unique pour renforcer l'effet de monstruosité des personnages. Une position anti solaire, c'est à dire sous le regard de la personne (à l'inverse du soleil

⁴⁷ LANTHONY, P., *Lumière, vision et peinture*, Paris, Citadelles & Mazenod, p. 171.

⁴⁸ MILNER, M, *L'envers du visible : Essai sur l'ombre*, Paris, Seuil, septembre 2005, p.115

⁴⁹ *Ibid.*

brillant haut dans le ciel), va créer des ombres inversées. Prenons l'exemple des pommettes et des orbites des yeux. Un soleil d'été, sans nuages dans le ciel pour diffuser sa lumière, va briller sur les pommettes et laisser les orbites dans l'ombre. Étant une source unique, les ombres seront marquées et bien nettes. Une bougie en position antisolaire aura pour effet d'éclairer les orbites, tout en laissant le haut des pommettes dans le noir.



Figure 21 - Visages éclairés par une bougie en position antisolaire. *The Duet* (huile sur toile, 1624, à gauche), *L'entremetteuse* (huile sur panneau, 1625, à droite), G. Van Honthorst, détails.

Les ombres sont profondes et bien marquées, la seule source lumineuse étant la bougie. En l'absence d'une autre lumière, les ombres ne sont pas ré-éclairées, ce qui donne la profondeur, la noirceur, bien visible dans le cou de la jeune fille à droite. La bougie placée ainsi crée une démarcation sur les yeux, les prenant en étau dans un liseré clair et remodelant les traits du visage pour atteindre un certain grotesque.

Chez De La Tour, les visages sont beaucoup plus calmes, impassibles, avec des traits plus fins, moins ronds et moins marqués que ceux vus précédemment. L'éclairage à la bougie aide ici à créer une atmosphère intimiste, de recueillement, telle que la décrit H. Alekan à propos de G. De La Tour :

« La nuit s'écoule sans commencement ni fin, dans une chaude clarté qui brule un visage ou cisèle une main transparente formant écran. La lumière

est fascinante, car elle est le reflet d'un monde intérieur terriblement présent : la lumière de l'âme⁵⁰ ».



Figure 22 – *Le Nouveau-Né*, G. De La Tour, Huile sur toile, 1648

Un sentiment de cocon, de calme intense irradie de la toile. La source unique focalise l'attention sur les trois personnages et concentre le regard au centre du tableau, devenant quasiment le véritable sujet de la peinture. De La Tour peint des scènes de genre qui ont un aspect biblique. Cette lumière pourrait faire penser au divin, qui se retrouve entièrement dans la flamme. Ce petit îlot de lumière sert moins à chasser les ténèbres environnantes qu'au contraire à protéger les protagonistes de ces « ténèbres effaçant le monde extérieur pour ne laisser subsister que le pur suspens d'une flamme à la fois vacillante et immobile.⁵¹ »

⁵⁰ ALEKAN, H., *Des Lumières et des Ombres* (Nouvelle édition), Paris, Editions du Collectionneur, 2001, p.176.

⁵¹ MILNER, M, *L'envers du visible : Essai sur l'ombre*, Paris, Seuil, septembre 2005, p .116-117

2. Bougie et photométrie, quelles libertés ?

La bougie est une source primaire rayonnant dans toutes les directions. Considérée comme ponctuelle, l'éclairement reçu varie en fonction de la distance, selon une loi de décroissance de facteur 2. L'éclairement est proportionnel à l'inverse du carré de la distance.

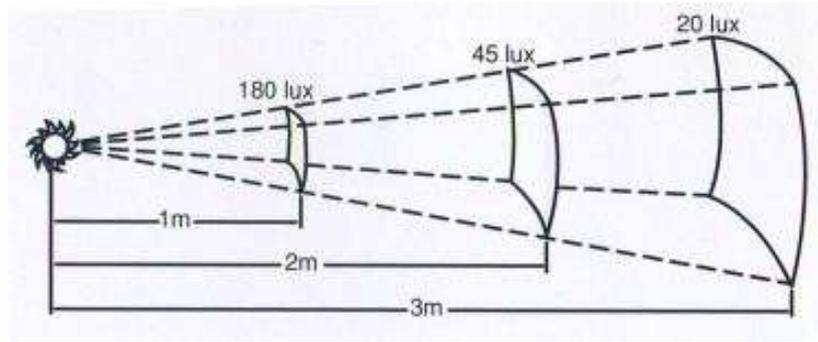


Figure 23 – Diminution de l'éclairement en fonction de la distance⁵²

On peut remarquer deux voies photométriques différentes.

La première repose sur une observation plutôt réaliste du monde et tente de créer une œuvre respectant les phénomènes physiques et les lois de propagation de la lumière.

Gerrit Van Honthorst se place dans cette veine, comme le montre l'analyse d'un de ses tableaux, *La chasse aux puces*, huile sur toile datée de 1621. Je mesure la luminance de certains points avec un spectroradiomètre Minolta CS-2000, sur un tirage papier du tableau. Les points mesurés se trouvent globalement sur un même plan, je peux donc mesurer l'écart en pixels entre chaque zone et la bougie, et faire l'approximation que cette mesure sur une surface plane est fidèle aux distances de la scène tridimensionnelle.

⁵² ALEKAN, H., *Des Lumières et des Ombres* (Nouvelle édition), Paris, Editions du Collectionneur, 2001, p.153.



Figure 24 – *La chasse aux puces*, G. Von Honthorst. Mesures de luminance en cd/m^2 .
(Mesures effectuées sur une reproduction papier du tableau)

Je m'intéresse à l'épaule ($47 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$), la main de la jeune fille ($25 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) et le visage du voyeur ($3.8 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$). L'épaule est située à une distance x de la flamme, la main à une distance $4x$ de la flamme, et le visage, $8x$. Photométriquement, si l'on considère la valeur de luminance de l'épaule comme valeur référence, alors je m'attendrais à trouver une luminance de $12 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ pour la main, et $6 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ pour le visage. Le peintre a décidé de représenter la main deux fois plus claire, et le visage deux fois plus sombre que ces valeurs. Soit un écart de 1 diaphragme avec la réalité (chiffres donnés dans la limite de ce test, effectué sur un tirage papier couleur et non en présence du vrai tableau). On ne peut donc pas parler strictement de décroissance au carré, mais les résultats en sont quand même proches. L'artiste a modulé la réalité pour l'accorder avec l'ambiance du tableau, tout en restant dans une approche réaliste et physiquement convaincante. Le visage plus sombre que la valeur attendue du voyeur correspond bien à la scène, il ne peut pas être en pleine lumière, il doit être caché pour regarder sans risquer de se faire voir.

L'autre voie photométrique prend plus de libertés dans la représentation. Artemisia Gentileschi (1593 – 1652), artiste italienne rattachée

au mouvement du caravagisme, s'intéresse aussi aux possibilités de clair obscur offertes par l'éclairage d'une simple bougie. En 1625 (le datage de ses œuvres est sujet à caution), elle peint *Judith et sa servante avec la tête d'Holopherne* (Huile sur toile, The Detroit Institute of Arts). On y voit Judith une épée à la main, sa servante plaçant la tête fraîchement tranchée du général Holopherne dans un sac. La représentation de cet épisode biblique montre le plus souvent l'acte de décapitation lui même. Ici, l'artiste nous place dans l'après.



Figure 25 – Mesures de clarté – Judith et sa servante avec la tête d'Holopherne (Gentileschi, 1625)

Considérons que les peaux des deux femmes sont identiques et réagissent de la même manière à la lumière. Bien que la poitrine de Judith soit 4 fois plus éloignée de la bougie que sa main, la clarté mesurée reste constante. Il n'y a aucune décroissance de la luminosité avec la distance. Le bras de la servante ressort de la même manière que la main de sa maitresse.

Les peaux et vêtements blancs se détachent très fortement, de manière violente, caravagesque. Cette lumière crue, à l'opposé de l'effet produit dans les toiles de G. De La Tour par exemple, expose les deux femmes, ne leur laisse aucune place pour se cacher dans un moment de vulnérabilité, si un garde venait à les découvrir, leur mort serait certaine. La puissance de la bougie est soulignée par le geste de Judith, cachant son visage de la lumière aveuglante, pour mieux voir un lointain hors du tableau. Les artistes n'ont pas hésité à s'éloigner des lois physiques, aidant ici à créer un puissant effet dramatique dans le jeu des ombres et lumières vives.

3. Le problème de la flamme.

Dans une scène nocturne intérieure, la flamme de la bougie est une source lumineuse primaire, présentant une luminance bien supérieure aux objets qu'elle éclaire ; peaux, tissus etc. Il est cependant impossible de représenter avec les moyens de la peinture, les pigments colorés, « l'exact rapport lumineux entre la source primaire éclairante et les surfaces éclairées⁵³ ». Le tableau étudié précédemment illustre parfaitement ce phénomène. La valeur de clarté de la flamme est identique à celles retrouvées sur les peaux. Une des astuces trouvées pour pallier ce phénomène (en combinaison avec de pures questions de compositions) a été de masquer la flamme. Par une main la protégeant, un corps ou un élément du décor placé devant.



Figure 26 - *Le Reniement de Saint Pierre // L'entremetteuse*
G. Van Honthorst

⁵³ LANTHONY, P., *Lumière, vision et peinture*, Paris, Citadelles & Mazenod, p. 168.

Le Nouveau Né de G. De La Tour présenté plus haut utilise la même technique.

En masquant le repère de luminance le plus fort, le reste de la toile brille d'autant plus. Cette technique a récemment été utilisée sur le film *Une Vie* (S. Brizé, 2016) par A. Heberlé, opérateur du film. Alors que la comédienne (J. Chemla) monte les marches d'un escalier à la lueur d'une seule bougie, la rambarde vient habilement occulter la flamme.



Figure 27 – *Jeanne Du Perthuis montant les marches une bougie à la main, Une Vie (2016)*
Opérateur A. Héberlé, (capture du DVD)

Le fait de placer la bougie derrière un élément de décor ou un corps va faire apparaître celui-ci « en ombres chinoises », et créer un avant-plan sombre, donc aider à la construction de la profondeur de l'image.

B. La nuit sans nuit et la nuit surréaliste

Après le calme des nuits intérieures vient la nocturne extérieure, où seule la lune baigne de sa douce clarté la scène. Sans chercher à relier les tableaux suivants à un courant ou une manière de faire, on peut tout de même noter plusieurs visions différentes. Prenons ces deux tableaux :



Figure 28 – Józef Pankiewicz, Nocturne. Cygnes dans le jardin Saski, 1894, huile sur toile



Figure 29 – Winslow Homer, Moonlight, 1874. Gouache sur toile.

Le rapport à la nuit et sa représentation sont extrêmement différents. Chez Homer, le ciel très clair, les nuages bien visibles et le bleu du ciel font presque penser à une vision diurne. La mer sombre et le manque de clarté sur la partie basse du tableau nous renvoient plutôt vers une vision nocturne. Un doute persiste, inexistant dans la toile de Pankiewicz où la noirceur du lac, le fort contraste créé par les réverbères en bordure d'eau nous renvoient à notre expérience du nocturne urbain.

Si *Moonlight* de Winslow Homer n'est pas forcément éloigné d'une vision réaliste de la nuit de pleine lune sans éclairage artificiel (peut être juste un peu trop claire et colorée), cela souligne l'importance de placer dans les tableaux des indices de la nuit. Des signes qui ne peuvent exister que la nuit.



Figure 30 – Kubo Shunman, Retour de soirée poétique au printemps, 1787- 1788, estampe en couleur.

Pour Kubo Schunman, la solution fut de jouer sur la couleur. Partant du principe que la vision des couleurs est très diminuée la nuit, il dessine en noir la scène, et en couleur les parties éclairées par les lanternes. Un jaune caractéristique de la bougie apparaît alors sur l'image, dans les parties se trouvant sur le chemin des faisceaux lumineux. « Le peintre ne peut pas compter sur la luminance objective de ses pigments pour indiquer le niveau nocturne, crépusculaire ou diurne. En conséquence, il doit peindre sur la toile des indices spécifiques suggérant la niveau lumineux nocturne, crépusculaire ou diurne représenté⁵⁴ »

⁵⁴ LANTHONY, P, *Lumière, vision et peinture*, Paris, Citadelles & Mazenod, 2009, p.133

Magritte, peintre surréaliste, invoquera souvent la nuit, chère à ce courant (« exigée d'ailleurs par la pratique de l'écriture automatique et de l'appel à l'expérience onirique⁵⁵ »).



Figure 31 – Magritte, L'Empire des Lumières, 1954, huile sur toile

Il fera usage de signes qui désignent la nuit, l'indiquent, sans chercher à restituer une expérience de la nuit. C'est une vision mentale. Le ciel diurne côtoie la rue nocturne, éclairée par les lampadaires, et de l'impossibilité de cet assemblage advient un plaisir intellectuel. Dominique Désirat qualifiera l'œuvre de « tableau de l'impossible à voir et du possible à concevoir⁵⁶ ». La nuit existe dans le jour et le jour dans la nuit.

Ces quelques visions de la peinture seront à mettre en relation avec la dernière partie de ce texte, lorsque nous nous pencherons sur les nouvelles images nocturnes tournées à haute sensibilité.

⁵⁵ BANU, G, Nocturnes, peindre la nuit Jouer dans le noir, Paris, Birod Editeur, 2005, p.146

⁵⁶ DÉSI RAT, D., La Nuit, textes réunis par ANGELIER, F. & JACQUES-CHAQUIN, N., Grenoble, Jérôme Million, 1995, p.63

DEUXIÈME PARTIE

De le pellicule argentique au support photosensible numérique

CHAPITRE I. La sensibilité en argentique

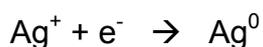
Avant de parler de sensibilité numérique, je développerai la sensitométrie argentique, base de tous les travaux étudiant les surfaces sensibles. Les concepts développés en sensitométrie numérique découlent de l'argentique, adaptés aux spécificités du médium. Étudier les limites de l'argentique et pourquoi un certain stade de sensibilité n'a pas pu être dépassé nous fera apprécier les spécificités de la prise de vue électronique.

A. Formation de l'image par noircissement des halogénures d'argent

1. Réduction des sels d'argent : principe de base

La surface sensible à la lumière des pellicules est constituée de cristaux d'halogénures d'argent déposés dans de la gélatine. L'argent (symbole: Ag) est associé chimiquement avec des halogènes, éléments de la 17^{ème} colonne du tableau périodique. On y trouve le Fluor (F), le Chlore (Cl), le Bromure (Br) et l'Iode (I). Un halogénure d'argent se note sous la forme général AgX. Le bromure d'argent s'écrira par exemple AgBr.

Appelés « Lune Cornée » au moyen âge, les halogénures d'argent ont la particularité de noircir lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Associé avec du bromure, l'argent forme une molécule incolore et translucide. Les radiations lumineuses frappant le cristal contiennent une énergie diminuant au fur et à mesure que leur longueur d'onde augmente (autrement dit, une radiation bleue de 450 nm comporte plus d'énergie qu'une radiation rouge de 650 nm). Cette énergie va provoquer la libération d'un électron dans le cristal, qui va capter l'argent, qui réduit alors en argent métallique Ag⁰.



Le noircissement vient de la réduction de l'ion argent Ag⁺ en argent métallique Ag⁰, complètement opaque à la lumière comme tous les métaux. Là où beaucoup de lumière frappe la pellicule négative, une tâche sombre se

forme. À l'inverse, dans les parties de l'image laissée dans l'ombre, très peu d'argent métallique se formera. La modulation de la formation de métal rend donc possible la reproduction de la scène, de ses contrastes, ses alternances de clair et de sombre.

Un grain d'argent est composé de milliards d'atomes d'AgBr. Seules quelques zones de chaque cristal vont, lors de l'exposition à la lumière, se transformer en argent métallique. On parle d'image latente. Le rôle du développement sera de transformer chaque cristal où la réduction d'argent a eu lieu, en un cristal entièrement noir d'Ag⁰. L'image devient alors visible à l'œil.

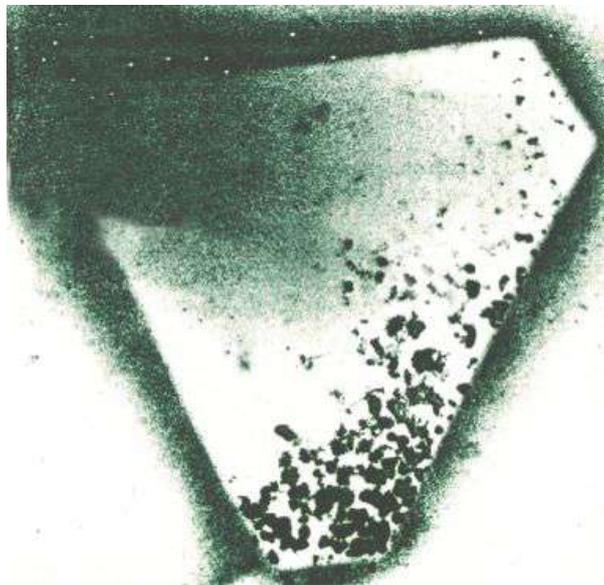


Figure 32 – Halogénure d'argent et argent métal⁵⁷

La forme triangulaire est un halogénure d'argent. Les points noirs à sa pointe sont des zones où la réduction de l'argent a eu lieu. On apprécie le rapport de taille entre le cristal et la molécule d'argent. Cet halogénure sera complètement noir à la fin du développement.

⁵⁷ Image de Jean-Louis Fournier, professeur de sensitométrie à l'ENSL. Consultable sur son blog : <http://jlf-sensito.blogspot.fr/2010/10/surface-sensible.html>

2. Sensibilité à la couleur

À quelles radiations sont sensibles les halogénures d'argent ? La partie de ce mémoire consacrée à Hollywood évoquait déjà le passage des pellicules orthochromatiques (sensibles au bleu), à des pellicules panchromatiques, sensibles à tout le spectre lumineux visible. Comment s'est opéré ce gain de sensibilité à toute la gamme de couleur visible par l'humain ?

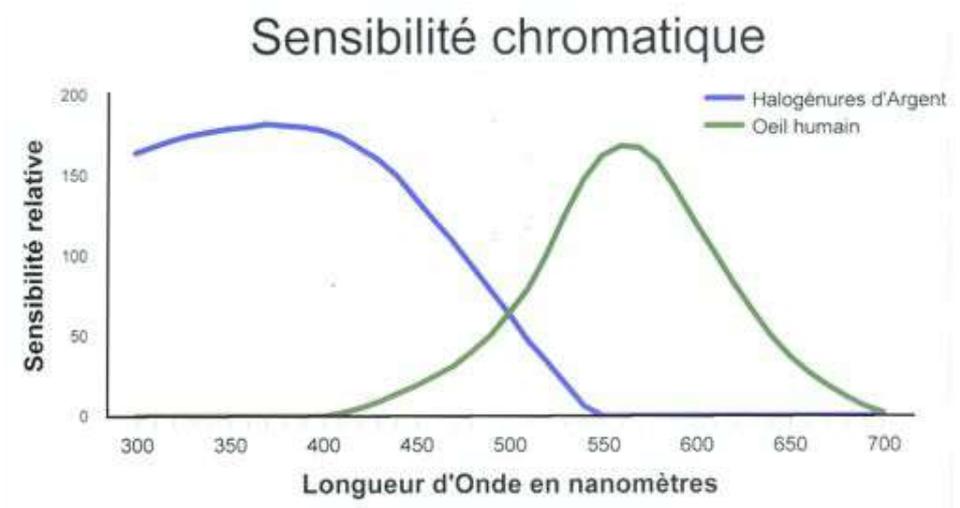


Figure 33 – Comparatif de la sensibilité chromatique de l'œil et des halogénures d'argent⁵⁸

Ce graphique montre bien le travail de sensibilisation des pellicules qu'il restait à accomplir pour utiliser les halogénures d'argent dans la production d'images à destination des humains : « Pour utiliser les halogénures d'argent comme surface sensible à la lumière humaine il nous faut 'aligner' les sensibilités chromatiques.⁵⁹ ». La réponse est simple à trouver pour l'ultra violet; son élimination reposant simplement sur l'ajout d'un filtre transparent déposé au dessus de l'émulsion pendant sa fabrication.

Le problème des longueurs d'ondes vertes et rouges vient de la quantité d'énergie trop faible transportée par ces radiations pour activer la transformation de l'argent en argent métal vue précédemment. En résulte sur le positif du noir, sans nuances, car pas de réaction sur le négatif. Il faut donc un intermédiaire, une molécule qui, excitée par une radiation verte ou rouge,

⁵⁸ FOURNIER, J-L, *La sensitométrie – les sciences de l'image appliquées à la prise de vue cinématographique*, Paris, Editions Dujarric, 2006, p.26

⁵⁹ *ibid*

deviendrait instable et libèrerait alors un électron pour revenir à un niveau d'énergie stable. Cet électron serait capté par l'argent et permettrait sa réduction. On cherche à transformer l'énergie lumineuse en énergie « électronique », et la réponse fut trouvée avec les colorants sensibilisateurs.

Je citerais à titre d'exemple la Cyanine et ses dérivés. L'Indocarbocyanine (ou Cy3), apparaît rouge à l'œil et verra son pic d'absorption à 550nm (vert-jaune), tandis que celui de Cy5 (colorant turquoise à l'œil) sera plus proche de 650nm (orange-rouge)⁶⁰.

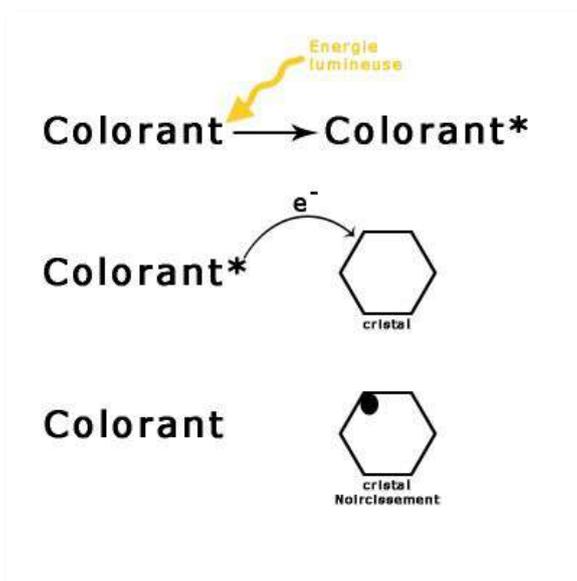


Figure 34 - Noircissement d'un halogénure d'argent par l'intermédiaire d'un colorant sensibilisateur

Cela a permis la création des pellicules orthochromatiques, puis panchromatiques (bleu, vert et rouge). Le spectre couvert par les émulsions s'est même allongé jusqu'aux infrarouges. Les recherches se sont poursuivies jusque dans les années 2000 par Kodak, avant la diminution de ses activités. Le rendement chimique des derniers colorants sensibilisateurs était tel qu'ils pouvaient fournir 2 électrons par photon absorbé⁶¹, permettant

⁶⁰ JACKSON IMMUNO RESEARCH laboratories, laboratoire de Pennsylvanie, USA, fabricant de produits à destination de la recherche. Fiche d'information sur la Cyanine, consultable ici (ddc 25/04/17) : <https://www.jacksonimmuno.com/technical/products/conjugate-selection/cyanine>

⁶¹ FOURNIER, J-L, *op.cit.*, p.26

ainsi de doubler la sensibilité des pellicules en conservant la même structure d'image (répartition des grains d'argent identique).

3. Analyse de la couleur

À partir de la pellicule noir & blanc, il est possible de restituer la couleur de la scène. Le principe repose sur la séparation trichrome de la lumière. À l'aide de filtres colorés placés devant la pellicule, je suis en mesure de ne sélectionner qu'une seule partie du rayonnement visible. En plaçant un filtre vert devant une pellicule noir & blanc par exemple, je n'impressionnerai que la composante verte de l'image. En plaçant trois pellicules noir & blanc, chacune derrière un filtre coloré, vert bleu ou rouge, il est possible de décomposer le spectre et d'enregistrer les couleurs de l'image. En projetant chaque pellicule derrière le même filtre coloré, les couleurs apparaissent à l'écran.

Plusieurs méthodes ont existé⁶².

- Trois films synchronisés, une seule lentille puis un système de prisme séparant le faisceau lumineux, comme c'était le cas du Technicolor trichrome.
- Trois images sur la même pellicule, filmées à travers 3 lentilles (Chronochrome Gaumont)
- Système *monopack*, une seule pellicule constituée de plusieurs couches sensibilisées au rouge, vert et bleu.

Un parallèle est possible avec le capteur électronique, car les photosites ne sont pas sensibles à la couleur, mais à l'intensité lumineuse. L'analyse de la couleur est rendue possible par un dépôt de filtres colorés rouge, vert et bleu sur les photosites, selon une organisation appelée Mosaïque de Bayer, du nom de son inventeur.

⁶² Liste non exhaustive

B. Comment augmenter la sensibilité des émulsions ?

Les AgX noircissent à la lumière. Mais une fois cette découverte faite, sur quel paramètre peut on jouer pour augmenter la sensibilité des émulsions ? La partie précédente répond déjà à la question de l'élargissement « horizontal » de la sensibilité, celle qui concerne la sensibilité aux couleurs, et comment les chercheurs sont parvenus à aligner la sensibilité chromatique des pellicules sur la vision humaine. Je m'intéresserais maintenant à l'augmentation « verticale » de la sensibilité. Comment la limite basse n'a fini de descendre, les niveaux lumineux minimum requis pour une exposition correcte étant de plus en plus bas.

1. Dopage des cristaux

Un cristal parfait d'halogénures d'argent n'est pas sensible à la lumière. Un tel cristal est stable, et heureusement fort compliqué à obtenir. En effet, « c'est parce que les halogénures d'argent possèdent des défauts cristallins qu'ils sont capables de capter l'énergie lumineuse, de piéger les électrons libérés par absorption des photons⁶³ ». Il faudra donc une petite quantité d'énergie pour transformer un cristal instable, rendant la pellicule d'autant plus sensible. Les chimistes se sont évertués à placer des ions d'or (Au^{3+}), de cadmium (Ca^{2+}) ou encore de mercure (Hg^{2+}) au sein des cristaux d'halogénures. Comme on peut le voir, ces ions possèdent des charges positives, c'est cette propriété qui va rompre la neutralité électrique du cristal. C'est à Agfa que l'on doit l'utilisation de l'or. La firme allemande annonça au début des années 30 avoir doublé la sensibilité des émulsions grâce au procédé de dopage. Kodak, pour rattraper son retard, fit travailler ses chimistes sept jours sur sept, mais les progrès étaient lents.

L'histoire suivante illustre les aléas de la recherche dont la réussite, même avec un but précis en tête, peuvent dépendre du hasard le plus total. A.D. Nietz, chimiste chez Eastman et atteint de scléroses multiples, fit un jour tomber son traitement dans une petite cuve d'émulsion. On testa tout de

⁶³ FOURNIER, J-L, *op.cit.*, p.21

même la pellicule, pour se rendre compte que le thiocyanate de sodium contenu dans le médicament avait augmenté de manière significative la sensibilité du film. Les recherches se poursuivirent dans ce sens, Kodak fut alors en mesure de proposer une nouvelle pellicule hautement sensible, une certaine *Eastman Super sensitive Type 2...*⁶⁴

2. Influence de la taille des grains

Il est possible, en faisant varier les conditions de fabrication des halogénures (température, pression, molécules etc.), de faire varier la forme et le volume du cristal. On trouve aujourd'hui des cubes, des pyramides ou des cristaux tabulaires (plats) appelés *T grains*.

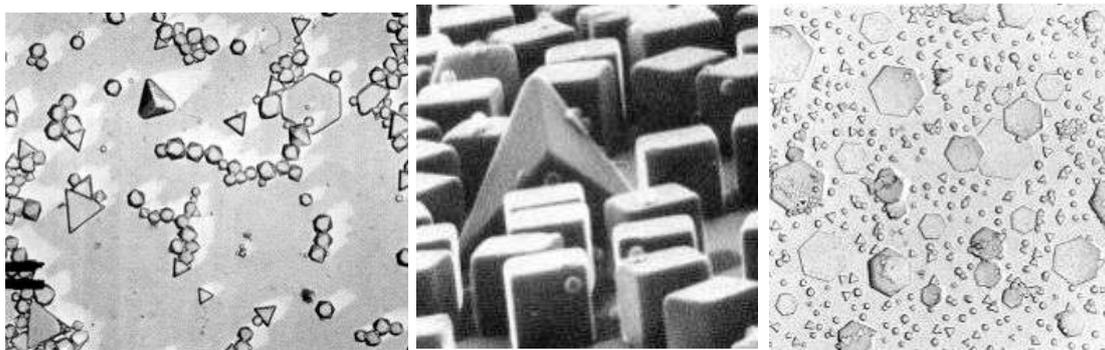


Figure 35 – Cristaux d'halogénures d'argent de différentes formes⁶⁵

L'augmentation de la taille des cristaux va permettre d'augmenter la probabilité qu'un photon soit capté par ce cristal. Une même lumière aura plus de chance d'impressionner la pellicule si celle-ci est composée de gros grains. La sensibilité augmente donc avec la taille des cristaux. L'augmentation de la taille des cristaux aura pour effet de rendre plus visible la structure de l'image en projection. C'est ce qu'on appelle le grain, fourmillement aléatoire si caractéristique de la pellicule. La figure 35 permet de se faire une bonne idée du rapport de taille pouvant exister entre les différents grains sur le film. La photo suivante donne une représentation bien

⁶⁴ Collins, D, *The story Of Kodak*, New York, Harry N. Abrams, Inc., Publishers, 1990, p. 201-203

⁶⁵ FOURNIER, J-L, *op.cit.*, p.20-21

visible du grain photographique. La pellicule utilisée, la Kodak T-Max 3200 (pellicule photographique et non pas cinéma) est, comme son nom l'indique, utilisable à ISO 3200.



Figure 36 – S. SALGADO, *Mineurs*. Détail.

Salgado utilise la haute sensibilité pour capturer l'image des mineurs au travail dans un environnement très sombre, la seule lumière étant située sur leurs casques. Eli Reed, photographe chez Magnum, a dit à propos de ce nouvel outil que « la photographie en lumière naturelle va devenir la photographie en obscurité naturelle⁶⁶ ». La structure très visible du grain aide à créer un aspect charbonneux très à propos pour une photo de mineurs au travail. Des milliers de petits points, comme du charbon en suspension.

La taille des cristaux ne pouvait pas augmenter indéfiniment. Une taille trop grosse et alors un grain trop fort pouvait apparaître, qui n'était pas forcément voulu selon la situation. En cinéma couleur, la sensibilité maximum atteinte fut ISO 800 (*Kodak Vision 800T Color negative film*). Mais la durée de vie de cette pellicule fut plutôt courte. Introduite en 1998, sa fabrication stoppa en 2004. C'est donc la pellicule à ISO 500 que l'on retrouve le plus souvent sur le marché. La 800T trouva peu d'écho auprès des directeurs de la photographie, et d'après J.L. Fournier, sa sortie servit surtout à devancer Fuji, alors incapable de sortir une pellicule satisfaisante de cette sensibilité⁶⁷.

L'autre voie empruntée pour produire des émulsions toujours plus sensible consistait à rendre plus efficace le noircissement de l'argent lors du

⁶⁶ Collins, D, *op. cit.*, p. 362

⁶⁷ D'après un cours dispensé par J.L. Fournier, ancien directeur technique chez Kodak et professeur de sensitométrie, à l'ENSLL en 2014

développement. Dans des conditions expérimentales parfaites, il suffit que 3 molécules d'argent soient transformées en argent métallique pendant la prise de vue pour que le noircissement complet du cristal ait lieu pendant le développement. Dans la réalité, on était bien loin de ces chiffres, et certains cristaux n'étaient même pas développés, bien que plusieurs atomes soient de l'Ag⁰. Un gain de sensibilité pouvait donc s'obtenir par ce biais. Mais l'évolution vers le tout numérique mis un coup d'arrêt aux recherches de Kodak et des autres fabricants. Qui sait jusqu'où les ISO auraient pu monter ?

Dans les caméras numériques, l'approche par l'augmentation de la taille de la surface photosensible sera aussi une solution développée par les constructeurs. Prenons l'exemple de Sony qui propose en 2014 un nouvel appareil, l'alpha 7s, pouvant monter dans les menus jusqu'à ISO 100.000. Le capteur dispose de 12 millions de photosites, là où les appareils concurrents d'entrée de gamme en proposent au minimum 18 millions (Canon EOS 1200D par exemple). Sony a fait le pari de réduire le nombre de photosites pour que chacun occupe une plus grande surface, et puissent donc capter de plus faibles niveaux lumineux.

C. La norme ISO : détermination de la sensibilité

J'ai beaucoup parlé d'ISO depuis le début de ce mémoire. Toutes les caméras proposent un réglage d'ISO, les directeurs de la photographie ont toujours utilisé des cellules graduées en ISO pour construire leur éclairage. Et pourtant, il n'existe aucune norme, aucune standardisation pour les négatives et les capteurs numériques au cinéma. La norme ISO s'applique uniquement dans le cadre de la prise de vue photographique, fixe. Des méthodes de calcul ont cependant été trouvées par les fabricants pour faire correspondre photo et cinéma, et pouvoir utiliser le même matériel de mesure. La différence vient du fait que les pellicules ne soient pas fabriquées de la même manière, développées dans des bains chimiques différents, et leur mode de visionnement, en mouvement, diffère de l'image fixe. La norme ISO n'est

donc pas applicable directement au cinéma. On parlera alors plus précisément d'*Exposure Index* (EI) en cinéma, ou indice d'exposition. L'échelle reste la même que la norme ISO, nous retrouvons les mêmes chiffres et la même progression géométrique. C'est à dire qu'un doublement de l'EI indique une sensibilité deux fois plus élevée, la pellicule nécessite donc deux fois moins de lumière pour obtenir la même image. L'échelle des diaphragmes étant elle aussi géométrique, il est possible de parler de la sensibilité en diaphragme, tiers de diaphragme etc.

Pour rappel, voici l'échelle des EI, graduée en tiers de diaphragme.

100 125 160 200 250 320 400 500 640 800 1000 1250 1600

La sensibilité est doublée entre chaque valeur en gras.

L'échelle continue à diminuer en tendant vers 0, et à augmenter à droite sans limite.

Cette méthode est une méthode d'approche :

« Ces indices de doivent pas être pris comme des valeurs absolues de la sensibilité du film qui ne pourraient pas être modifiées même si les résultats répétés des tests montraient la nécessité de ce changement. Au contraire, ils doivent être considérés comme des points de départ pour des essais utilisant une série d'exposition permettant de déterminer la sensibilité à afficher pour un équipement donné, une méthode de travail etc. » nous dit *l'American Cinematographer Manual*.

La méthode cinéma (méthode des EI) a été mise au point par Kodak dans les années 50. Elle se base sur la courbe de réponse du film à la lumière, la courbe « H&D » (mise en relation de la lumination et de la densité obtenue sur le film). Elle est assez simple à comprendre et bien documentée dans le livre de J.-L. Fournier *La Sensitométrie* (cf. bibliographie), aussi ne la détaillerai-je pas ici. D'autres méthodes ont été mises au point par les opérateurs, comme la méthode des ER (Exposure Rating), leur démonstration n'est pas utile dans le cadre de ce mémoire.

Retenons simplement que le point de départ du calcul se base sur une densité minimale. La sensibilité se mesure sur le début de réaction de la pellicule.

Par ailleurs, une émulsion provenant du même rouleau de fabrication, de même code technique, était vendue sous deux sensibilités différentes selon son conditionnement en bobine de 35mm ou de 16mm. En 1983, la 5294, 35mm avait un EI de 400, alors que la 7294, 16mm, avait un EI de 320⁶⁸. Même pour les pellicules dont les variations de conditionnement 16 ou 35 mm ne faisaient pas mention d'une sensibilité différente, les opérateurs avaient pris l'habitude de surexposer le 16mm par rapport au 35, pour poser l'image plus haut et l'éloigner du bruit. J'aimerais tracer un parallèle avec les caméras numériques d'aujourd'hui, qui donnent le choix à l'utilisateur de plusieurs sensibilités pour un même capteur.

Parler d'ISO à la place d'EI relève donc de l'abus de langage. Rien de grave si cela permet une compréhension entre les différents créateurs d'images, plus embêtant si l'on veut comparer deux caméras. La norme n'existant pas, chaque fabricant est libre dans sa vision de la sensibilité.

⁶⁸ FOURNIER, J-L., *op.cit.*, p.68.

CHAPITRE II. Étude de la Varicam 35 à ISO 5000

En décembre 2014, Panasonic introduit la Varicam 35, caméra numérique dotée d'une particularité : elle dispose de deux réglages d'ISO différents dits *natifs*, reposant sur deux niveaux d'amplification en sortie de capteur, optimisés par le constructeur. Un mode ISO 800, dans les standards de l'industrie (ARRI, Red et les autres fabricants proposent cette sensibilité de base), et un ISO bien plus élevé : ISO 5000. Utilisée sur *Rester Vertical* (2016, A. Giraudie) pour filmer à la lumière de la lune ou encore *Une Vie* (2016, S. Brizé), drame d'époque éclairé à la bougie, cette caméra apparaît comme la championne pour les conditions de tournage fleuretant avec l'obscur.

Une pratique très répandue, et même obligatoire lors des tournages en argentique consistait à caractériser scientifiquement l'émulsion choisie. En l'exposant à divers éclairage dans un sensitographe, on mesurait ensuite le noircissement obtenu sur la pellicule, la densité. On obtenait une courbe liant l'illumination du capteur et densité sur la pellicule. On pouvait en déduire la dynamique, la sensibilité, le placement du gris à 18% ; autant d'éléments permettant de créer son éclairage en étant sûr d'obtenir le résultat voulu lors de la projection, sans mauvaise surprise. Cette caractérisation scientifique (différente des essais de *keylight*, toujours présente) s'est perdue avec l'arrivée du numérique et de l'image visible directement sur moniteur.

Dans la partie qui suit, je souhaite aborder la question de la caractérisation des caméras numériques de la même manière que ce qui se faisait avec les pellicules. Connaître mon matériel afin de savoir ce que je pourrai en attendre en tournage. Ces tests permettront de comprendre ce que le directeur de la photographie va gagner ou perdre avec une caméra ultra sensible, et comment cette sensibilité peut être atteinte. La question du bruit dans l'image sera ensuite abordée.

A. La courbe H&D numérique

1. Obtention des courbes et première analyse

Ma première expérience consiste à exposer la Varicam à une gamme carbone de 21 plages de luminances différentes, espacées de 2/3 d'EV (*Exposure Value* ; 1 EV = 1 diaphragme). La gamme couvre donc une dynamique de 14 diaphragmes. Ces luminances deviendront des luminations sur le capteur. En analysant le fichier image obtenu sous Matlab, j'obtiens la valeur numérique encodée par la caméra correspondant à chaque lamination. On parle alors de courbe de réponse de la caméra. La méthode argentique parlait de courbe H&D (H la lamination, & D la densité), par extension (et abus de langage), je garderais cette dénomination.

Cette expérience sera conduite avec le réglage ISO 800, puis ISO 5000. Je n'ai pas pu avoir accès à l'enregistreur externe de la Varicam permettant une capture *raw* (signal non compressé, le plus fidèle à la sortie du capteur). De fait, la balance des blancs est déjà effectuée et les valeurs moyennes des canaux rouge vert et bleu sont alignées, identiques. Je ne représenterais donc qu'un seul canal pour la courbe H & D.

Voici tout d'abord l'image de la gamme carbone telle que filmée par la caméra (L'analyse portera sur la gamme supérieure).

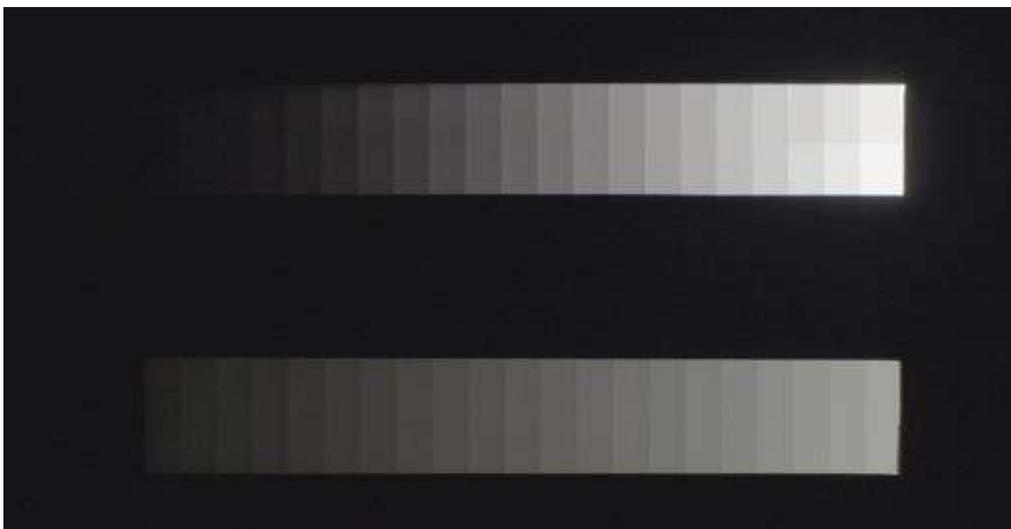


Figure 37 - Double gamme carbone à 21 plages. Image extraite de la Varicam 35

Et l'exploitation faite sur Matlab :

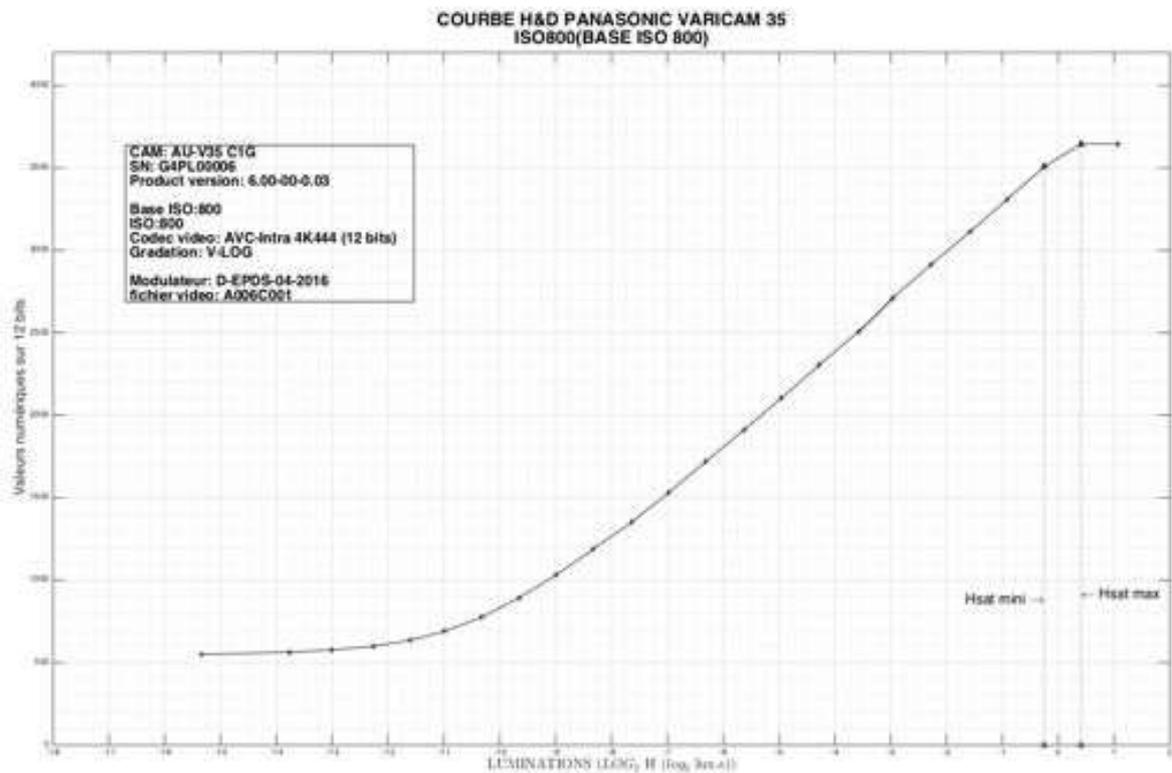


Figure 38 - Courbe de réponse Varicam 35 à ISO 800 avec encadrement de la luminance de saturation

Idem pour la mesure à ISO 5000:

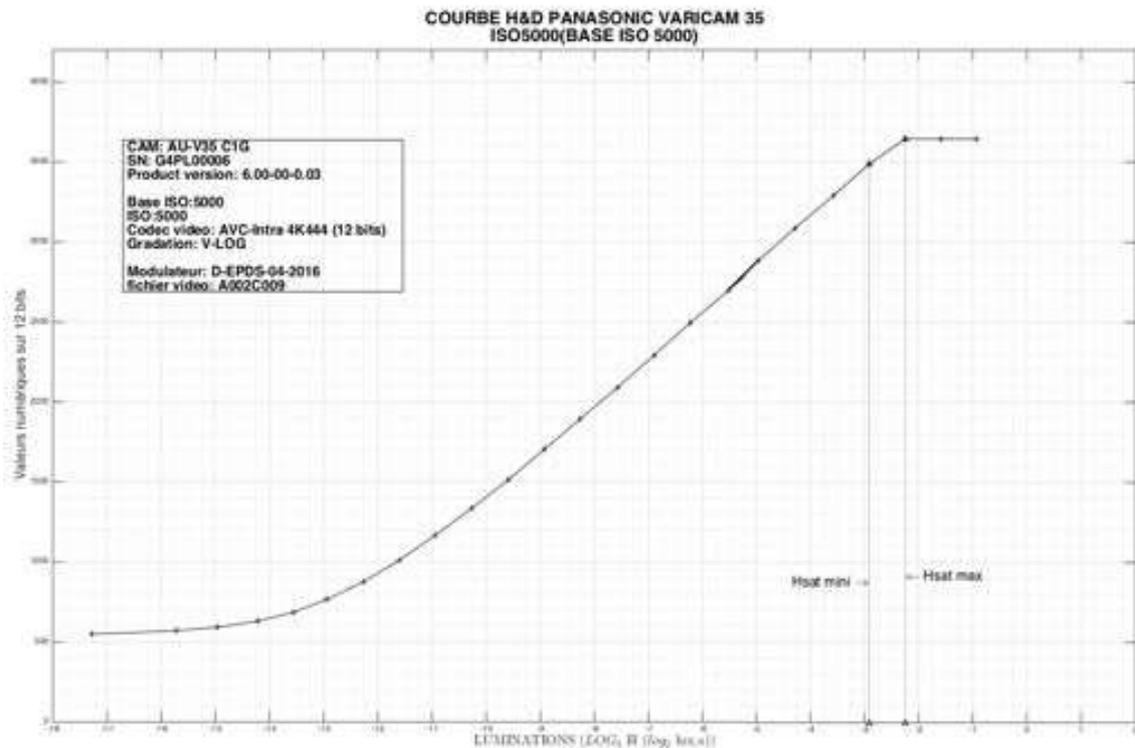


Figure 39 - Courbe de réponse Varicam 35 à ISO 5000 avec encadrement de la luminance de saturation

Les deux courbes ont la même allure. Il est plus facile de les comparer en les plaçant sur le même graphique, afin de bien voir leur décalage.

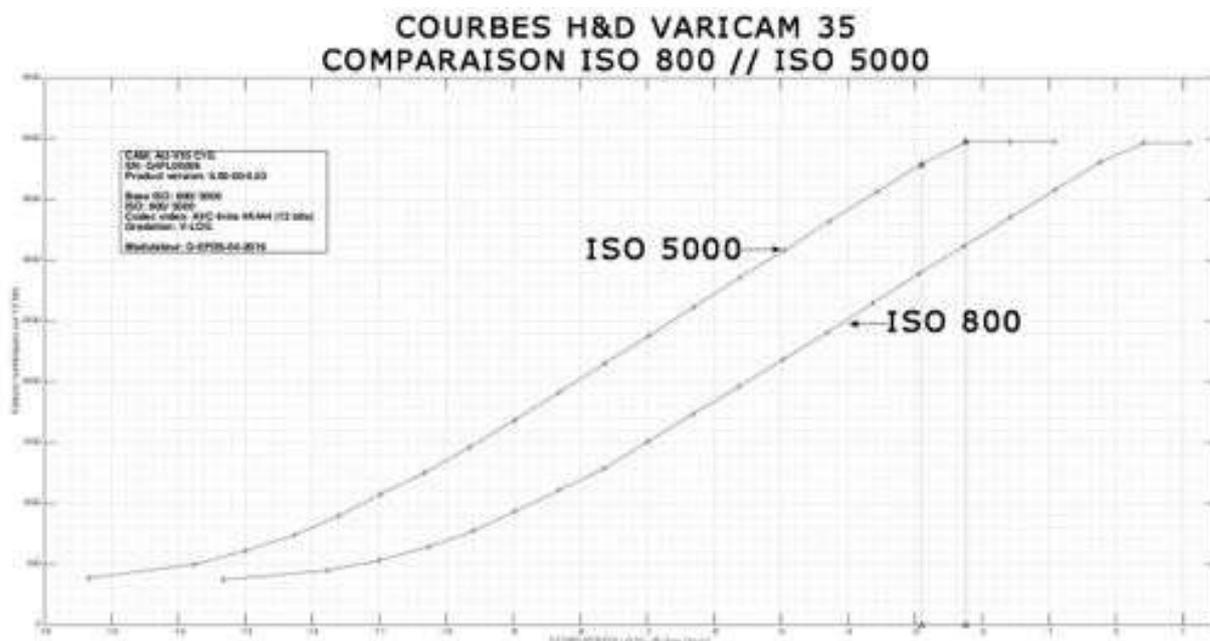


Figure 40 – Courbe H&D Varicam 35, Comparaison ISO 800/ ISO 5000

Je peux déjà tirer des données essentielles à la caractérisation de la caméra.

Trois zones se dessinent sur les courbes.

Tout d’abord, un plateau de saturation pour les fortes luminations. Le point de cassure de la courbe permet de déterminer la valeur H_{sat} à partir de laquelle les luminations ne sont plus modulées, résultant en un aplat blanc sans nuances sur l’image. Je suis donc en mesure de donner un encadrement pour cette valeur (signalé sur le graphique par les deux traits verticaux) :

ISO 800 : $H_{sat\ min}=0,82\ lux.s$; $H_{sat\ max}= 1,29\ lux.s$

ISO 5000 : $H_{sat\ min}= 0,13\ lux.s$; $H_{sat\ max}= 0,21\ lux.s$

En prenant la valeur moyenne entre $H_{sat\ min}$ et $H_{sat\ max}$, je me place dans un cas de figure où la précision de H_{sat} est de 1/3 EV maximum.

J’obtiens donc :

ISO 800 : $H_{\text{sat}} = 1,06 \text{ lux.s}$

ISO 5000 : $H_{\text{sat}} = 0,17 \text{ lux.s}$

Vient ensuite une partie rectiligne, la réponse linéaire du capteur à la lumière, bornée en bas par l'arrêt des modulations dans le noir.

Notons que cette zone, parfaitement rectiligne en haut, s'infléchit pour les valeurs basses de l'illumination. Ce n'est pas un défaut de réponse du capteur, mais c'est un phénomène lié à l'optique. En effet, ce test étudie la réponse du couple capteur/ optique. Et une optique n'est pas exempte de *flare*. Certains rayons lumineux se réfléchissent sur les parois internes de l'objectif, ce qui se traduit par l'apparition d'un voile. *Stricto sensu*, le *flare* est un défaut optique que les fabricants tentent de réduire au maximum⁶⁹. Cependant, remonter le niveau des basses luminances permet d'enregistrer des détails qui seraient perdus sinon. La linéarité de la réponse est perdue, au profit d'un léger gain sur la dynamique, avec cependant un éclaircissement des noirs, donc possiblement un affaiblissement de la sensation de contraste.

La dynamique est l'écart entre la l'illumination la plus forte et la plus faible pouvant être enregistrée par le capteur. Elle s'étend donc du point de saturation H_{sat} jusqu'au point d'arrêt de la modulation, dans le bas de la courbe. C'est une donnée essentielle pour le travail de l'image, car le directeur de la photographie, connaissant son capteur, va pouvoir ajuster l'éclairage de la scène et s'assurer que toutes les informations soient bien enregistrées. Les illuminations étant exprimées dans une unité logarithmique de base 2 ($\log_2 \text{ lux.s}$), une unité représente donc un EV.

La lecture des courbes donne les résultats suivants, en EV⁷⁰ :

Dynamique ISO 800 = 14 EV

Dynamique ISO 5000 = 14 + 1/3 EV

⁶⁹ Précisons que ses manifestations les plus marquées, comme des traînées lumineuses, ou *light streaks*, apparaissant en filmant une source très lumineuse, peuvent aussi faire partie d'une recherche esthétique.

⁷⁰ EV= Exposure Value. En français : Indice de l'illumination. Unité de mesure liant temps de pose et ouverture de diaphragme. 1EV =1 diaphragme.

Notez que le seul critère retenu ici pour parler de dynamique est l'existence d'une différence entre deux points successifs de la courbe. Je cherche juste à discriminer deux incréments successifs.

Contre toute attente, la dynamique à ISO 5000 apparaît ici plus grande que pour ISO 800. Je nuancerais fortement ce propos dans la partie suivante en étudiant l'influence du bruit dans le bas de la courbe, véritable limite basse, et borne inférieure de la dynamique.

La dynamique m'aide à créer mon éclairage, mais c'est une valeur relative. Une dynamique de 12 EV ne m'indique pas le réglage de la cellule à effectuer pour exposer correctement l'image.

À partir d'une réflexion sur la structure d'une image et de la valeur de saturation, il est possible de faire correspondre la valeur de saturation H_{sat} avec un réglage ISO.

2. Appliquer la norme ISO aux caméras numériques

La sensibilité est inversement proportionnelle à la lamination. De fortes luminations appellent une faible sensibilité. Sa formule générale sera donc de type :

$$S = \frac{\alpha}{H_{\text{reference}}}$$

α est un facteur de proportionnalité permettant un passage de H à S.

Les courbes H&D établies précédemment donnent un H facilement identifiable et mesurable: H_{sat} .

La norme ISO pour les pellicules négatives photographiques noir & blanc se base sur le H minimum requis pour obtenir de l'information dans les noirs, et utilise le facteur de correspondance $\alpha=0,8$.

On a donc $S=0,8/H_{\text{min}}$

En numérique, à cause du bruit, il est compliqué de se baser sur le bas de la courbe. Utiliser H_{sat} est donc beaucoup plus simple et moins ambigu. Cependant, je ne dispose pas d'une équation mettant en relation S et H_{sat} . Mais je sais que si deux pellicules/ capteur ont la même sensibilité, c'est qu'ils sont sensibles aux mêmes plages de luminations. Je peux donc écrire :

$$S = \frac{0,8}{H_{min}} = \frac{\alpha}{H_{sat}}$$

$$\rightarrow \alpha = \frac{H_{sat} * 0,8}{H_{min}}$$

Il nous reste à trouver comment mettre en relation de manière cohérente H_{min} et H_{sat} . C'est à dire, trouver le facteur multiplicatif permettant de passer de la valeur de saturation au noir du bas de la courbe.

Retournons à la scène et aux objets réels. Par exemple, un velours extrêmement noir aura une réflexion de 2% et représentera l'objet le plus noir que nous puissions filmer. Partons du principe plus général que nous ne souhaitons pas enregistrer de noirs ayant une réflexion inférieure à 2%, car non porteurs d'informations (si des noirs sont en dessous de ce niveau, il faudra alors ré-éclairer pour les rendre enregistrables).

Les objets blancs de la vie courante ont pour les plus réfléchissant une réflexion de l'ordre de 80-85% (exemple du papier blanc à 84%). Le choix est fait de placer le blanc de mon image à 80%.

L'objet blanc lambertien, diffusant parfaitement la lumière sera notre blanc 100%.

Lors de l'exposition, je ne souhaite pas placer ce blanc 100% au niveau de ma valeur de saturation, car alors je risquerais d'écarter mon signal, et je ne pourrais pas enregistrer les éventuels éclairissements spéculaires. Pour un même éclairage, l'objet spéculaire renverra 3,14 fois plus de lumière que l'objet lambertien. Le blanc 100% est la partie la plus lumineuse de mon image. Ces quelques valeurs résument la structure de la scène de base, sous un unique éclairage, que je dois être en mesure d'enregistrer.

Résumons ces données sur un graphique :

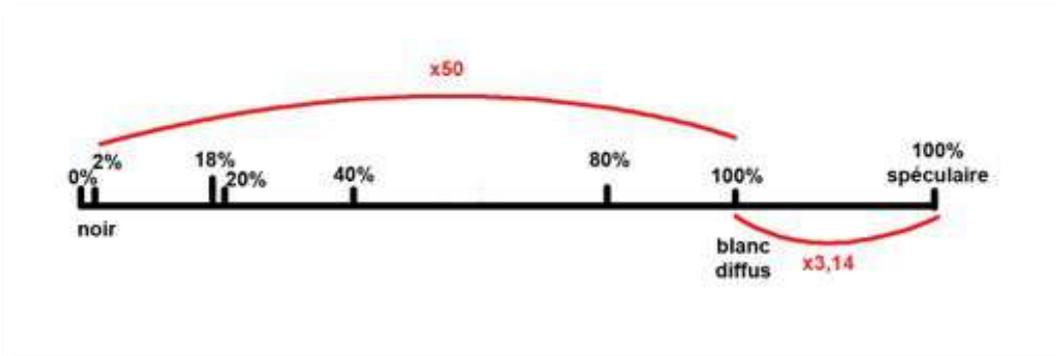


Figure 41 - Structure de la scène : passage du noir 2% au blanc spéculaire 100%

Blanc spéculaire = 3.14 * blanc diffus 100%

Blanc diffus 100% = 50 * noir 2%

Il y a donc un facteur $50 * 3.14 = 157$ (arrondi à 160) entre le noir à 2% et le blanc spéculaire. Pour prendre une sécurité supplémentaire dans l'exposition, 3.14 sera arrondi à 4. Je trouve alors un facteur de 200.

$$H_{\text{sat}} = 200 * H_{\text{min}}$$

Je réinjecte dans l'équation de α :

$$\rightarrow \alpha = \frac{200 * H_{\text{min}} * 0,8}{H_{\text{min}}}$$

$$\rightarrow \alpha = 160$$

$$S = \frac{160}{H_{\text{sat}}}$$

Avec cette formule, je calcule les sensibilités correspondantes pour la Varicam :

Avec le mode ISO 800 choisi, et une $H_{\text{sat}} = 1,06 \text{ lux.s}$ $\rightarrow S_{800} = \text{ISO } 160$

Avec le mode ISO 5000 choisi, et une $H_{\text{sat}} = 0,17 \text{ lux.s}$ $\rightarrow S_{5000} = \text{ISO } 1000$

D'où proviennent les différences avec la sensibilité ISO annoncée par le constructeur ? Tout d'abord, nous l'avons vu plus tôt, il n'y a pas de norme,

la méthode de calcul du fabricant peut donc être différente⁷¹. Il peut se baser sur le bruit, sur la ressemblance avec l'image argentique ISO 800, sur le positionnement du gris à 18%... Il peut aussi s'agir d'une sécurité supplémentaire prise par les ingénieurs. Si je construis un éclairage à partir de ma cellule réglée sur un ISO plus élevé, j'aurais besoin de moins de lumière, je vais alors poser mon image dans le bas de la courbe. Ainsi, je risque moins d'atteindre la valeur de saturation et écrêter le signal.

Le graphique suivant illustre bien ce principe. C'est une courbe H & D sur laquelle sont représentées les luminations nécessaires à l'obtention d'un gris à 18% selon la sensibilité ISO, et l'endroit où il va venir se placer sur la courbe de réponse.

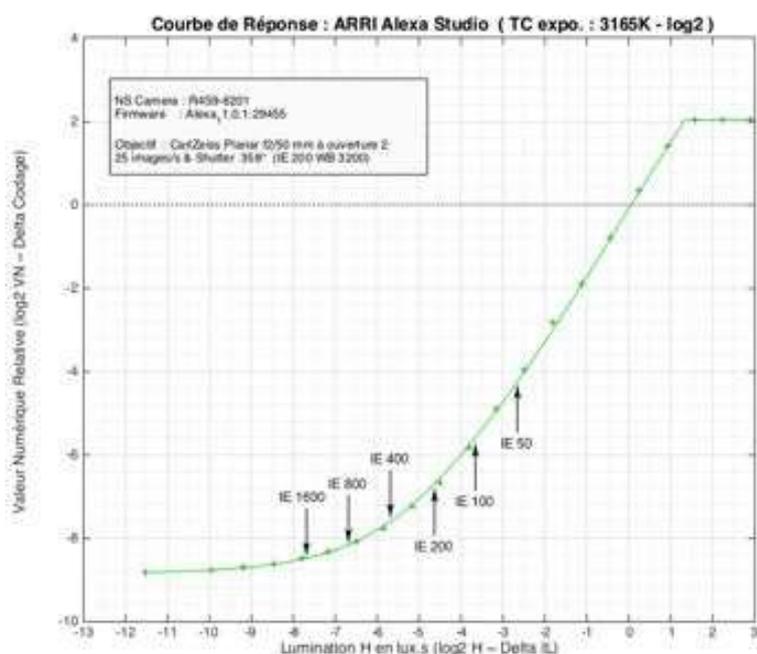


Figure 42 – Placement du gris 18% sur la courbe de réponse de la caméra selon le réglage d'ISO choisi⁷²

Plus je me décale vers la gauche, plus je m'éloigne de la valeur de saturation. Cela revient à exposer dans le pied de courbe, et donc de se rapprocher du bruit. Une possibilité envisageable uniquement si la caméra y est peu sensible.

⁷¹ A l'heure où j'écris ces lignes, je n'ai pas réussi à obtenir d'informations de la part de Panasonic à ce sujet.

⁷² Courbe créée par Elena Erhel

Dans les traitements internes à la caméra, le signal sortant du capteur est amplifié⁷³ pour le rendre visible. Et c'est en jouant sur cette amplification que les fabricants vont proposer une image numérique équivalente à l'image pellicule de la même sensibilité. Analysons rapidement le cas d' ISO 800.

Grâce aux lois photométriques liant la luminance, la lumination, l'ouverture de l'optique, la sensibilité etc., nous disposons de deux équations :

$$1) H_{18} = 0,64 \times L_m \times \frac{t}{A^2}$$

$$2) \frac{A^2}{t} = \frac{L_m \times S}{k}$$

Avec

H_{18} : la lumination

L_m : la luminance du gris à 18%

A : l'ouverture de l'objectif

t : le temps d'exposition

S : la sensibilité ISO

k : constante d'étalonnage des spotmètres ; $k=12,5$

En combinant ces deux équations j'obtiens :

$$H_{18} = \frac{8}{S}$$

Ainsi, dans la norme ISO, pour une sensibilité de 800, $H_{18} = 8/800 = 0,01 \text{ lux.s}$.

D'après les spécifications du V-Log⁷⁴ fournies par Panasonic, la valeur numérique du gris à 18% est de 1732 en 12 bits. La lumination pour produire cette valeur, visible sur la courbe H & D tracée précédemment est de... 0,11 *lux.s*. Le directeur de la photographie comparant une image pellicule ISO 800 et cette même image tournée avec la Varicam à ISO 800 retrouvera donc la même luminance de gris à 18%, les deux images seront également lumineuses.

Voici en quoi cette caméra est à ISO 800, par sa ressemblance avec l'image argentique à ISO 800 pour les valeurs moyennes. Les luminations produisant un gris 18% sont identiques. Cependant, c'est un alignement par

⁷³ Je parle de traitements internes et nécessaires à la fabrication des images, pas aux possibilités qu'offrent certains fabricants d'appliquer du gain sur les images.

⁷⁴ Équation d'encodage logarithmique de la Varicam

amplification du signal, qui sera dépendant des limites basses du capteur. Voyons maintenant si ce réglage est optimal par rapport au bruit.

3. Atteindre ISO 5000

Un doute plane sur l'utilisation et le sens donné au mot ISO. On remarque cependant que le passage de ISO 800 à ISO 5000 correspond bien à un gain en sensibilité de $2 + 2/3$ EV. Il suffit pour cela de comparer les valeurs de H_{sat} :

$$H_{\text{sat } 800} = 0,084 \log_2 \text{ lux.s}$$

$$H_{\text{sat } 5000} = -2,55 \log_2 \text{ lux.s}$$

$$H_{\text{sat } 800} + H_{\text{sat } 5000} = 2,63 = 2 + 2/3 \text{ EV}$$

On retrouve cet écart. Placer les deux courbes côte à côte illustre bien le phénomène:

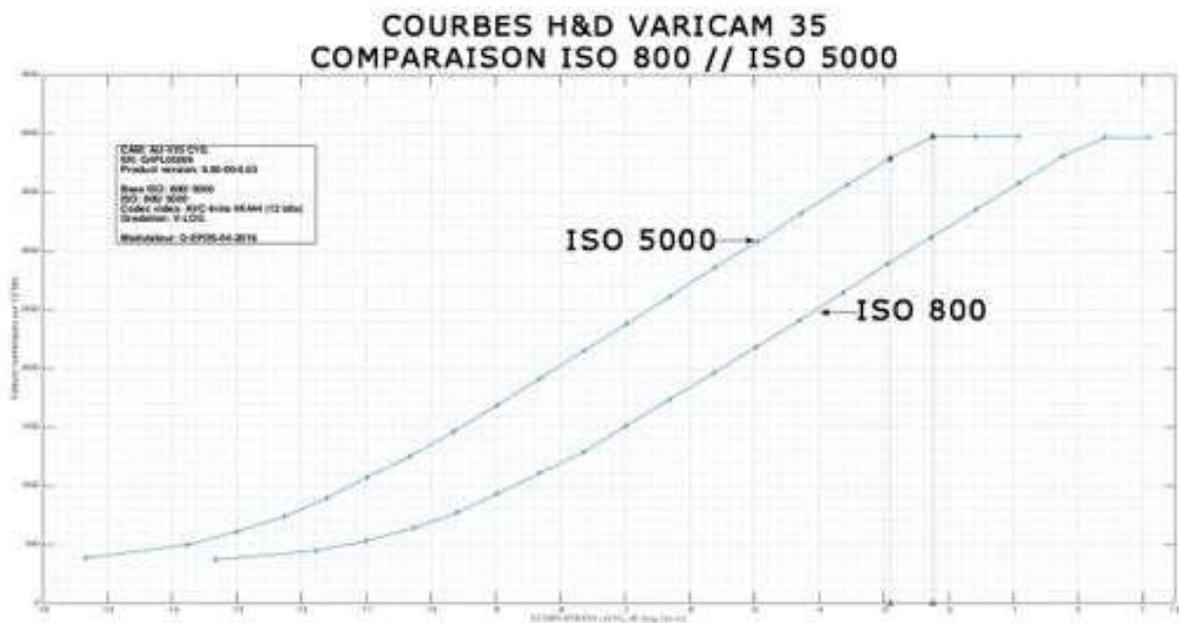


Figure 43 – Comparaison H&D ISO 800 // ISO 5000

Comment Panasonic a pu proposer cette double sensibilité ? En quoi diffère-t-elle du reste du marché ?

a. Principe de base de la cellule photo électrique CMOS

Le photosite, élément de base du capteur, remplit plusieurs fonctions dans un capteur CMOS (*Complementary Metal Oxyde Semi-conductor*). Tout d’abord, la conversion des photons en électrons. Cela intervient dans la zone photosensible.

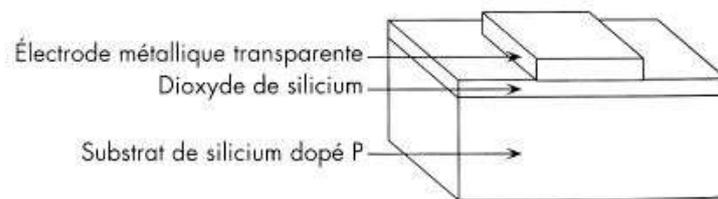


Figure 44 – Cellule photosensible⁷⁵

Une tension est appliquée entre l’électrode et le silicium, créant une polarisation de la cellule, et l’accumulation de charges positives vers le bas de celle-ci. Le puits ainsi créé est vide d’électrons. Lorsqu’un photon passe la couche de silicium, une paire électron/ trou est libérée. C’est l’effet photoélectrique. L’électron, du fait de la polarisation, est attiré vers le haut de la cellule.

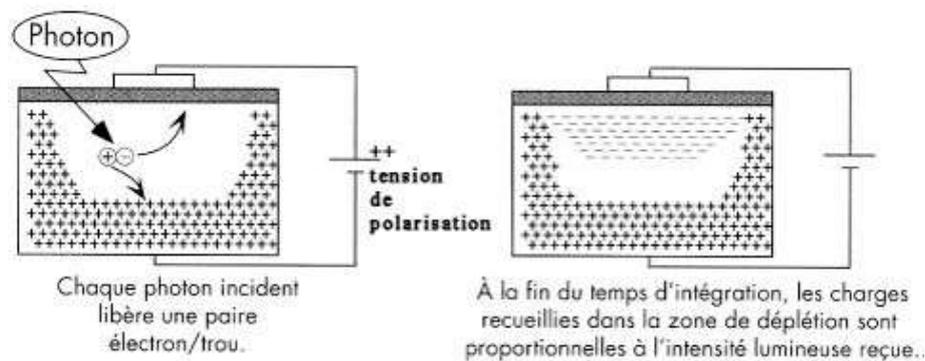


Figure 45 Comportement d'une cellule photosensible face à une excitation lumineuse⁷⁶

⁷⁵ BELLAÏCHE, P., *Les secrets de l'image vidéo 10^{ème} édition*, Paris, Eyrolles, 2015, p. 200.

⁷⁶ BELLAÏCHE, P., *op.cit.*, p.201

À la fin du temps d'intégration (temps d'exposition), « le nombre d'électrons accumulés dans le puits est directement proportionnel au nombre de photons incidents, donc à la quantité de lumière reçue par la cellule durant cet instant.⁷⁷ ». Il n'existe qu'une seule cellule par photosite, quel que soit le mode d'ISO choisi.

b. Un double circuit de lecture des charges

Une fois les électrons recueillis par effet photoélectrique, il faut convertir les charges en tension. Les systèmes électroniques travaillent avec des tensions. Pour convertir la charge en tension, la Varicam dispose de deux circuits de traitement différent. Placés à côté de la cellule, il existe un circuit pour le mode ISO 800, un autre pour ISO 5000. Le choix de l'ISO fera basculer le circuit sur une diode ou une autre. Cette diode, comparable à une capacité C, est un composant électronique liant la charge avec la tension selon la relation :

$$C = \frac{Q}{U}$$

Avec C la capacité (en Farad), Q la charge (en coulombs), et U la tension (en Volt).

Le circuit ISO 5000 est utilisé pour fournir un même voltage avec moins de charges créées dans la cellule photoréceptrice. La capacité est donc inférieure que celle du circuit ISO 800. La saturation arrivera plus vite, comme nous avons pu le voir sur les graphiques précédents. La diode, ayant été créée pour manipuler des charges plus faibles que la diode ISO 800, sera alors plus précise pour la conversion et produira un fort courant pour les faibles charges. Le reste du circuit, le traitement d'image, la conversion analogique vers numérique etc., est commun aux deux modes.

À noter que la surface nécessaire à ce deuxième circuit de traitement s'est faite en supprimant le transistor permettant au capteur de fonctionner en

⁷⁷ BELLAÏCHE, P., *op.cit.*, p. 201.

global shutter (lecture des charges de toutes les cellules en un même instant t). La Varicam fonctionne donc en *rolling shutter* (lecture successive de chaque cellule). Je n'ai pas remarqué dans mes tests, en utilisation normale, l'apparition de défauts associés au *rolling shutter*.

Voici donc comment cette caméra peut proposer deux sensibilités différentes. Examinons maintenant, sur cette même caméra, l'effet d'un changement artificiel de sensibilité, c'est à dire du gain électronique.

c. Le gain pour changer la sensibilité

Je reconduis les mêmes tests que précédemment afin d'établir une courbe H&D de la caméra avec différents réglages de sensibilité. Je reste sur la base ISO 5000, puis choisis différentes sensibilités, dans le menu de la caméra. Ici, ISO 2500 et ISO 10000.

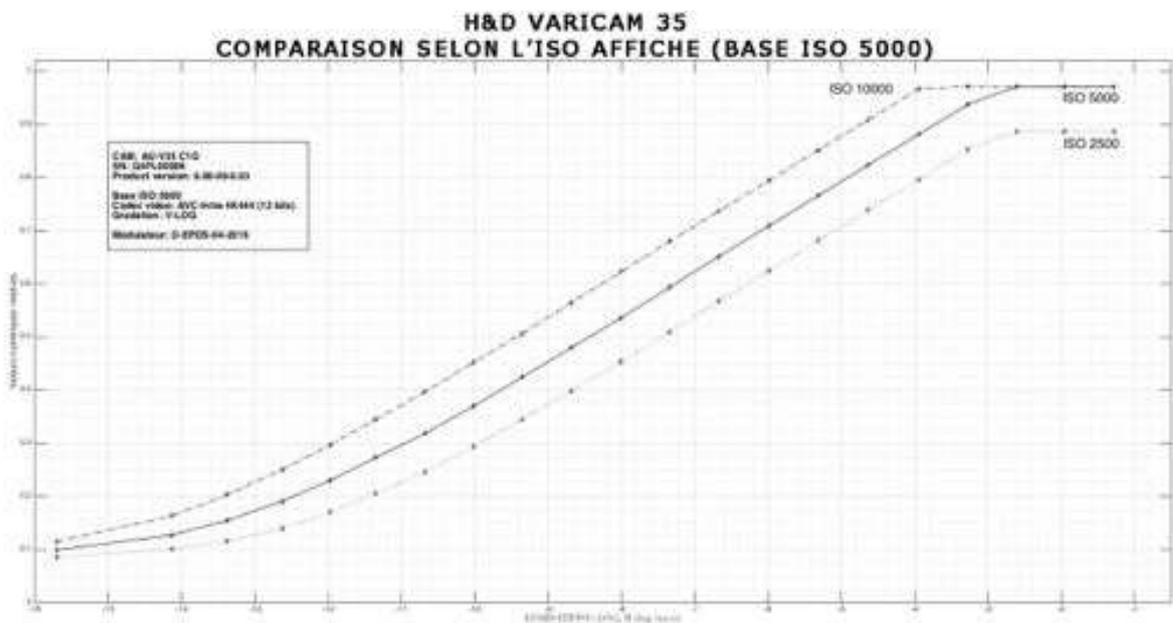


Figure 46 - Effet du changement d'ISO, base ISO 5000

À ISO 2500, l'effet est tout de suite visible. La luminance de saturation est identique, la sensibilité de la caméra n'a donc pas changé. La courbe est semblable à celle obtenue pour ISO 5000, mais plus basse. Chaque valeur a en fait été abaissée, pour faire apparaître l'image plus sombre, ce qui est l'effet attendu d'une baisse de la sensibilité. Cependant, on note que l'image est encodée sur un nombre plus faible de valeurs : $H_{sat}(ISO5000)$ encodée à

0,98 (valeur relative) et $H_{\text{sat}}(\text{ISO}2500)$ encodée à 0,89 (valeur relative). Rappelons nous la courbe comparative entre ISO 800 et ISO 5000. Les courbes n'étaient pas l'une sur l'autre, mais décalées horizontalement. Ici, la dynamique de l'image diminue.

D'un point de vue pratique pour l'opérateur, les hautes lumières seront moins bien définies, moins précises.

Le réglage à ISO 10000 fait l'inverse, il augmente numériquement chaque valeur pour produire une image qui une fois affichée sera plus claire.

Aucun de ces deux réglages n'utilise la caméra à son plein potentiel, la baisse de sensibilité encore moins que la hausse, par une utilisation de moins de valeurs pour encoder l'image. Le problème de l'augmentation se retrouvera plutôt dans le bruit. Augmenter le signal, c'est augmenter toutes les valeurs, bruit y compris. C'est l'objet de la partie suivante.

Pour conclure sur le choix de la sensibilité de cette caméra. Nous avons vu qu'elle supporterait un éclairage construit pour ISO 160. Si je souhaitais travailler à cette sensibilité (Cellule réglée sur cette valeur) et conserver la qualité maximale d'encodage, j'aurais tout intérêt à laisser la caméra réglée sur ISO 800, exposer à ISO 160 (l'image apparaîtra surexposée), puis redescendre le niveau en postproduction.

En travaillant à ISO 160, je risque de saturer plus facilement le capteur, je n'ai aucune marge d'erreur. Une lecture précise des valeurs de contraste de la scène est nécessaire pour s'assurer que toutes les informations soient correctement enregistrées.

Notons que cette stratégie ne se retrouve pas chez tous les constructeurs. Sur l'Alexa par exemple, le changement d'ISO établit uniquement un encodage différent pour chaque réglage, mais continue d'utiliser toutes les valeurs numériques possibles pour enregistrer l'image.

B. Étude du bruit selon l'ISO

Dion Beebe, directeur de la photographie de *Miami Vice* et *Collateral*, voyait la force du numérique dans la capture des noirs, plus facilement exploitables, plus détaillés et plus précis qu'en argentique. Il existe cependant

une limite basse à l'exposition en digital ; le bruit. Le bruit est une variation aléatoire du signal, indépendante de celui-ci. Le bruit ne porte aucune information, et se traduit par des variations de luminance ou de couleur. Il peut être d'origine thermique : l'effet photoélectrique du capteur peut exister même sans lumière. L'énergie nécessaire à la création de la paire électron/trou peut être apportée par la chaleur d'un capteur pas assez refroidi. Il peut être dû aux composantes électroniques de la caméra, ou encore d'origine quantique (bruit photonique, aussi appelé bruit de Schottky), lorsque le nombre de photons d'un même flux atteignant une cellule photo-réceptrice est différent pour deux photosites accolés.

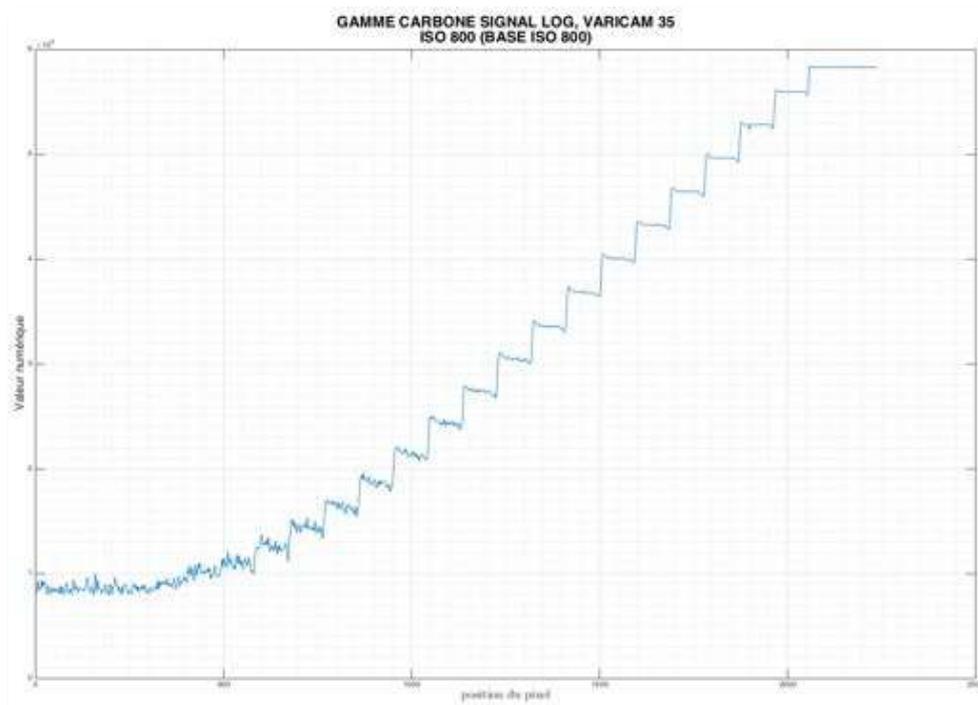


Figure 47 – Signal Log, représentation des VN selon H d'une seule ligne de la gamme carbone.

Le bruit apparaît bien plus fortement dans le bas de la courbe. Cela est dû à l'encodage logarithmique des valeurs numériques, plus proche de notre perception. (Pour observer le comportement du bruit sur un signal linéarisé, reportez vous en annexe)

Sur la figure 42, on pouvait voir qu'un choix d'ISO et un réglage de cellule correspondant, allaient faire varier l'emplacement de notre image sur la courbe de réponse du capteur. Plus on choisit un ISO élevé, plus on pose l'image bas sur la courbe. Donc, plus on se rapproche du bruit. Monter en sensibilité, ou proposer des sensibilités élevées en montant le gain sur le signal, impose donc un bruit minimal dans le bas de la courbe, car c'est surtout cette partie qui sera utilisée pour fabriquer l'image.

Mais alors comment savoir jusqu'où il est possible de descendre ? Est-il possible de quantifier un niveau de bruit maximal à ne pas dépasser ? Comment parler de sensibilité en quantifiant le bruit ? Cette limite basse servira de borne au calcul de la dynamique de la caméra, s'étendant jusqu'à la saturation. L'enjeu est de trouver la valeur de bruit en dessous de laquelle la reproduction de l'image est trop dégradée pour être porteuse d'information.

1. Représenter le bruit

a. Quantifier le bruit par l'écart type

J'utiliserais pour cette partie les mêmes images de la gamme carbone que pour la partie précédente.

Une manière simple de représenter et quantifier mathématiquement le bruit est d'utiliser l'écart type. L'écart type mesure la dispersion d'une variable aléatoire (on considère le bruit comme aléatoire), on le calcule en faisant la moyenne quadratique des écarts par rapport à la moyenne. Plus il est élevé, plus les valeurs seront dispersées autour de la valeur moyenne, donc plus le bruit sera grand.



Figure 48 – Images bruitées. Même valeur de gris, écart type en augmentation de la gauche vers la droite. (Gauche : $\sigma=2$, centre : $\sigma=4$, droite : $\sigma=9$)⁷⁸

Je mesure l'écart type pour chaque canal de l'image ; le rouge, le vert et le bleu. Je représente la dispersion des valeurs pour chaque canal sur la courbe H&D.

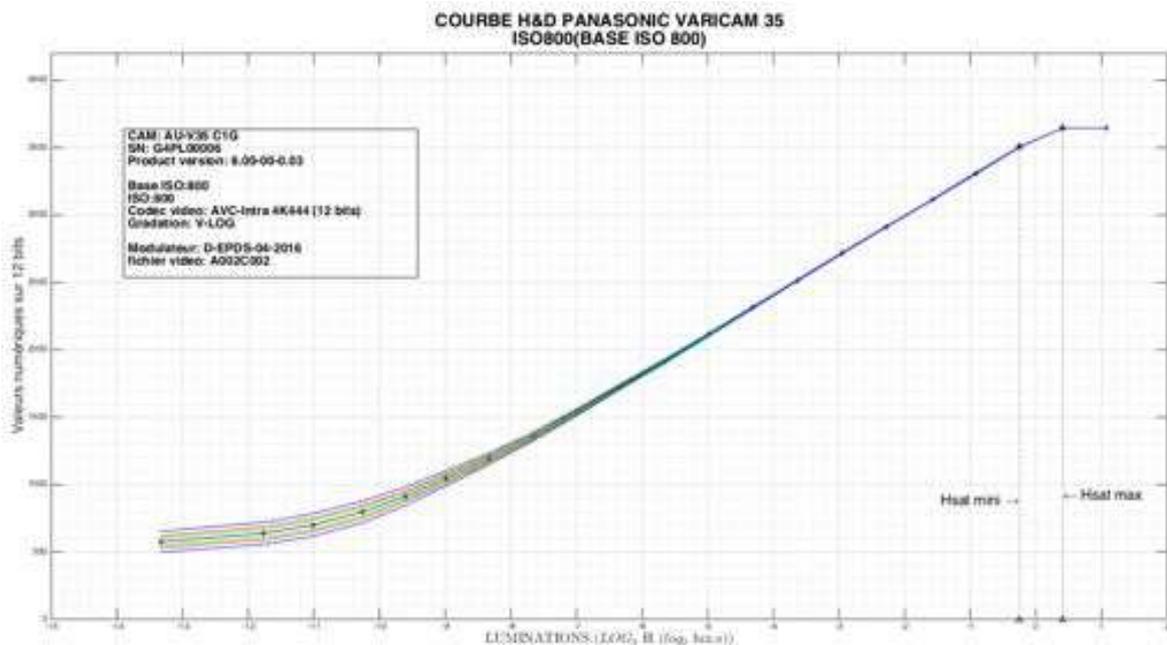


Figure 49 - H&D + Bruit Varicam35 ISO 800

Les niveaux de bruit ne sont pas équivalents pour chaque canal. Le vert apparait moins bruité que le rouge, lui même moins bruité que le bleu. En effet, les filtres colorés (rouge, vert ou bleu) posés sur le capteur devant chaque photosite sont plus ou moins denses, donc laissent passer plus ou moins de lumière. Or, pour produire une image neutre en colorimétrie comme celle de la gamme, la caméra doit appliquer du gain sur le canal rouge et bleu

⁷⁸ DxOMARK, « What is noise », consultable ici (ddc 8/05/17) : <https://www.dxomark.com/About/In-depth-measurements/Measurements/Noise>

pour les aligner avec la valeur de sortie du canal vert, et ainsi éviter toute dominante colorée.

Ajoutez à cela que la source utilisée pour éclairer la gamme carbone soit balancée à 3200 K, donc relativement pauvre en radiations bleues, le gain que doit apporter la caméra au canal bleu en est d'autant plus fort.

Idem pour le réglage ISO 5000 :

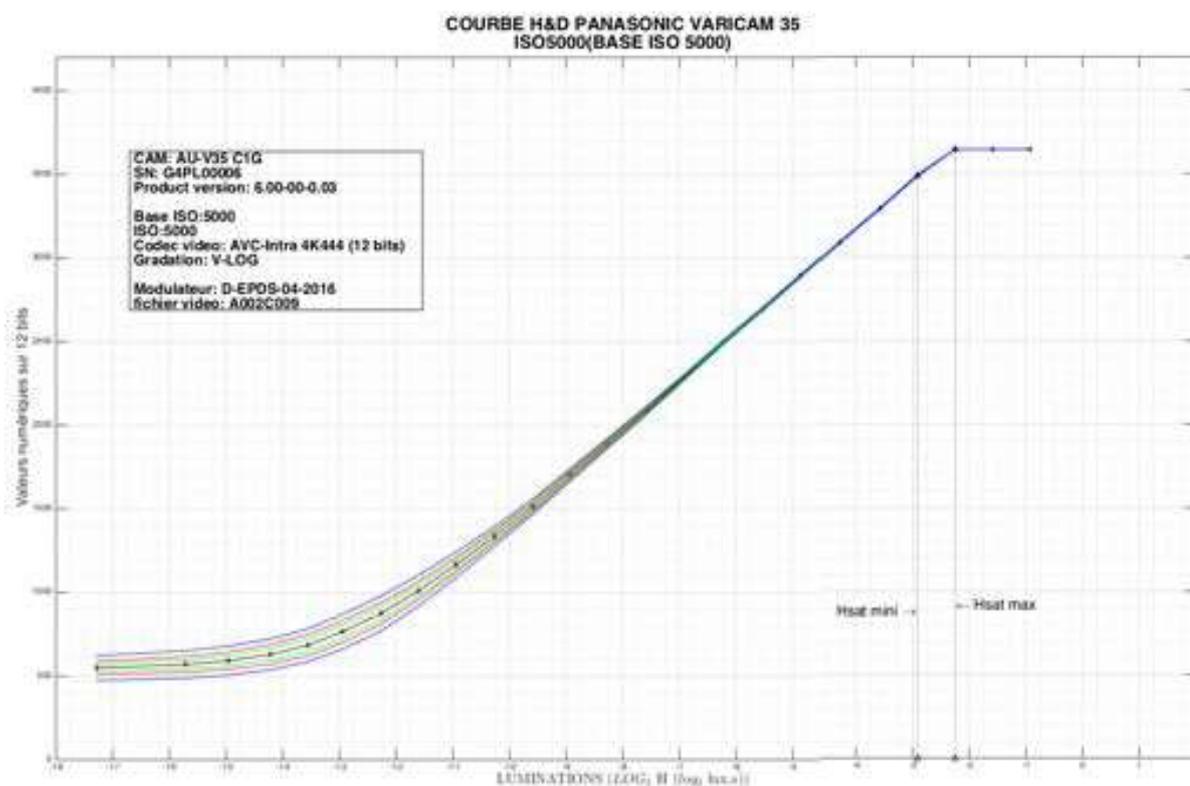


Figure 50 - H&D + Bruit Varicam35 ISO 5000

On note une dispersion plus importante dans les basses lumières à ISO 5000 qu'à ISO 800, donc un bruit plus important en bas de courbe.

Je représente, sur une même graphique, la variation du bruit en fonction de la lumination, selon l'ISO « virtuel » choisi. A partir du mode ISO 800, la caméra amplifie ou diminue numériquement le signal. Ces courbes sont utiles pour apercevoir une tendance, aussi n'ai-je choisi de représenter que les variations du canal rouge, pour plus de lisibilité. Les canaux verts et bleus présentent des courbes semblables. L'écart type sur le vert est en moyenne plus faible que le rouge, c'est l'inverse pour le bleu. Enfin, plutôt que

de faire apparaître l'écart type brut, je le ramène en pourcentage d'écart à la moyenne de l'échantillon, pour que la valeur du bruit soit relative à la valeur de la plage de la gamme.

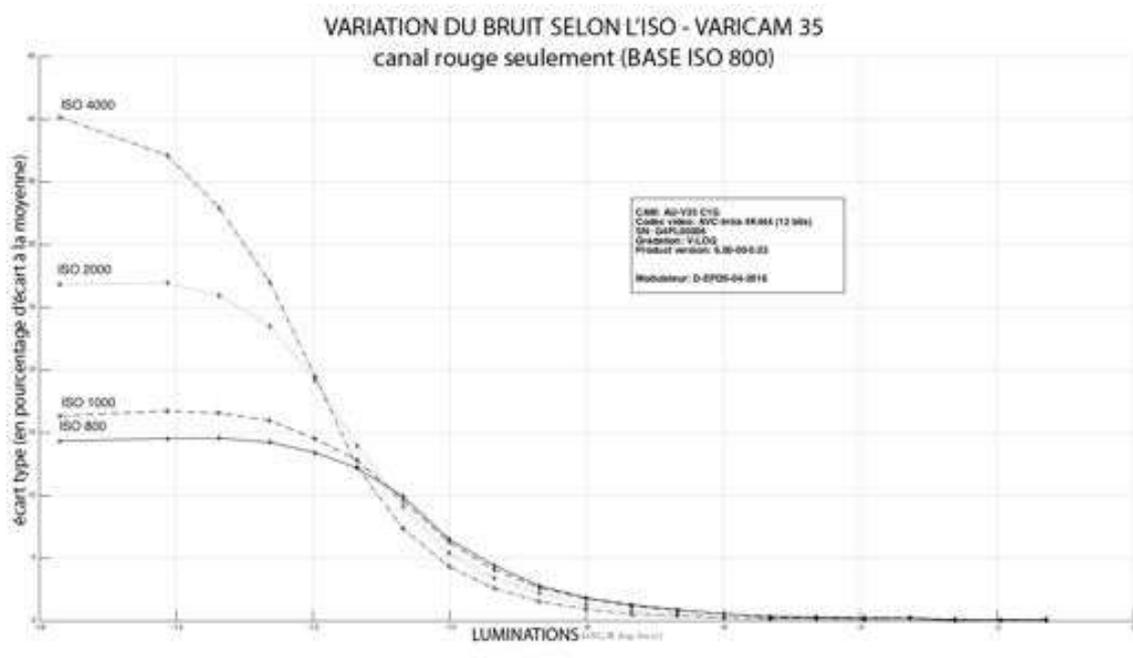


Figure 51 – Variation du bruit selon l'ISO choisi, Varicam 35

Cette représentation du signal caméra, logarithmique, confirme ce qui a été dit plus haut sur la présence et la répartition du bruit dans l'image, mais ne nous aide pas à quantifier une limite basse bornant la dynamique du capteur.

b. Le rapport signal sur bruit

Repartons de la norme ISO 12232 sur la sensibilité des appareils photos numériques. Une méthode de calcul de la sensibilité, nommée *noise-based speed* (sensibilité basée sur le bruit) y est décrite. Elle consiste à calculer le rapport signal sur bruit (*Signal to Noise Ratio*, abrégé *SNR*) en fonction de la luminance du capteur, puis à trouver les luminances pour lesquelles $SNR=10$ et $SNR=40$. Ces niveaux, arrêtés plus ou moins arbitrairement, servent alors à donner deux sensibilités. La première, avec un ratio faible (donc un bruit plus important), donne la « première image

acceptable ». Le $SNR=40$ représente quant à lui la « première image excellente ».

Cette norme a cependant été calculée par rapport à un tirage papier de photographies numériques. Rien à voir avec notre image projetée en mouvement, il serait arbitraire d'appliquer telle quelle la norme aux capteurs cinéma.

Et c'est là que toute la complexité du chantier apparaît. Sur quel rapport signal sur bruit se baser pour le cinéma ? Un plan en mouvement, un plan large panoramique rapide par exemple, supportera bien mieux le bruit qu'un plan fixe serré sur un visage, où les détails de la peau seront importants, tandis que l'information sera de toute façon plus dure à lire sur le panoramique, produisant certainement déjà du flou. La fréquence d'image (24 images par seconde en cinéma) peut influencer sur l'acceptation du bruit. À 50 images secondes par exemple, un fort bruit mesuré dans l'image peut être très bien accepté, alors que cette même valeur objective de bruit dans un flux à 25 images par seconde sera gênante⁷⁹. Le temps d'affichage du plan à l'écran jouera aussi. Un plan très rapide peut comporter du grain, il n'aura pas le temps de se faire sentir.

La structure d'image a son importance. Le bruit sur un aplat sera ressenti très différemment que sur une zone texturée. Pour le démontrer, j'applique uniformément sur l'image suivante du bruit grâce à l'outil du même nom de Photoshop. Comparons ensuite deux zones, le ciel uniforme et la prairie très détaillée :

⁷⁹ Mis en évidence par A. Sarlat, professeur de colorimétrie et sensitométrie à l'ENS Louis Lumière, lors de la caractérisation d'une caméra 50 images secondes.

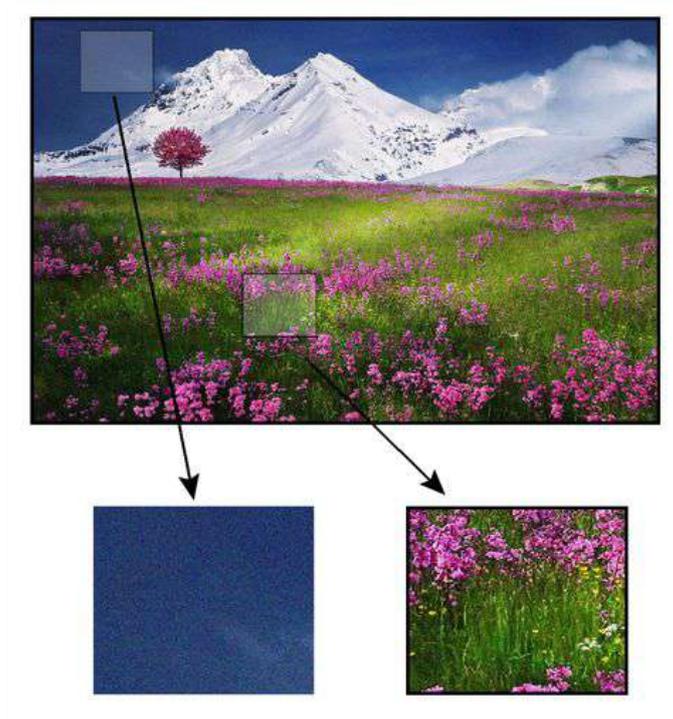


Figure 52 – Détails dans une photographie de paysage bruitée artificiellement.⁸⁰

Notez que le bruit est bien plus visible dans le ciel plus uniformément coloré que dans les herbes, déjà très détaillées.

Enfin, la convention joue aussi un rôle dans notre acceptation du bruit, et souligne la différence à ne jamais oublier entre analyse mathématique de l'image, et l'image vue par un public. Certaines séquences peuvent, pour être mieux acceptées, avoir besoin de bruit, de grain. Lors de l'étalonnage de *L'Homme qui Hurlait Joyeusement* (2017)⁸¹, que j'ai éclairé en collaboration avec Antoine Depreux, nous nous sommes rendus compte que l'ajout de grain généré par algorithme⁸² (pas tout à fait comparable au bruit, mais il existe de fortes similitudes sur le fourmillement produit à l'image), savamment paramétré par Reginald Galienne, étalonneur, permettait de renforcer la crédibilité d'une séquence de nuit américaine. Claire Mathon me confiait que pour *Rester Vertical* (2016), le bruit des scènes de nuit, tournées en Varicam

⁸⁰ Réglage du bruit dans Photoshop : Filtre « Ajout de bruit », Quantité 10%, répartition uniforme.

⁸¹ Court métrage réalisé par Simon Feray dans le cadre des Fictions 2, ENS Louis Lumière, 12 min.

⁸² Technologie propriétaire développée par Technicolor.

à ISO 5000, contribuait à créer la matière de la nuit, vivante⁸³. Cent-vingt ans de création et de convention cinématographique infusent forcément dans notre manière de faire des images aujourd'hui, et dans nos attentes en tant que spectateur. Trouverons nous le grain insupportable dans quelques années ?

Je me propose donc de repartir de l'idée de la norme ISO visant à qualifier les capteurs selon un rapport signal sur bruit établi. Peut-on trouver un *SNR* permettant l'établissement d'une recommandation d'exposition ?

Le rapport signal sur bruit est une méthode d'analyse des signaux permettant d'évaluer, comme son nom l'indique, la puissance du signal contenant de l'information par rapport à celle du bruit. Il peut être utilisé dans les télécoms, l'électronique, et dans notre cas, l'image. Sa formule générale est la suivante :

$$SNR = \frac{\mu}{\sigma}$$

Avec :

μ = moyenne de l'échantillon (signal)

σ = écart type de l'échantillon (bruit)

À noter que ce calcul s'effectue sur le signal linéarisé. Il faut donc convertir, à partir de l'équation fournie par Panasonic, l'encodage logarithmique en valeurs linéaires.

Je calcule les *SNR* de chacune des 21 plages de la gamme carbone, pour chaque canal coloré. Je représente ensuite le rapport signal sur bruit en fonction de la luminance *H*.

⁸³Entretien réalisé à Paris, le 04/05/2017. L'entretien est retranscrit en annexe.

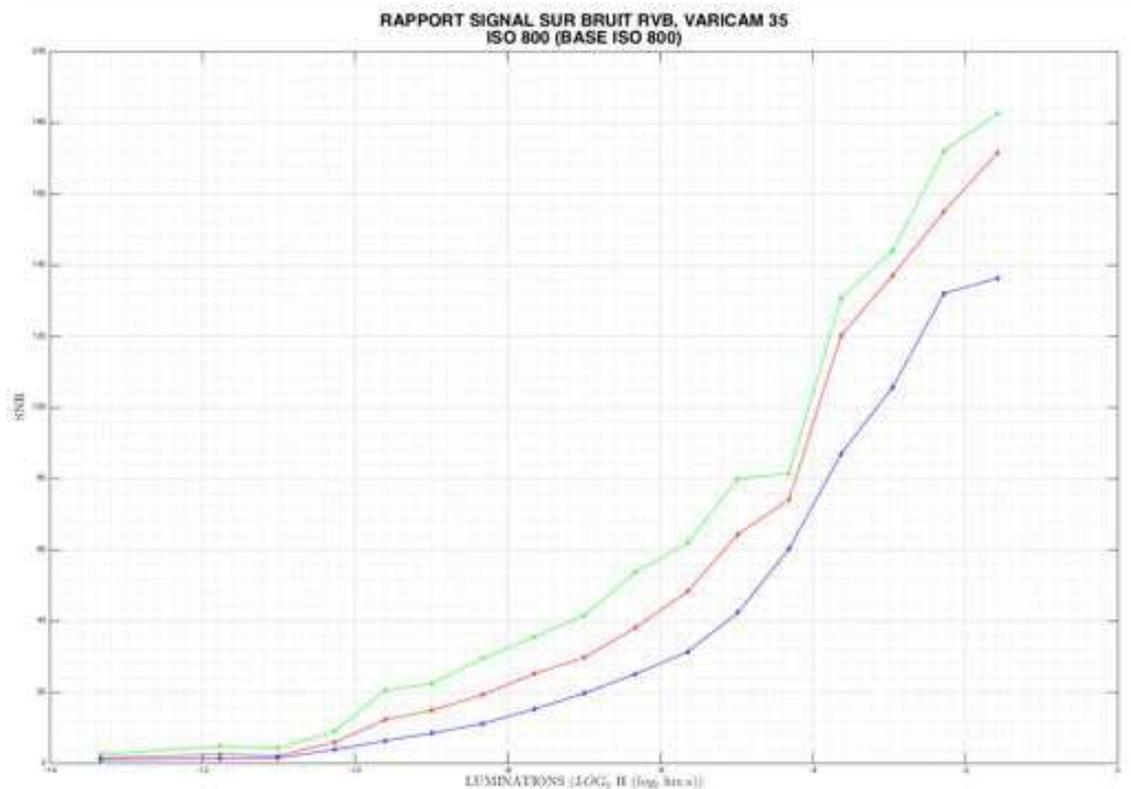


Figure 53 – Rapport signal sur bruit en fonction de la luminance pour chaque canal de la Varicam 35, ISO 800

Sans surprise, $SNR_{vert} > SNR_{rouge} > SNR_{bleu}$. Le rapport signal sur bruit augmente de manière continue avec la luminance, débutant à presque 0, ce qui correspond avec le modèle avancé dans la norme ISO⁸⁴.

Afin de simplifier le reste de ma démarche, plutôt que de baser mes recherches sur les trois canaux colorés, je convertis les valeurs en *luma* (Y), c'est à dire une image noir et blanc fabriquée en mélangeant les trois couches selon les coefficients de pondération de la norme Rec 709 :

$$Y = 0,02627 * R + 0,6780 * V + 0,0593 * B$$

⁸⁴ Pour plus de précisions sur le comportement du SNR pour les hautes luminances avec la Varicam 35, merci de vous reporter en annexe.

Et la nouvelle courbe de calcul du rapport signal sur bruit en luminance, pour ISO 800 et ISO 5000 :

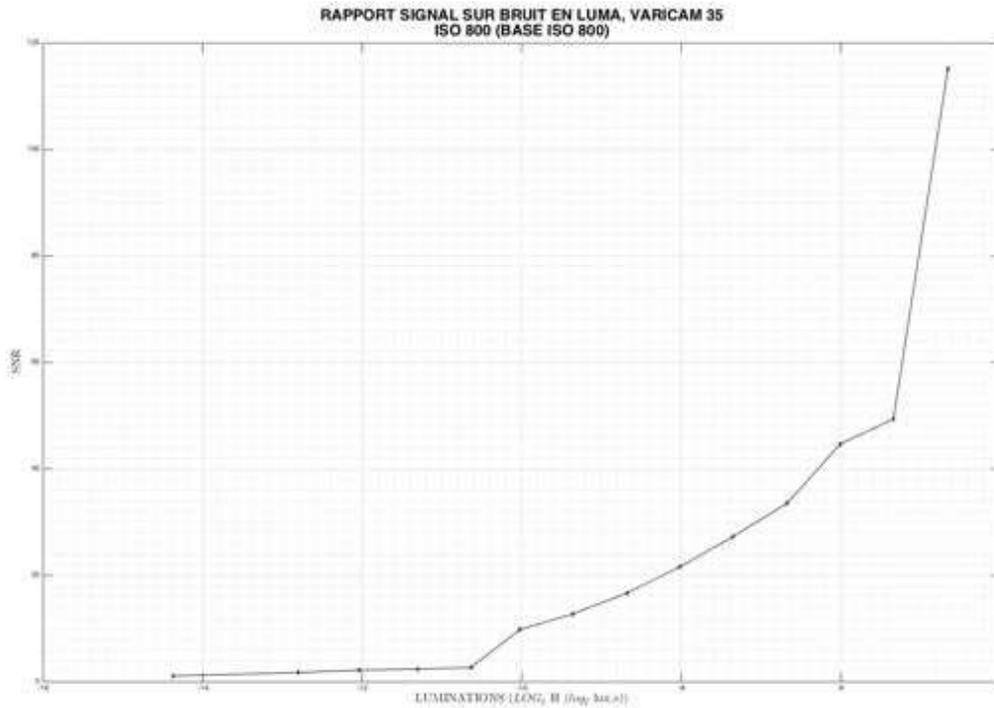


Figure 54 – Rapport signal sur bruit en luminance Y, Varicam 35 ISO 800

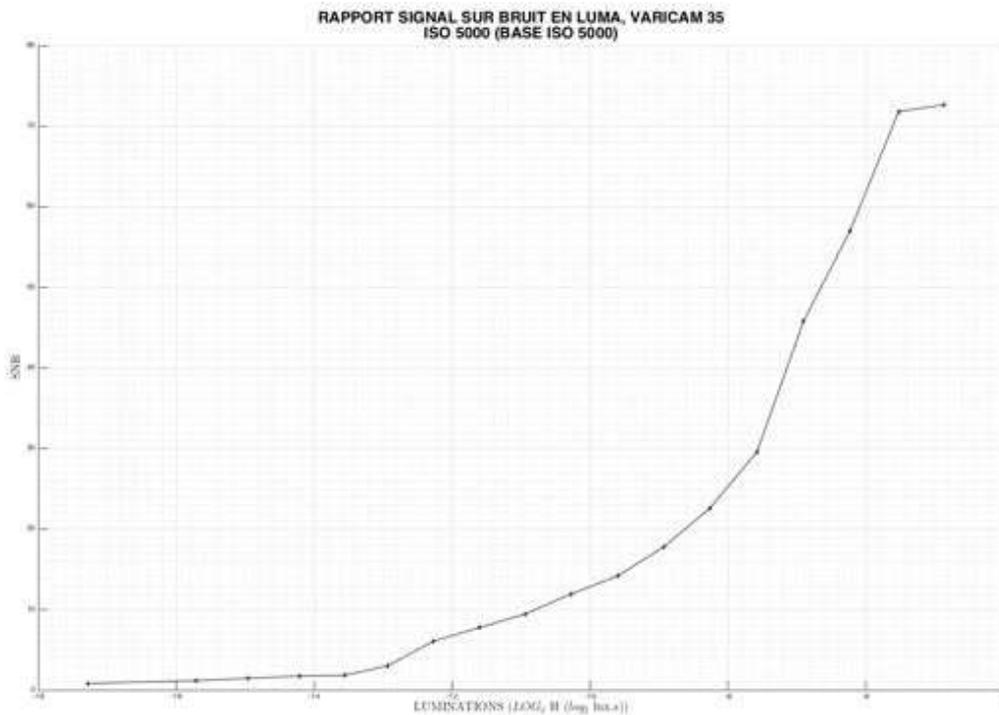


Figure 55 - Rapport signal sur bruit en luminance Y, Varicam 35 ISO 5000

Peut on, à partir de ces valeurs de *SNR*, trouver une valeur optimale d'exposition ? En l'état, je ne peux pas appliquer de formule mathématique me donnant une recommandation d'exposition. Je vais donc... ouvrir les yeux.

2. Quelle(s) limite(s) acceptable(s) au bruit ?

a. Le bruit, limite basse de la dynamique du capteur

Je regarde plusieurs séries d'exposition de la gamme, à différents ISO, en vitesse réelle. Je cherche alors la plage de gris à partir de laquelle le bruit me paraît trop gênant pour que j'y place un élément important de mon image. Là où l'information me paraît trop noyée dans le bruit pour rester une information. Je regarde le *SNR* de cette plage pour chaque série regardée. Une valeur revient à chaque fois : **SNR=10**.

Étonnamment (ou pas), cela coïncide avec la valeur choisie par l'ISO pour caractériser les appareils photos numérique. Deuxième étonnement (ou confortation), la valeur de lamination associée au *SNR*=10 est aussi celle arrêtée dans un précédent mémoire par A. Delol⁸⁵, avec une autre méthode⁸⁶.

Je suis maintenant en mesure de donner l'étendue utile de mon capteur, dans laquelle je considère que je peux exposer mon image sans perte d'information.

À ISO 800, la lamination correspondant à un *SNR*= 10 est de $-10 \log_2 \text{ lux.s}$. La H_{sat} était de $0,084 \log_2 \text{ lux.s}$, j'obtiens donc une dynamique de :

$$D_{\text{ISO 800}} = H_{\text{sat}} - H_{\text{SNR}=10} = 0,084 - (-10) \approx \mathbf{10 \text{ EV}}$$

Idem pour ISO 5000, avec $H_{\text{sat}} = -2,55 \log_2 \text{ lux.s}$ et $H_{\text{SNR}=10} = -11 \log_2 \text{ lux.s}$.

$$D_{\text{ISO 5000}} = H_{\text{sat}} - H_{\text{SNR}=10} = -2,55 - (-11) \approx \mathbf{8,5 \text{ EV}}$$

⁸⁵ DELOL, A. « L'heure bleue dorée », mémoire de master, ENS Louis Lumière, 2016

⁸⁶ Méthode expliquée en annexe 4

Ces chiffres sont à mettre en regard avec ceux trouvés dans la première partie de l'analyse, quand le bruit n'était pas pris en compte. On avait alors une dynamique de 14 EV pour ISO 800 et 14 + 1/3 EV pour ISO 5000. La caméra apparaît donc moins performante à ISO 5000 qu'à ISO 800, faisant perdre, avec cette méthode de caractérisation, 1,5 EV de dynamique.

Attention, cela ne veut pas dire que le reste du capteur n'est pas utilisable, ou que chaque lamination plus faible ne me donnera pas une sensation à l'image. Je suis simplement en mesure de donner des résultats issus d'une démarche scientifique de laboratoire.

Ces résultats doivent être confrontés au réel et à des images de cinéma. Lorsque Claire Mathon utilise le mode ISO 5000 pour filmer une nuit vivante et fragile, qu'importe la valeur mathématique du bruit. Il est embrassé et aide à la construction de la sensation nocturne.

b. Vers une nouvelle norme ?

Peut on pousser ce raisonnement plus loin, et proposer une norme pour la sensibilité des caméras, en se basant sur le rapport signal sur bruit $SNR=10$? La sensibilité est elle le seul point important de mon approche de caractérisation, ou bien faut il laisser une place plus grande à la dynamique et sa répartition par rapport au gris 18% ?

Graphiquement, je peux représenter plusieurs points sur la courbe de réponse du capteur. La saturation, le gris à 18% et la limite de bruit avec $SNR=10$. Pour retrouver un objet connu des opérateurs, je peux aussi y placer quelques valeurs de la charte CST, représentant « l'objet banal », ici présentée par Romy Schneider sur le tournage de *L'enfer* d'H.G. Clouzot.



Figure 56 – Romy Schneider tenant une charte de gris et couleurs pour des tests d'exposition (typiquement des patches de réflexion 2, 5, 10, 20, 40, 80%). Tournage de L'Enfer d'H.G.Clouzot.

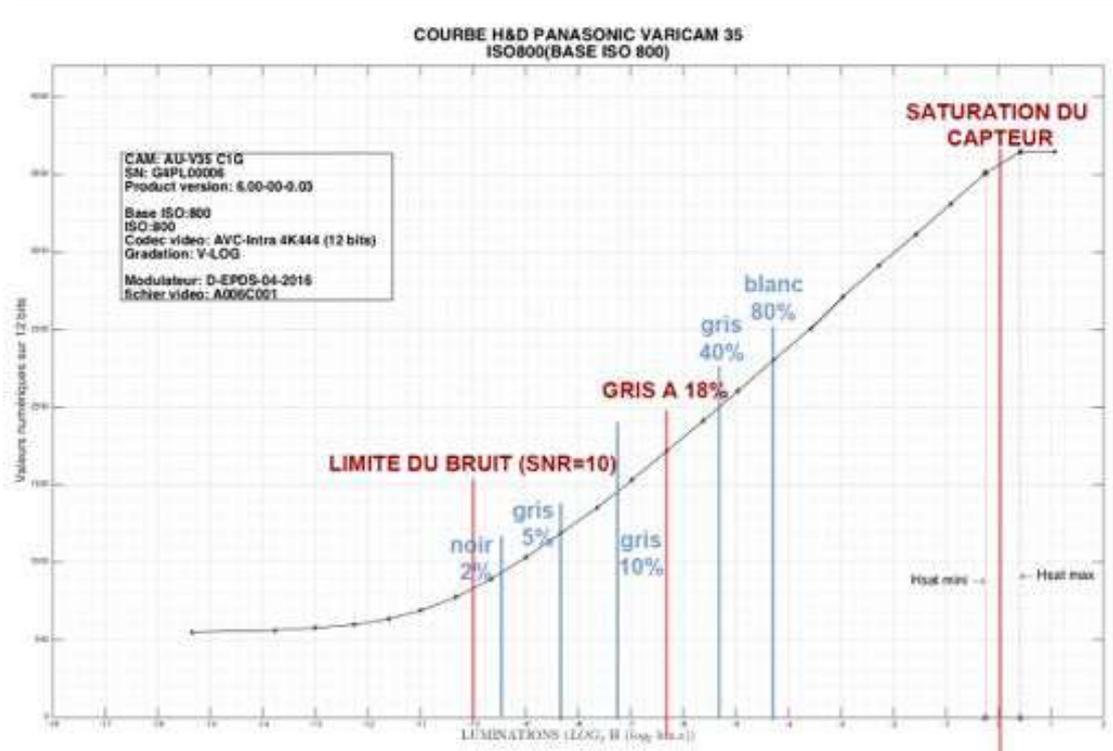


Figure 57 – Bornes et repères pour l'exposition de la Varicam 35 à ISO 800

Les 10 EV de dynamique du capteur se répartissent donc de la sorte : 3+2/3 EV sous le gris à 18%, et 6+ 1/3 EV au dessus.

Connaissant ces valeurs, j'ai toutes les clés en main pour exposer correctement mon image et savoir exactement, avec l'aide de ma cellule et mon spotmètre, où seront encodées chacune des luminances de mon image.

L'encadrement ainsi fait me paraît plus précis que de vouloir donner une valeur ISO absolue au capteur. Je n'ai pas pu développer plus cette approche de normalisation, mais une piste reste à explorer. Connaissant H_{sat} et $H_{SNR=10}$, peut on donner une sensibilité dont le gris à 18% se situerait exactement entre ces deux valeurs ? Cela donnerait alors autant de place pour les hautes lumières au dessus du gris que pour les basses en dessous. En appliquant cette méthode pour ISO 800, je trouve une valeur de lamination pour le gris à 18% qui passe alors à $-5 \log_2 lux.s$, soit $0,030 lux.s$. C'est une lamination correspondant à une sensibilité ISO comprise entre 250 et 320. Soit 1 EV plus sensible qu'avec la méthode basée sur la H_{sat} .

À titre de comparaison, le graphique suivant expose la répartition des luminations pour ISO 5000 :

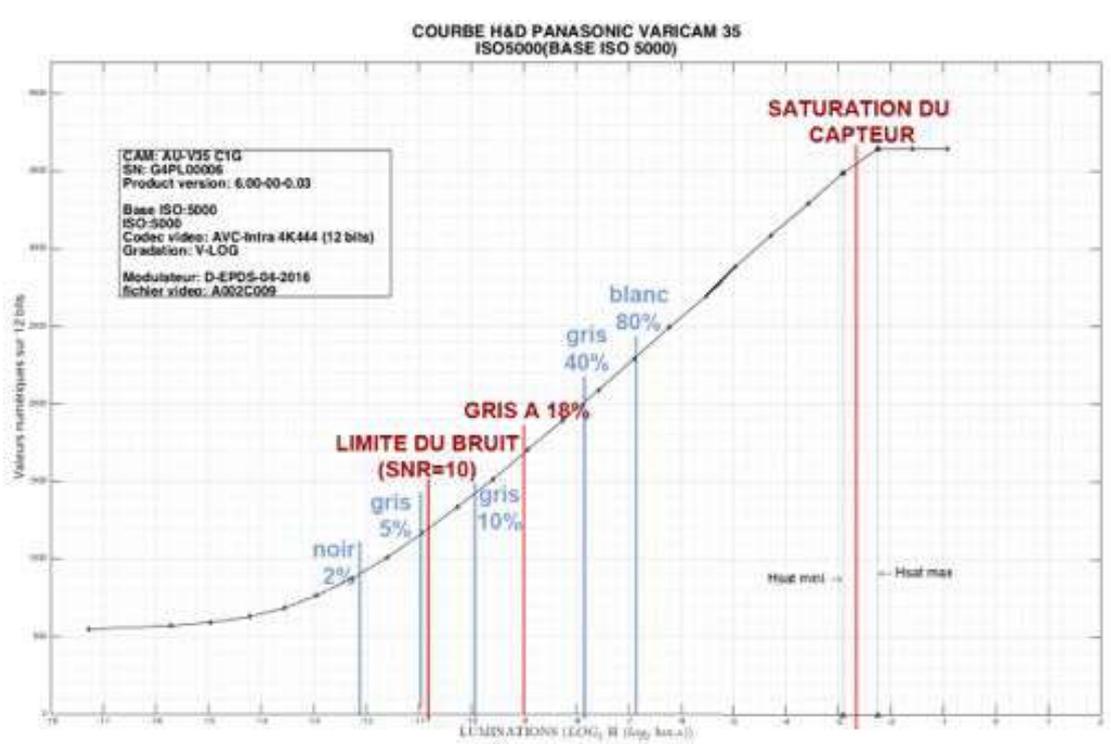


Figure 58 - Bornes et repères pour l'exposition de la Varicam 35 à ISO 5000

À ISO 5000, en prenant comme limite basse à l'exposition la lamination où $SNR=10$, je n'ai plus que 2 EV sous le gris 18%, et $6 + \frac{2}{3}$ EV au dessus.

Ce mode ne permettra pas une reproduction satisfaisante des deux derniers carrés de la charte, les plus sombres. Pour les enregistrer

convenablement (selon la valeur de bruit arrêtée dans le cadre de ce mémoire), il faudrait surexposer l'image de $1+1/3$ EV minimum.

Ce sera malheureusement impossible pour les scènes déjà très sombres, comme sous la lumière de la lune. Toute l'image se trouve alors dans le bas de courbe.

3. Un bruit inhérent à la lumière : le bruit photonique

Une des causes majeures concernant le bruit dans l'image, est que la lumière elle même n'en est pas exempte. Et cela tient de la physique quantique. La lumière est une onde électromagnétique, mais aussi composée de particules : les photons. L'exposition de l'image durant un temps fini ($1/50$ de seconde en vidéo, $1/48$ en cinéma), un nombre fini de photons frappera la surface photosensible dans cet intervalle temporel. Travaillant sur des niveaux très bas, les flux de photons sont faibles. Statistiquement, il y aura donc des disparités entre deux photosites voisins. Nous pouvons tracer une analogie avec le jeté de pièce de monnaie. La probabilité de tomber sur pile ou face est identique et égale à 50%, mais si je n'effectue que quelques lancers, je n'obtiendrais pas ces chiffres. Plus le nombre de lancers sera grand, plus je tendrai vers un résultat égal pour les deux possibilités. Il se passe la même chose avec les photons. Sur un flux très faible, les disparités entre photosites seront élevées. Plus la lamination augmente, plus ce phénomène diminue. On appelle ce bruit « bruit photonique », ou phénomène de Schottsky du nom de scientifique l'ayant mis en évidence.

La taille des cellules photosensibles joue aussi un rôle. Plus sa taille diminue, moins la probabilité qu'un photon la touche est grande, les disparités entre photosites augmentent proportionnellement. Pour tester cette théorie, je propose l'expérience suivante : Je filme la mire carbone avec deux réglages caméras différents. Le premier, en 4K, c'est à dire que chaque photosite du capteur est traduit en un pixel de l'image. Il y a $4096*2048$ photosites qui donneront une image de $4096*2048$ pixels. Je fais de même avec le réglage 2K de la caméra. L'image sera captée par les mêmes $4096*2048$ photosites,

mais la caméra, par un traitement de *down conversion*, enregistrera une image de 2048*1080 pixels.

Le procédé est semblable lors des traitements de down conversion sur ordinateur. À la fin de l'étalonnage du film effectué en 4K, on peut décider de sortir le film dans une version 2K (raisons budgétaire, d'exploitation etc.). On passe dans ce cas là aussi d'une image de 4096*2048 pixels à 2048*1080 pixels. Plusieurs algorithmes existent pour effectuer ces traitements. Voici le principe général :

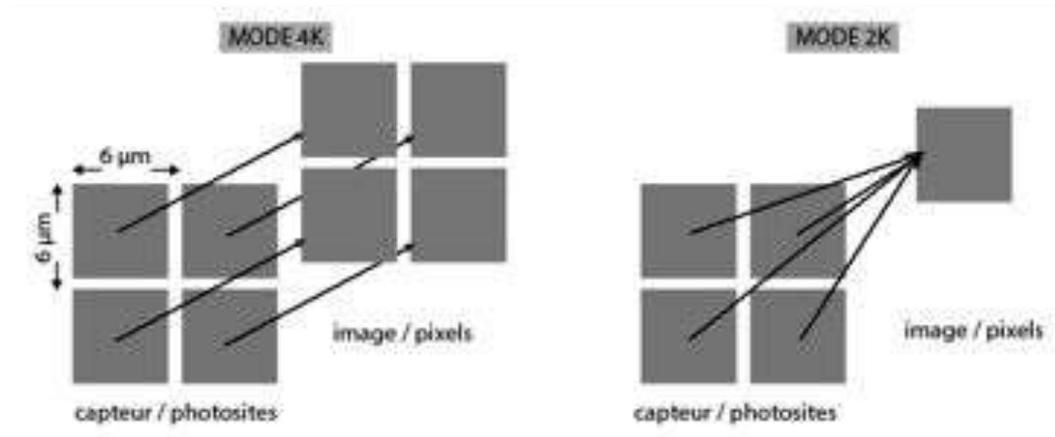


Figure 59 - Modèle simplifié de la down conversion effectuée par la Varicam. Ce schéma ne prend pas en compte la mosaïque de Bayer apposée sur les photosites.

Attention, les algorithmes ne sont pas aussi simples que ça, un pixel est formé à partir de plusieurs photosites, et chaque photosite peut être utilisé pour coder l'information de plusieurs pixels de l'image. Ces algorithmes évitent les effets d'aliasing, de perte de détail etc.

Un pixel de l'image est donc codé à partir de plusieurs sources. On peut parler de moyenne entre plusieurs informations, moyenne virtuellement fabriquée à partir d'une surface photosensible plus grande. De manière statistique, Il y aura donc moins de disparités entre chaque pixel, donc moins de bruit.

Je compare alors le bruit entre une image 4K native de la caméra, et cette même image après un traitement de down conversion 4K vers 2K effectué par le logiciel DaVinci Resolve⁸⁷ :

⁸⁷ Le type d'algorithme utilisé par le logiciel m'est inconnue, c'est une des limites de ce test.

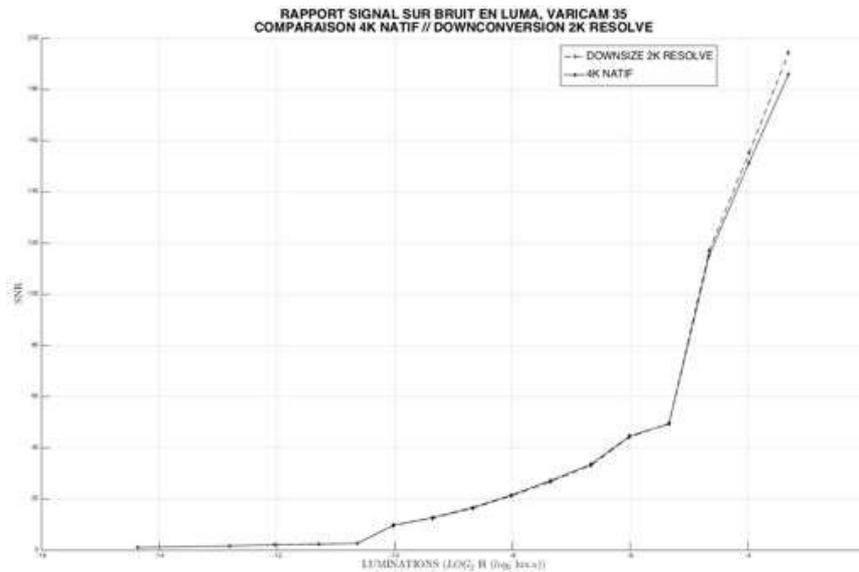


Figure 60 – Comparaison du bruit entre un fichier 4K et sa version 2K fabriquée par Resolve

Le test mené ici montre que le bruit reste identique après le traitement logiciel. Pour s’assurer que le passage de 4K à 2K ne change pas le bruit, il faudrait tester directement sur des fichiers 2K et 4K natifs de la caméra.

Le bruit photonique sera très sensible lorsqu’un directeur de la photographie utilisera cette caméra pour filmer à la seule lumière de la lune par exemple, où toutes les luminances de la scène sont extrêmement faibles,

4. Influence de la sensibilité ISO sur la sensibilité aux couleurs.

La caractérisation de la caméra passe aussi par l’étude de la réaction aux couleurs. Dans le cas de la Varicam, le changement entre ISO 800 et ISO 5000 ne semble pas changer la sensibilité spectrale du capteur. Une observation à l’œil seulement en a été faite.

Cependant, on peut se poser la question de la captation des couleurs à très basse luminance. Nous avons étudié le bruit précédemment, qui affectera chaque canal différemment. La caméra parvient-elle à distinguer des couleurs trop sombres donc trop bruitées ? Cela mériterait de continuer ces tests en laboratoire.

TROISIÈME PARTIE

Le directeur de la photographie face à la scène obscure

La première partie de ce mémoire s'intéressait au lien existant entre l'évolution de la sensibilité des supports sensibles et les nouveaux territoires que la technique permet de conquérir, mais aussi toute la réorganisation du travail. Techniques ou artistiques, ces bouleversements pouvaient être invisibles pour qui regardait un film fait avec un support dit « ultra sensible ». L'arrivée de nouveaux capteurs numériques repousse encore une fois les limites de la capture du réel. Bill Wages, directeur de la photographie sur la série *Sun Records*⁸⁸ (2017), parle d'un bouleversement sur les plateaux au moins aussi important que l'arrivée du parlant⁸⁹. Claire Mathon l'utilise pour filmer la quête de soi au milieu du caudex nocturne pour *Rester Vertical* (A. Giraudie, 2016). Quels sont les nouveaux territoires qui s'offrent à nous ? Comment les méthodes de travail ont-elles ou vont-elles évoluer ? Avec cette dernière partie, je me propose de faire un tour d'horizon des différentes utilisations de la haute sensibilité en 2017. J'élargirais ensuite le spectre de mon mémoire à la capture du domaine de l'invisible, les infrarouges, les ondes thermiques, qui sont elles aussi une vision de la haute sensibilité, du moins un agrandissement des possibles.

⁸⁸ Série Créée par Leslie Grief et réalisée par Roland Joffé, pour la chaîne CMT.

⁸⁹ Entretien retranscrit en annexe.

CHAPITRE I. Nouvelles images, nouveaux espaces, nouvelle (r)évolution

A. De la nuit lunaire à la nuit sans nuit

1. La nuit lunaire de Claire Mathon

Deuxième collaboration entre Alain Giraudie et Claire Mathon, *Rester Vertical* poursuit la recherche entreprise lors de leur précédent film ensemble :

« De la même manière qu'il y avait une envie de lumière naturelle exclusivement sur *L'inconnu du Lac*, je pense qu'il y avait l'envie de poursuivre cette recherche dans le monde du naturel, qui devenait possible la nuit. C'est une continuité du travail.⁹⁰ ». La majorité des scènes extérieures de nuit ont été tournées à l'aide de la Varicam 35 réglée sur ISO 5000, avec la lune comme seul éclairage. Léo, en quête d'inspiration pour l'écriture de son scénario, parcourt le causse de Lozère à la recherche du loup, qui tue sur ces terres. Le film sera une longue recherche d'identité, fuite en avant de Léo, fuyant d'une certaine manière sa vie, ses obligations, pour mieux se retrouver dans le causse, et finalement trouver le loup, lui faire face.

La première recherche, c'est celle de la sensation. Même dans des conditions optimales de projection, les images nocturnes du film sont extrêmement sombres.

⁹⁰ MATHON, C., entretien réalisé à Paris le 04/05/17 et reproduit en annexe.



Figure 61 – Léo (D. Bonnard) arpente le causse de nuit. Filmé à la Varicam 35, ISO 5000 (capture du Blu-ray) (image éclaircie pour les besoins de l'impression)

Refusant la convention, et le fait que nuit ou pas, «au cinéma il faut voir et y faire voir », Claire Mathon veut que la nuit soit pour le spectateur un engagement, qu'on se sente enveloppé par celle-ci : « Si on va vers le noir, il y a quelque chose de physique, de la sensation. Dans la nuit, on est dans un autre espace⁹¹ ». Cette volonté dépasse le but narratif de la nuit. Ce n'est pas l'illustration d'un scénario qui se déroule dans l'obscur, mais bien la recherche d'un état, un transfert du comédien vers le spectateur qui passe par l'image.

De jour, un jeu sur la taille des personnages dans les paysages lunaires du causse cherchait à les montrer petits, perdus au milieu de l'immensité.



Figure 62 – Léo sur le causse. Début d'un panoramique vers le haut dévoilant l'immensité de l'espace. Rester Vertical, image Claire Mathon (extrait du Blu-ray)

⁹¹ MATHON, C., entretien réalisé à Paris le 04/05/17 et reproduit en annexe.

Cette recherche se retrouve de nuit, où les ténèbres servent à les perdre dans une sorte d'infini. Les contours physiques s'estompent, deviennent plus durs à saisir.

Cette recherche s'inscrit dans une veine naturaliste, de faire des images vivantes, qui rappellent le réel. Le bruit participe à cette sensation, à ces images que la directrice de la photographie qualifie de « fragiles ». Le bruit, le fourmillement, rappelle l'origine nocturne de ces images et renvoie directement aux ténèbres qu'il a fallu dompter pour en tirer ces images. C'est notre culture de l'image qui joue ici un rôle, car inconsciemment le bruit et le grain nous ramènent à notre propre expérience de la photographie ou de la vidéo ; aux photos sous exposées granuleuses, aux vidéos bruitées prises au détour d'une rue faiblement éclairée etc. Un léger traitement de débruitage a tout de même été effectué en post production, non pas que le bruit gênait intrinsèquement la directrice de la photographie, mais dans un besoin de raccorder ces images au reste du film, tourné avec une caméra Red à faible ISO, donnant donc des images plus lisses. Cette caméra ayant aussi servi à tourner quelques plans en nuit américaine lorsque le planning ne permettait pas de tourner en vraie nuit. Le peu de jours de pleine lune et la durée très courte de la nuit en été furent limitant dans l'exploration nocturne du film.

La nuit américaine, bien qu'envisagée, n'aurait pas permis de donner un ressenti équivalent. Les goûts en la matière d'Alain Giraudie et de Claire Mathon convergent. Ils aiment tous les deux la nuit américaine par temps gris, sans soleil direct marquant trop fort les visages, et sans voir le ciel. « Sur le cause, c'était une gageure, ça aurait obligé à être en plongée tout le temps.⁹² ». Et de continuer sur la liberté permise par un tournage de nuit à 360° avec autant de ciel. « Il y avait une sorte de liberté à nouveau⁹³ ». Cette liberté était toutefois dépendante de certains critères techniques. Tous les axes de prise de vues ne fonctionnaient pas, il fallait placer les comédiens par rapport à la lune, et forçait donc la directrice de la photographie à réfléchir ses images de la même manière que si elle se trouvait... en plein soleil. Géométriquement, la pleine lune et le soleil sont semblables (idée que l'on

⁹² MATHON, C., entretien réalisé à Paris le 04/05/17 et reproduit en annexe.

⁹³ Ibid.

retrouve dans la nuit américaine, le soleil fait alors office de lune), leurs effets sur la forme des ombres par exemple, seront les mêmes.

« À pouvoir filmer avec la pleine lune comme seule source, on se pose les mêmes questions qu’au soleil. Est ce que je la met à contre, en latéral, en face ? On préférerait plutôt en latéral, voire face, jamais à contre, car on ne voyait plus assez les gens. Même s’il y avait quelque chose de séduisant à ne pas voir, on ne l’a pas fait. Ou bien ça oblige à ré-éclairer, car c’est une lumière qui est suffisamment forte pour éclairer, mais inutilisable en réflexion.⁹⁴ »

Une ressemblance avec le soleil donc, mais qui garde des avantages indéniables par rapport à l’approche de la nuit américaine. Premièrement, le dégradé de ciel, et les nuances de carnation. Tout simplement le fait de voir des couleurs en pleine nuit. J’y reviendrais d’ailleurs dans la partie consacrée à la réalisation de la partie pratique de mémoire. Pour Claire Mathon, cette capacité à capturer des éclats très faibles lui a permis de quitter « la convention du bleu, bleu, bleu » traditionnellement associée à la nuit. En voici un exemple avec les figures suivantes (dont j’ai toutefois dû augmenter la luminosité artificiellement pour la rendre visible sur une impression ou un écran informatique.)



Figure 63 – Dégradé de ciel nocturne dans *Rester Vertical*, image de Claire Mathon. Varicam ISO 5000 (Luminosité augmentée sur photoshop, capture du Blu-ray)

⁹⁴ *ibid.*



Figure 64 – Carnations sous un éclairage lunaire dans Rester Vertical, image de Claire Mathon, Varicam ISO 5000. (Luminosité augmentée sur photoshop, capture du Blu-ray)

Les étoiles, plus particulièrement sous nos latitudes polluées, peuvent maintenant faire partie du film. Elles sont faibles, brillent doucement dans le ciel, disparaissent parfois pour revenir ensuite, dans une pulsation organique, due au phénomène de bruit photonique décrit plus tôt. La haute sensibilité nous raccorde alors à une échelle cosmique et directe, sans artifice ni trucage de post production. Il serait illusoire de placer ici une illustration de la nuit de *Rester Vertical* où les étoiles sont visibles, mais elles sont bien présentes.

La nouvelle matière de la nuit, impossible à filmer il y a quelques années, doit être réfléchie, et la performance technique ne peut pas prendre le dessus sur l'apport au cinéma. Pour revenir sur la question du naturalisme, on ne peut pas se contenter de poser sa caméra et enregistrer le réel, en se satisfaisant de voir une image ténébreuse sortir de la nuit. Claire Mathon résume cette pensée avec cette phrase : « À vouloir tirer vers le naturel, utiliser les choses telles qu'elles sont, les lumières que la nuit offre, on se retrouve avec une part un peu artificielle étonnamment. Il faut trouver quoi garder. ». Les carnations nocturnes et les dégradés de ciel font assurément parti de ce qu'elle souhaite garder.

Que resterait-il du cinéma si tout était visible ? Si la nuit n'était même plus un obstacle à la capture des scènes ? Examinons le paroxysme de la haute sensibilité.

2. La nuit sans nuit au cinéma

Un autre appareil permet un travail dans l'obscurité encore plus poussé que la Varicam de Panasonic : L'alpha 7S du constructeur Sony. Avec une sensibilité annoncée à ISO 320000, atteinte par un traitement poussé du signal et de la réduction de bruit. Sans aller jusque dans ces extrêmes, un vidéaste, Edward Khoma, a filmé une courte vidéo, *Moonlight*⁹⁵, à ISO 12800, lui aussi avec pour seul éclairage la lune (à 25 images par secondes, obturateur à 180°, objectif ouvert à F/1,4, dans les mêmes conditions que le cinéma donc). Pour pleinement saisir l'intérêt de la vidéo, il convient de lire avant tout sa description, qui nous apprend que le seul éclairage fut la pleine lune. Autrement, l'étrangeté des images nous place devant une tentative de nuit américaine incertaine.



Figure 65 – *Moonlight* d'Edward Khoma, filmé à l'alpha 7s, ISO 12800.
(Capture d'écran Vimeo)

Pas vraiment le jour, ni vraiment la nuit, l'image propose un entre deux. La sensation de nuit comme celle que nous avons pu ressentir dans *Rester Vertical* n'est pas présente. Il s'agit plus d'un court métrage présentant les capacités du capteur, sans recherche esthétique affichée, mais il me semble intéressant de pousser la logique de l'ultra sensibilité à son paroxysme, trop loin. « Il n'y a plus le plaisir de la sensation de nuit, juste de la

⁹⁵ KHOMA, E, « Moonlight », court métrage publié sur Vimeo, 2015. Accessible ici : <https://vimeo.com/105690274>

performance »⁹⁶ m'a dit Claire Mathon. On y retrouve accidentellement un surréalisme présent dans les tableaux de Magritte. La nuit et le jour cohabitent, sans le plaisir malicieux que procurait cette association dans les œuvres du peintre belge.

Sans indices nocturnes, difficile d'identifier clairement l'origine de ces images. Ainsi, quelques étoiles, un feu de camp très lumineux, un contraste réduit nous aident à créer la nuit (Cf. image suivante) et participent pleinement à la vision surréaliste que ces appareils proposent. La plupart de ces images seraient facilement tournables de jour, un léger étalonnage ensuite pour leur donner cet aspect. S'il est bien sûr souhaitable de rapporter du tournage la matière la plus riche possible pour fabriquer la nuit, l'interrogation demeure quant à l'utilité de filmer la nuit pour donner à voir le jour. Ne confondons pas photométrie (dans le sens quantité de lumière) et photographie.



Figure 66 – 4 photogrammes extraits de *Moonlight* (captures d'écran de Vimeo)

⁹⁶ MATHON, C., entretien réalisé à Paris le 04/05/17 et reproduit en annexe.

B. Nouveaux espaces de mise en scène, nouvelles libertés pour les acteurs

Les nouvelles images dont nous avons parlé sont à mettre en relation avec l'atmosphère de travail sur le plateau. Pour une scène de bougie, la quantité de lumière sur le plateau sera très différente entre le tournages de *Rebecca* en 1940 (Hitchcock, images de George Barnes), et celui de *Une Vie*, réalisé par Stéphane Brizé en 2016, éclairé par Antoine Heberlé.



Figure 67 – *Rebecca*, scène à la bougie A. Hitchcock, image G. Barnes, 1940 (extrait du DVD, image éclaircie pour l'impression)



Figure 68 – *Une Vie*, scène à la bougie S. Brizé, image A. Heberlé, 2016 (extrait du DVD)

La lumière de la bougie dans *Rebecca* n'éclaire qu'elle même. Son influence sur le reste du décor, sur le personnage, est recrée artificiellement. Contrairement à l'approche du film *Une Vie*, filmé avec une Varicam 35 à ISO 5000 pour les scènes à la bougie. Ici, dans la recherche « du vrai, de ce qui existe⁹⁷ », de Brizé, ré-éclairer ces moments était impensable. Ce sont les comédiens qui interagissent avec la lumière. Leurs mouvements dictent le mouvement de la lumière. On voit pour *Rebecca* qu'un projecteur bien placé éclaire le visage pour reprendre l'effet bougie, tandis que pour *Une Vie*, la source lumineuse unique, la bougie, éclaire aussi bien le corps que le mur derrière. Son influence sur le décor est bien plus grande. La bougie, source lumineuse diégétique, devient source primaire. Le directeur de la photographie peut alors se permettre de n'éclairer qu'avec ces petites sources, très faibles. Même si, comme le dit Stéphane Brizé, quelques autres bougies se trouvent hors champ pour moduler la lumière⁹⁸, nous sommes bien loin des conditions de tournage de *Barry Lyndon* (Kubrick, 1975) et des chandeliers aux centaines de bougies au dessus de la scène, pour fournir le niveau lumineux nécessaire.

L'acteur devient alors un élément essentiel dans la création lumineuse, la lumière vit en même temps que lui et dépend de ses mouvements. L'effet est direct, on se rapproche de conditions réelles, ce qui peut aider à mieux construire la scène. Cette approche est au cœur du cinéma de Stéphane Brizé, qui n'écrit que des scènes où il peut voir naturellement, sans ajout de projecteurs : « Si j'écris une scène de nuit, indépendamment du fait que ce soit la nuit, c'est aussi que je veux créer une atmosphère, on ne joue pas pareil le jour que la nuit. On ne parle pas pareil le jour que la nuit.⁹⁹ » Ce réalisme aide à placer les comédiens dans l'ambiance du film, réduisant l'effort d'imagination nécessaire pour oublier qu'une équipe de tournage scrute tous leurs faits et gestes. Ce dispositif est en lien avec l'approche quasiment documentaire du cinéaste, qui laisse tourner longtemps la caméra et fait varier chaque plan. Si la lumière est « vraie », alors il devient plus facile

⁹⁷ EVEN WISMER, M, « 'Une vie', un film de Stéphane Brizé tourné en VariCam 35 » ; interview de A. Heberlé, *blog Panasonic*, consultable ici : <http://blog.panasonicbroadcastfrance.fr/2016/11/une-vie-un-film-de-stephane-brize-tourne-en-varicam-35/>

⁹⁸ BRIZÉ, S, entretien réalisé à Paris le 23/03/17 et reproduit en annexe.

⁹⁹ *Ibid.*

de mettre en scène et filmer l’impromptu. Une bougie à la main, qu’importe si le comédien part à droite au lieu d’aller à gauche, la lumière le suit et suffit à l’éclairer. Antoine Heberlé, directeur de la photographie apporte un témoignage dans ce sens :

« Après chaque prise, je devais tout « oublier » et redevenir vierge dans la mesure du possible, pour réinventer une captation et surtout ne pas anticiper ; être même en retard et incertain, comme en documentaire quand on ne sait pas ce qui va se passer mais qu’on le pressent.¹⁰⁰ ».



Figure 69 – Judith Chemla porte avec elle le seul éclairage de la scène, une bougie. *Une Vie*, images de A. Héberlé (extrait du DVD)

L’approche documentaire du cinéma de fiction n’est pas la seule à bénéficier des conditions réelles nocturnes, pour Claire Mathon, filmer dans le causse de Lozère à la lumière de la pleine lune a aussi plongé les acteurs dans un autre état :

« Ça participe aux variations d’intonation des comédiens, dans la manière de s’appeler, de s’inquiéter. Ça provoquait une sorte d’état. Il y a un

¹⁰⁰ EVEN WISMER, M, « ‘Une vie’, un film de Stéphane Brizé tourné en VariCam 35 » ; interview de A. Heberlé, *blog Panasonic*, consultable ici : <http://blog.panasonicbroadcastfrance.fr/2016/11/une-vie-un-film-de-stephane-brize-tourne-en-varicam-35/>

silence fort, très présent. Les placer dans un espace aussi grand, il y a un sentiment d'abyssal et de pas du tout artificiel.¹⁰¹ »

Cette approche de la source diégétique comme seul éclairage de la scène n'est pas nouveau et dû à l'arrivée des caméras ultras sensibles, on commence à l'observer dans les années 90, avec l'arrivée de pellicules à ISO 500. Par exemple dans le travail de Robby Müller sur *Breaking the Waves* (Lars Von Trier, 1996), où la pellicule poussée au développement permet de ne tourner qu'en lumière naturelle, qu'elle soit solaire ou domestique, dans toutes les conditions voulues par le réalisateur.

Roger Deakins, converti au numérique depuis l'arrivée de l'Alexa sur le marché, voit son travail se décaler de plus en plus vers l'utilisation de lumières praticables : « J'éclaire de plus en plus avec des sources praticables, et très peu de projecteurs cinéma conventionnels. La capture digitale, avec sa grande dynamique, rend cette approche encore plus excitante.¹⁰² ».

Le cinéma numérique, et plus encore les caméras ultra-sensibles, permettent un déplacement du cinéma vers une capture au plus près de la vie. Ce n'est pas la mort de la cinématographie, simplement sa constante évolution. Pour prendre un peu de recul sur les discours que l'on entend trop souvent sur le fait qu'il ne soit plus nécessaire d'éclairer, voici une déclaration du directeur de la photographie américain Oliver Marsh, A.S.C., en 1931, après la création de la pellicule *Eastman Super Sensitive Negative Type 2* (dont l'arrivée est décrite dans la première partie de ce mémoire) : « L'art d'éclairer demande de la réflexion, beaucoup moins depuis l'arrivée de ce nouvel outil ultra sensible.¹⁰³ ». Le cinéma a survécu. La réflexion aussi.

¹⁰¹ MATHON, C., entretien réalisé à Paris le 04/05/17 et reproduit en annexe.

¹⁰² DEAKINS, R, « A Primer on Practical Lights: How Practicals Can Make Your Cinematography Come to Life » Interview publiée sur nofilmschool, consultable ici : <http://nofilmschool.com/2015/07/practical-light-primer-how-practical-lighting-bring-cinematography-to-life>. (Traduction personnelle)

¹⁰³ MARSH, Oliver, « Super sensitive films in production », *American Cinematographer*, mai 1931, p11.

C. Une révolution invisible à l'écran

1. Un travail plus rapide, plus flexible

Bill Wages, A.S.C., est un directeur de la photographie américain travaillant en ce moment sur une série pour la télévision, *Sun Records* (CMT, créée par Leslie Grief, réalisée par Roland Joffé), retraçant les débuts du *rock & roll* dans le mythique studio d'enregistrement du même nom. Filmé avec une Varicam, tous les extérieurs sont tournés avec le réglage ISO 800, les intérieurs, même de jour, se basent sur le réglage ISO 5000. Cette partie s'intéresse à ce qui se passe derrière la caméra, aux nouvelles manières de travailler. Bill Wages n'utilise pas la haute sensibilité pour capturer une nouvelle idée du réel au cinéma, comme pouvait le faire Claire Mathon, mais dans une logique de facilitation du travail.



Figure 70 – Photogrammes Sun Records. Intérieurs filmés à ISO 5000 avec la Varicam (issus d'un flux internet)

Remarquons simplement au passage, dans le photogramme de gauche, à quel point la caméra ultra sensible permet de faire vivre les machines analogiques aux petites lumières. Lumière très faible visuellement, la sensibilité de la Varicam rend cette zone très claire, alors que le reste de l'image demeure plus conventionnel. Avec un capteur moins sensible, en recréant un éclairage donnant la même image, et ne pouvant pas influencer sur la luminosité de ce petit cadran, il serait apparu beaucoup plus sombre. Sur l'image de droite, il est impossible de deviner à quelle sensibilité la scène fut tournée.

Pour en revenir aux méthodes de travail de Wages, l'intérêt principal pour lui réside dans la réduction très conséquente de son matériel. Plutôt que d'utiliser des HMI de 18kW, sa source la plus puissante est remplacée par quelques M18, (1,8kW) beaucoup plus petits, quelques projecteurs LED, des petites découpes. Au lieu d'avoir un poids lourd pour transporter tout ça, un *shorty-forty* (sorte de grosse camionnette) suffit. Lors de tournages sur des lieux inaccessibles aux gros camions, le gain de temps estimé sur la journée est d'une heure trente minimum, car il n'est plus nécessaire de décharger les gros camions dans des petits pour accéder au décor, puis de faire l'inverse en fin de journée¹⁰⁴. Tout devient plus flexible. Ayant le camion de matériel à portée de main, pas besoin d'attendre 45 minutes, si on a oublié un accessoire au camp de base, que quelqu'un aille le chercher.

Ce matériel plus léger est aussi plus facile à manipuler, donc plus rapide à mettre en place. Bill Wages construit d'ailleurs lui même ses propres projecteurs, à partir de piles 9V et de LED retirées de lampes de dentistes, collées sur un support magnétique. Ces projecteurs sont plutôt faibles, mais avec une caméra à ISO 5000, ils sont largement assez puissants pour aider à construire son éclairage. Voici comment il les utilise : « Une des raisons pour laquelle j'ai fabriqué ces projecteurs est pour les éclairages à contre. Il faut un temps fou pour les mettre en place normalement, pour cacher les câbles surtout. Avec ça, j'ai juste à le placer sur le mur, et je peux l'oublier pendant 4 heures. Quel gain de temps !¹⁰⁵ ». Des projecteurs moins puissants impliquent moins de chaleur dégagée, donc une facture électrique pour la climatisation qui descend en flèche. Le plateau devient plus agréable à pratiquer en décor naturel sans climatisation. Le même argument était déjà avancé en 1931 à Hollywood.

Un capteur très sensible permet aussi d'utiliser des objectifs moins ouverts, comme des zooms, sans augmenter la puissance de l'éclairage. C'est d'ailleurs l'une des raisons qui a poussé Antoine Heberlé à choisir cette caméra pour filmer *Une Vie*. La mobilité qu'il acquiert lui donne une énorme liberté, et permet de s'adapter à toutes les conditions, toutes les variations même inattendues survenant pendant la prise. Le changement de focale ne

¹⁰⁴ WAGES, B., Interview conduite le 10/05/17 par Skype, retranscrite en annexe.

¹⁰⁵ *Ibid.*

prend qu'une fraction de seconde avec un zoom. Une caméra ultra sensible était le seul moyen de combiner bougies et zoom, parfois monté avec un doubleur de focale, faisant encore chuter la transmission lumineuse.

La sécurité qu'une plus faible ouverture apporte au pointeur (en augmentant la profondeur de champ, facilitant ainsi la mise au point) est aussi un gain de temps. Rien n'empêche d'utiliser un zoom avec une caméra à ISO 800, mais l'utilisation de la Varicam, du zoom, des petites sources, s'inscrit ici dans une démarche plus large de facilitation du travail, rendant tout plus simple et efficace. Car n'oublions pas que « Tout ce qui ralentit le travail fait retomber l'énergie ¹⁰⁶ ». Le travail n'a donc pas changé et reste fondamentalement le même, tout est juste plus rapide. Bill Wages a conclu notre conversation avec ces mots : « Les hautes sensibilités ne changent pas le travail, elles le rendent juste beaucoup plus intéressant. Le *process* est le même. Je pense que si Billy Bitzer, qui a filmé tous les films de Griffith arrivait sur un plateau aujourd'hui, il serait ébahi, mais il comprendrait ce qu'on fait et pourquoi on le fait. ¹⁰⁷ »

2. Rééduquer son œil

Travailler à des niveaux lumineux aussi bas exige de rééduquer notre œil. Bill Wages a d'ailleurs une formule qui résume très bien la situation : *What you don't see is what you get*¹⁰⁸. Claire Mathon en a fait l'expérience en filmant des personnages de nuit. Un projecteur fabriqué avec des bandeaux LEDs en réflexion sur une surface noire servait de rattrapage quand la lune était trop faible, ou bien pour moduler un peu l'éclairage. Son effet était si faible qu'à l'œil, rien n'était visible. La projection sur grand écran a tout de même montré son effet, qui se faisait clairement sentir. Elle regrette alors un plan trop éclairé. Ne pouvant se fier aux instruments, « La cellule n'indiquait rien, l'oscilloscope était plat globalement et ne montrait pratiquement pas les

¹⁰⁶ *Ibid.*

¹⁰⁷ *Ibid.*

¹⁰⁸ Ce que vous ne voyez pas est ce que vous obtenez. Formulation faisant référence au « what you see is what you get »

changements que l'on faisait¹⁰⁹ », et devant la complexité du travail à si basse luminance, elle éclaira un peu trop (selon ses dires) le visage du comédien.

La caméra plus puissante que l'œil ? Serait-on arrivé au point de bascule, déjà bien amorcé depuis l'arrivée du numérique, où la caméra surpasse la vision humaine ? Stéphane Brizé partage cet avis, tout en le trouvant contre-productif pour son travail : « Ce qui m'intéresse dans cette idée du réel c'est que la caméra voit ce que mon œil voit. Si la caméra voit mieux que moi je m'en fiche, je sors de l'idée du réel.¹¹⁰ »

Pour revenir sur les dires de Bill Wages, il faut être extrêmement précis dans son éclairage. La moindre petite fuite lumineuse se fera sentir dans l'image et, comme nous l'avons vu, il peut être très dur de juger à l'œil sa lumière. La moindre source peut devenir problématique. Le directeur de la photographie m'a d'ailleurs raconté une anecdote dans laquelle une fois son éclairage mis en place, en contre-jour, il porte son œil au viseur et s'aperçoit que la face des comédiens est éclairée, alors qu'aucun projecteur n'est dirigé vers eux. Cherchant d'où peut venir le phénomène, il se tourne vers le ciel et aperçoit alors... la pleine lune¹¹¹.

¹⁰⁹ MATHON, C., entretien réalisé à Paris le 04/05/17 et reproduit en annexe.

¹¹⁰ BRIZÉ, S., entretien réalisé à Paris le 23/03/17 et reproduit en annexe.

¹¹¹ WAGES, B., Interview conduite le 10/05/17 par Skype, retranscrite en annexe.

CHAPITRE II. Au delà du visible & limites technologiques

Tout ce mémoire a été consacré au domaine du visible. Cependant, on peut voir dans le terme de haute sensibilité une ouverture à un spectre plus large. Les longueurs d'ondes visibles ne sont pas les seules ondes électromagnétiques qui puissent faire réagir un capteur.

La figure suivante offre un récapitulatif des différentes ondes électromagnétiques :

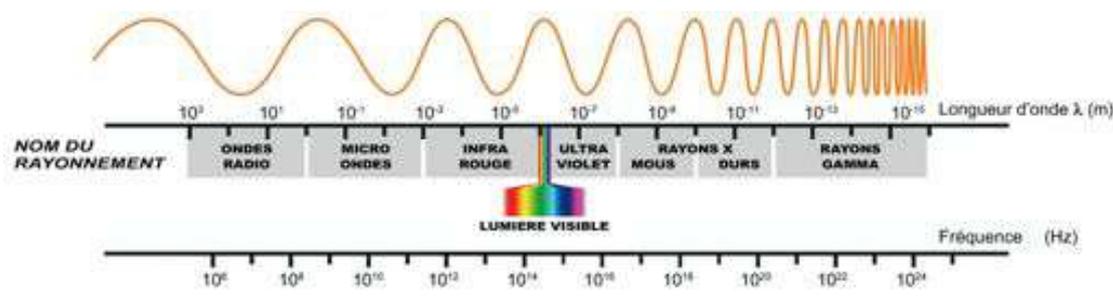


Figure 71 – Le spectre des ondes électromagnétiques¹¹²

Voici quelques exemples de la capture du domaine proche du visible.

A. La caméra thermique de Philippe Grandrieux

À l'occasion de *La Vie Nouvelle* (2002), Philippe Grandrieux s'associe avec le directeur de la photographie Stéphane Fontaine, pour nous proposer une expérience cognitive hors de toute narration romanesque. Dans les tréfonds de Sofia, au milieu des bordels sombres, des terrains vagues déchirés par le soleil et de la violence sourde, Seymour tente de sortir Mélanie de la prostitution. Le film est une plongée en apnée, un déluge de sensations dans la vision horrifiée d'un monde chaotique. Chaque séquence joue pleinement sur la perception, sonore ou visuelle. À la fin du film, Grandrieux, qui cadre aussi toutes ses images, expérimente une nouvelle

¹¹² <http://www.reseau-canope.fr/docsciences/decryptages/spectre/>

approche. Il souhaitait être le seul à voir la scène, à travers son viseur¹¹³. Les acteurs étaient plongés dans l'obscurité totale, et le réalisateur équipé d'une caméra thermique. Ce dispositif capte le rayonnement infrarouge produit par le corps humain, d'une température moyenne de 37°. D'une longueur d'onde de l'ordre de 10 μm , ce rayonnement fait réagir le capteur thermique, qui produit une image en niveaux de gris ou fausses couleurs. Plus la zone est chaude, plus l'image est lumineuse.

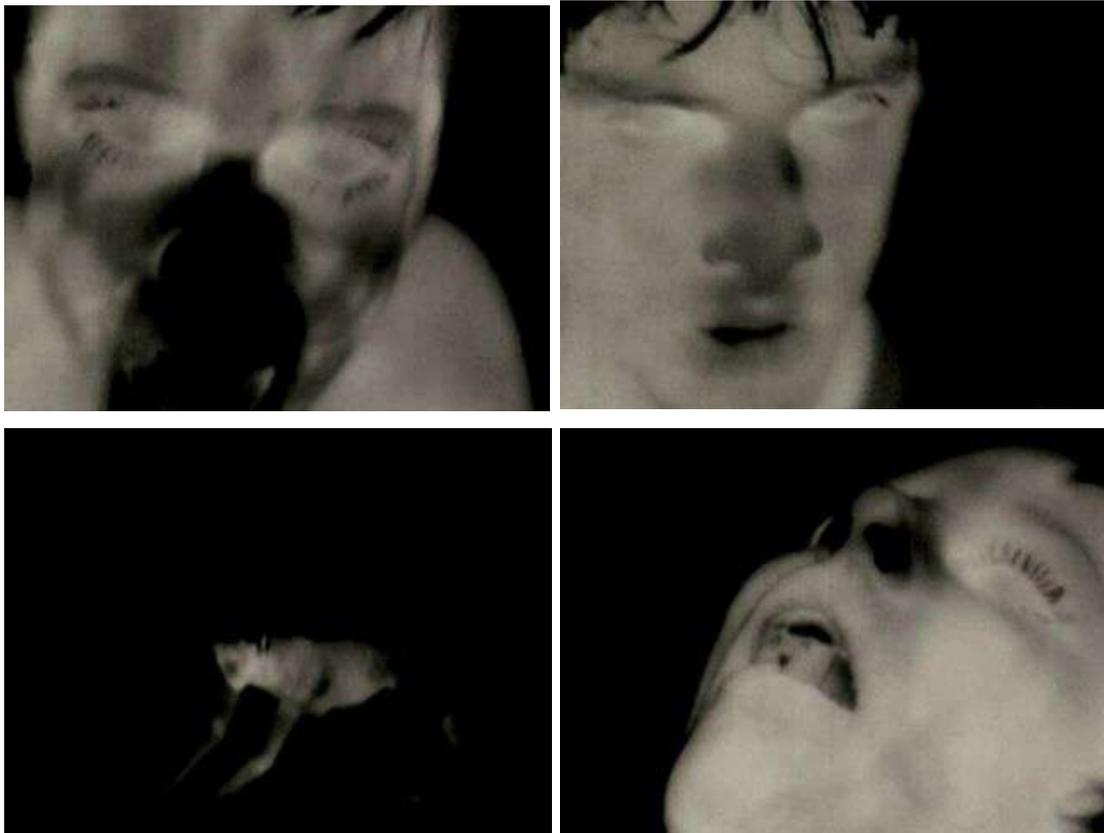


Figure 72 – Vision thermique des corps dans *La Vie Nouvelle*, Philippe Grandrieux (extrait du DVD)

Encore une fois, l'acte du tournage en obscurité joue un rôle dans le déboussolement des corps qui errent sans but devant la caméra du réalisateur. Ils jouent en aveugle, et l'image nous offre une pulsation de vie et d'humanité (la chaleur du corps), probablement la dernière encore présente chez les personnages, que seule une caméra travaillant hors du visible peut capturer.

¹¹³ Propos retranscrits de son intervention lors du ciné-club des étudiants de la Femis, le 13 janvier 2016

B. La nuit des éléphants

Thierry Machado, qui avait déjà travaillé sur *Le Peuple Migrateur* (2001) et *Microcosmos* (1996) comme directeur de la photographie, réalise avec *La Nuit des Éléphants* (2014), un documentaire animalier nocturne en lumière naturelle. On y suit un troupeau d'éléphant dans la savane africaine, se battant pour sa survie.

D'après un de ses producteurs, Jacques Perrin, jamais pareille vision de la savane n'avait été donnée avant. Filmer de nuit demandait autrefois l'utilisation de caméras infrarouges, et surtout des projecteurs infrarouges. Pour l'observateur humain, que la scène soit éclairée en infrarouge ou pas ne change pas grand chose. Notre œil y étant insensible, nous y verrons de la même manière dans les deux cas. Il en va autrement pour les animaux, qui captent un spectre différent du notre. Apporter une grande quantité d'infrarouges va donc modifier leurs comportements, et les conclusions que l'on pourrait tirer des images rapportées seraient erronées. Le CNRS¹¹⁴ étant partenaire du tournage, il fallait trouver une manière de filmer ne perturbant pas les occupations nocturnes des habitants de la savane.

Voici à quoi ressemblent les images nocturnes traditionnelles des animaux de la savane :



Figure 73 – Lionnes et éléphant dans la savane nocturne. Prise de vue infrarouge avec projection infrarouges¹¹⁵

Et celles ramenées par T. Machado et son équipe :

¹¹⁴ Centre National de la Recherche Scientifique

¹¹⁵ National Geographic



Figure 74 – Prises de vue nocturnes avec la lune comme seul éclairage, La Nuit des Éléphants (captures du replay TV)

On se retrouve dans le même cas de figure que celui développé précédemment, « la nuit sans nuit ». Cependant, il y a ici une sidération à voir ces animaux sous un jour (ou plutôt une nuit) nouveau. La haute sensibilité joue pleinement son rôle dans le documentaire, en aidant à la fabrication d'images en couleurs, à la sensation de voir des scènes inédites.

Peu de communication a été faite quant à l'innovation technologique derrière la prouesse (images capturées avant l'arrivée du Sony Alpha 7s), mais un commentaire du réalisateur nous met sur la voie : « Nous utilisons des caméras à très haute sensibilité, persuadés que la solution était là, dans le nombre d'ISO. Après une nuit de tournage et le visionnage des premières images, le résultat ne présentait malheureusement aucun intérêt.¹¹⁶ ». Avant

¹¹⁶ KLIMBERG, N, « La vie nocturne des pachydermes gris, en nocturne et en 4K », *Mediakwest*, version digitale, 22/12/14, consultable ici (ddc : 08/05/17):

de se remettre en question et de voir le problème sous un autre angle, celui de la lumière : « Qu'est-ce que la lumière ? », « Que captions-nous ? », « Si la caméra pouvait capter d'autres longueurs d'ondes ? Un spectre plus large que l'œil humain ?¹¹⁷ ». Sans être certain de la réponse, on peut tout de même supposer que les images ont été capturées en montant la sensibilité ISO de la caméra, mais en retirant aussi le filtre anti infrarouges placé devant le capteur. La caméra peut donc capter un spectre plus large. Un gros travail de post production reste alors à faire. En effet, les photosites vont réagir à un plus large spectre, notamment invisible, les couleurs obtenues seront donc complètement dénaturées. L'étalonnage permettra de retrouver une sensation plus naturelle.

La Varicam LT, version plus légère de la varicam 35, possède un filtre anti-IR amovible, permettant donc de mesurer sa transmission selon la longueur d'onde, à l'aide d'un spectrocolorimètre.

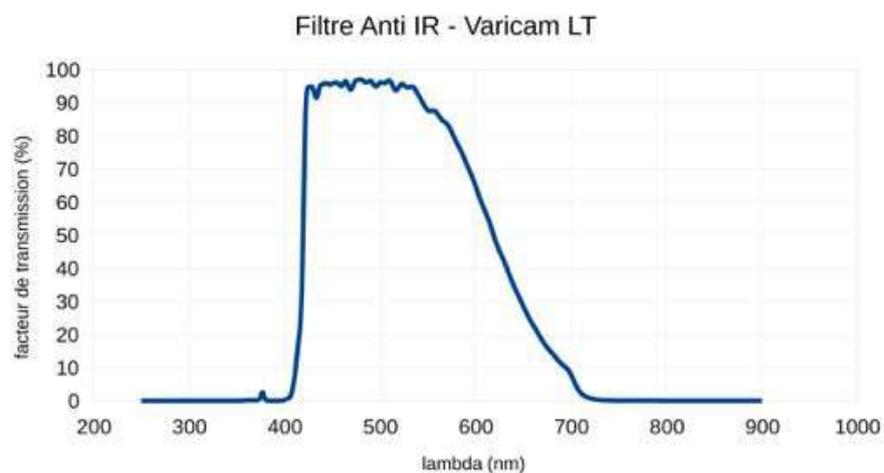


Figure 75 – Spectre de transmission du filtre anti IR de la Varicam LT, mesuré à l'ENS Louis Lumière par A. Sarlat, janvier 2017.

Ce documentaire s'est tourné avec des caméras Canon EOS C500 et Canon EOS 1D-C, donc différent de la Varicam. Le schéma 75 montre bien toutes les longueurs d'ondes éliminées par le filtre de la Varicam, les Canon possèdent peut être un filtre semblable. On mesure alors bien tout ce qui peut se gagner, sous couvert que l'éclairage lunaire éclaire bien avec ces longueurs d'ondes !

<http://www.mediakwest.com/production/creation/item/la-vie-nocturne-des-pachydermes-gris-en-couleur-et-en-4k.html>

¹¹⁷ *ibid.*

Avec *La nuit des éléphants*, la haute sensibilité passe par un élargissement du spectre.

C. La grande ouverture de Barry Lyndon

Barry Lyndon (1975) est sûrement un film aussi connu pour ses qualités narratives et cinématographiques que sa mythologie du tournage à la bougie, à l'aide d'une optique fabriquée par la NASA, extrêmement ouverte.

John Alcott (directeur de la photographie) et Kubrick, voulant retrouver des conditions d'éclairage semblables au XVIII^e siècle, firent le pari de n'éclairer les intérieurs qu'avec des bougies. Pour cela, la pellicule couleur de l'époque, d'une sensibilité de ISO 100¹¹⁸ ne suffisait pas, même poussée au développement (+1 diaphragme). Stanley Kubrick découvrit alors un lot de 3 objectifs construits par Zeiss pour la NASA et le programme Apollo¹¹⁹, avec la particularité d'ouvrir à F/0,7. À titre de comparaison, les optiques les plus ouvertes couramment utilisées sur les tournages de nos jours tournent autour de F/1.4. Deux diaphragmes séparent F/0,7 et F/1.4. L'ouverture l'optique est donc une manière d'augmenter la sensibilité. Mais contrairement à *Une Vie* où quelques bougies suffisent à éclairer une scène, ce tournage nécessita l'utilisation de chandeliers de soixante-dix bougies, placés hors champ, pour fournir le niveau lumineux nécessaire. Quelques chandeliers de trois ou quatre bougies placés dans l'image donnaient l'impression que la lumière venait de ceux-ci¹²⁰.

¹¹⁸ D'après le site de référence Shot On What, consultable ici : (ddc : 19/05/17) <https://shotonwhat.com/barry-lyndon-1975>

¹¹⁹ ALCOTT, J, « Photographing Stanley Kubrick's Barry Lyndon », *American Cinematographer*, Mars 1976, p329

¹²⁰ *ibid.*



Figure 76 - Eclairage Bougie, Barry Lyndon. À la source dans le champ s'ajoutent de massifs chandeliers de 70 bougies au dessus des acteurs. (Capture du Blu-Ray)

Aucune optique aussi ouverte que celle ci n'a été crée depuis. Les objectifs les plus ouverts disponibles aujourd'hui sont construits par Vantage, qui propose la série Vantage One (ouverture F/1), et Leica/ CW Sonderoptic avec le 50 mm Noctilux d'une ouverture de F/0.95. Il n'y a virtuellement pas de limite à l'ouverture de l'objectif, mais les problèmes à résoudre sont de plus en plus complexes au fur et à mesure que l'ouverture augmente. Sans compter la profondeur de champ qui diminue quand l'ouverture augmente. La zone de netteté ne fait alors plus que quelques centimètres, voire moins. Il devient très difficile de pointer, et de rendre l'image lisible.

CONCLUSION

Peut-on voir dans l'arrivée des capteurs ultra sensibles des années 2010 une révolution pour le monde du cinéma et de la cinématographie ? Ce mémoire a permis dans un premier temps, grâce à l'étude de l'histoire du cinéma et des pratiques, de replacer cette récente évolution dans un contexte plus large. Toujours senties en leurs temps comme des changements majeurs, les percées technologiques dans le domaine de la sensibilité des surfaces sensibles s'inscrivent plutôt dans une évolution inéluctable. De quelques ISO aux débuts du cinéma à 5000 et même beaucoup plus aujourd'hui, l'augmentation de la sensibilité est un fait jamais remis en question. Alors que le monde du cinéma s'était accoutumé à l'utilisation de la pellicule à ISO 500, rejetant même celle à ISO 800, l'arrivée du numérique relança la question de la sensibilité au centre des débats. Vanté pour sa réactivité dans les basses lumières, le numérique ouvrit une nouvelle voie au travail de l'obscur et une facilité à capturer les détails les plus sombres d'une scène. La technologie permet maintenant d'atteindre des sensibilités jamais imaginées pour la pellicule. Les caméras numériques sont utilisées sans rechigner à ISO 800 dans de très nombreux cas. Les directeurs de la photographie se sont parfaitement habitués à travailler à des telles sensibilités, il est donc tentant de voir dans l'arrivée de la Varicam la première pierre de la future évolution de la prise de vue. Aux dires de Bill Wages par exemple, la facilitation du travail apportée par ces nouveaux outils à tous les protagonistes de la fabrication d'un film fera vite oublier le travail à des sensibilités inférieures à ISO 5000.

Se pose alors la question de l'œil humain. Les hautes sensibilités obligent à travailler à de faibles niveaux lumineux. L'image produite sur le moniteur sera bien plus claire que la scène filmée. Cela confirme ce que les directeurs de la photographie ont remarqué avec le passage au numérique, on sentait déjà un basculement vers des capteurs plus sensibles que l'œil. Claire Mathon évoqua avec nous les difficultés à travailler si bas dans l'échelle des luminances, et la rééducation nécessaire de l'œil. Il était même parfois impossible de voir à l'œil l'effet d'un projecteur sur le visage du

comédien. La particularité de son travail reste tout de même une pratique minoritaire. Travailler avec la lune comme seul éclairage, peu de film ont fait ce choix. C'est là une possible limite au développement des capteurs ultra sensibles. En tout cas un questionnement. Si la machine voit mieux que mon œil, est elle adaptée à recréer une image humaine, à destination d'humains ? D'un point de vue de la production, oui, car une meilleure sensibilité permet d'utiliser beaucoup moins de matériel lumière et d'être plus rapide dans la fabrication du plan. D'un point de vue philosophique et de facilité du travail à l'œil, on imagine bien les soucis que cela pose. Et en même temps, rien n'a jamais empêché de faire des images quand il fallait beaucoup plus de lumière que ce que l'œil demandait.

J'ai souvent entendu les directeurs de la photographie dire qu'ils passaient leur temps à enlever de la lumière depuis l'arrivée du numérique. Augmenter toujours plus la sensibilité ne va certainement pas faciliter cette partie du travail.

D'un point de vue de la caractérisation du matériel, la méthode employée a montré que des défis étaient encore à relever pour que la haute sensibilités soient aussi qualitative que les sensibilités plus communes auxquelles nous sommes habitués. Cela concerne notamment le bruit. Nous avons pu montrer que pour les mêmes cellules photosensibles de la Varicam, les modes ISO 800 et ISO 5000 rendaient deux images différentes. L'image à ISO 5000 montre plus de bruit dans les basses lumières, ce qui, nous l'avons vu, est une limite à la dynamique. Le passage à la haute sensibilité ne se fait donc pas encore sans heurts. Cette limite est due à la caméra d'une part, car aucun système électronique n'est exempt de bruit, mais aussi à la nature de la lumière elle même. Le nombre de photons frappant le capteur est changeant d'un photosite à l'autre, c'est le phénomène de bruit photonique. L'évolution de la sensibilité des capteurs repose sur l'amélioration de la technologie bien sûr, mais sera dépendante de la nature physique de la lumière, barrière naturelle. Pourra-t-on augmenter continuellement ? Le développement de traitements anti bruit performants est en enjeu majeur dans ce travail. La question de la haute sensibilité doit aussi être mise en regard du développement d'autres technologies, notamment le *HDR* de projection (*High Dynamic Range* – large gamme dynamique). En proposant

une caméra plus sensible, on propose pour l'instant aussi une limite basse plus bruitée. Or, le *HDR* de prise de vue (nécessaire au *HDR* de projection) repose sur l'inverse, l'agrandissement de la dynamique du capteur. Quelle technologie s'imposera en premier ? L'une d'elle jouera-t-elle le sort de l'autre ? Parions sur la bonne entente des deux avec les futures améliorations des capteurs.

Finalement, ces caractérisations mathématiques n'avaient de sens que lorsque l'on confrontait les images à notre vision. Nous avons vu que les chiffres n'étaient pas à prendre au pied de la lettre, mais à tempérer selon le projet choisi, l'image recherchée. Toute la difficulté de l'établissement d'une nouvelle norme de caractérisation des caméras numériques est apparue. Il est difficile de placer des chiffres absolus, d'autant que le pied de courbe des caméras numériques est vanté par les directeurs de la photographie, admiratifs des détails sombres enregistrables en numérique.

L'étude des caméras ultra sensibles pose les bases de ce que pourrait être la cinématographie de demain. Tout plus petit, tout plus rapide, tout plus économique, tout plus écologique. Il faut replacer leur utilisation dans un contexte plus large de facilitation du travail ; par l'utilisation facile des zooms qu'elle permet par exemple, donc du gain de temps. Par la réduction des puissances électriques, des sources plus petites et plus faciles à manipuler. Ces caméras permettent de se placer dans des conditions peut être beaucoup plus favorables aux acteurs, qui voient leur espace de jeu moins limité par la technique. Il sera intéressant de voir comment les autres constructeurs réagissent à l'arrivée de la Varicam sur le marché. Vont-ils proposer eux aussi des caméras de plus en plus sensibles ?

TABLE DES ILLUSTRATIONS

* Sauf précision contraire dans le texte, les illustrations sont des créations personnelles. *

Figure 1 - <i>Publicités issues de l'American Cinematographer, Eastman Kodak à gauche, Avril 1931 et Agfa à droite, mars 1938</i>	14
Figure 2 - <i>Evolution de la sensibilité des pellicules cinéma noir & blanc, couleur tungstène et couleur lumière du jour.</i>	17
Figure 3 - <i>Marlene Dietrich dans Shanghai Express de J. von Sternberg, éclairé par L. Garmes (1932)</i>	22
Figure 4 - <i>Janet Gaynor dans 7th Heaven de F. Borzage, éclairé par E. Palmer et J. A. Valentine (1927)</i>	23
Figure 5 - <i>Niveaux lumineux (foot-candles), diaphragmes et émulsions en production chez Warner Brothers en 1940</i>	25
Figure 6 - <i>Contraintes techniques de prise de vue imposées par la Fox en 1940</i>	26
Figure 7 - <i>Grande profondeur de champ, Les Raisins de la Colère, J. Ford, image Gregg Toland (capture du Blu-Ray)</i>	27
Figure 8 - <i>Extérieur nuit - Boulevard. À Bout de Souffle (extrait du DVD)</i>	29
Figure 9 - <i>Extérieur nuit éclairé, Bob Le Flambeur (1955)</i>	31
Figure 10 - <i>Extérieur nuit d'un café parisien, Bob le Flambeur (1955)</i>	31
Figure 11 - <i>Extérieur nuit - À Bout de Souffle (capture du DVD)</i>	32
Figure 12 - <i>Patricia, intérieur voiture nuit, À Bout de Souffle</i>	34
Figure 13 - <i>Extérieur nuit devant un café parisien, À Bout de Souffle</i>	35
Figure 14 - <i>Eclairage urbain et ciel lumineux. Collateral (extrait du Bluray)</i>	38
Figure 15 - <i>Vue aérienne de la nébuleuse Los Angeles, immensité de la ville et ciel lumineux dans le fond. Collateral (extrait du Bluray)</i>	38
Figure 16 - <i>Vue de L.A. depuis Mulholland Drive. Mulholland Drive, éclairé par Peter Deming (extrait du DVD)</i>	39
Figure 17 - <i>Vue aérienne suivant le taxi. Collateral (extrait du Bluray)</i>	39
Figure 18 - <i>Rencontre sur l'autoroute. Miami Vice (extrait du Bluray)</i>	40
Figure 19 - <i>Gros plan sur un visage. Collateral (Extrait du Bluray)</i>	42
Figure 20 - <i>Détail du photogramme précédent</i>	42
Figure 21 - <i>Visages éclairés par une bougie en position antisolaire. The Duet (huile sur toile, 1624, à gauche), L'entremetteuse (huile sur panneau, 1625, à droite), G. Van Honthorst, détails.</i>	46
Figure 22 - <i>Le Nouveau-Né, G. De La Tour, Huile sur toile, 1648</i>	47
Figure 23 - <i>Diminution de l'éclairement en fonction de la distance</i>	48
Figure 24 - <i>La chasse aux puces, G. Von Honthorst. Mesures de luminance en cd/m². (Mesures effectuées sur une reproduction papier du tableau)</i>	49
Figure 25 - <i>Mesures de clarté - Judith et sa servante avec la tête d'Holopherne (Gentileschi, 1625)</i>	50
Figure 26 - <i>Le Reniement de Saint Pierre // L'entremetteuse</i>	51
Figure 27 - <i>Jeanne Du Perthuis montant les marches une bougie à la main, Une Vie (2016) Opérateur A. Héberlé, (capture du DVD)</i>	52
Figure 28 - <i>Józef Pankiewicz, Nocturne. Cygnes dans le jardin Saski, 1894, huile sur toile</i>	53
Figure 29 - <i>Winslow Homer, Moonlight, 1874. Gouache sur toile</i>	53
Figure 30 - <i>Kubo Shunman, Retour de soirée poétique au printemps, 1787- 1788, estampe en couleur.</i>	54
Figure 31 - <i>Magritte, L'Empire des Lumières, 1954, huile sur toile</i>	55

Figure 32 – Halogénure d'argent et argent métal.....	58
Figure 33 – Comparatif de la sensibilité chromatique de l'œil et des halogénures d'argent.....	59
Figure 34 - Noircissement d'un halogénure d'argent par l'intermédiaire d'un colorant sensibilisateur	60
Figure 35 – Cristaux d'halogénures d'argent de différentes formes	63
Figure 36 – S. SALGADO, Mineurs. Détail.....	64
Figure 37 - Double gamme carbone à 21 plages. Image extraite de la Varicam 35	69
Figure 38 - Courbe de réponse Varicam 35 à ISO 800 avec encadrement de la lumination de saturation	70
Figure 39 - Courbe de réponse Varicam 35 à ISO 5000 avec encadrement de la lumination de saturation	70
Figure 40 – Courbe H&D Varicam 35, Comparaison ISO 800/ ISO 5000	71
Figure 41 - Structure d'image : passage du noir 2% au blanc spéculaire 100%	75
Figure 42 – Placement du gris 18% sur la courbe de réponse de la caméra selon le réglage d'ISO choisi.....	76
Figure 43 – Comparaison H&D ISO 800 // ISO 5000.....	78
Figure 44 – Cellule photosensible.....	79
Figure 45 Comportement d'une cellule photosensible face à une excitation lumineuse	79
Figure 46 - Effet du changement d'ISO, base ISO 5000.....	81
Figure 47 – Signal Log, représentation des VN selon H d'une seule ligne de la gamme carbone.	83
Figure 48 – Images bruitées. Même valeur de gris, écart type en augmentation de la gauche vers la droite. (Gauche : $\sigma=2$, centre : $\sigma=4$, droite : $\sigma=9$)	85
Figure 49 - H&D + Bruit Varicam35 ISO 800.....	85
Figure 50 - H&D + Bruit Varicam35 ISO 5000	86
Figure 51 – Variation du bruit selon l'ISO choisi, Varicam 35.....	87
Figure 52 – Détails dans une photographie de paysage bruitée artificiellement...	89
Figure 53 – Rapport signal sur bruit en fonction de la lumination pour chaque canal de la Varicam 35, ISO 800.....	91
Figure 54 – Rapport signal sur bruit en luminance Y, Varicam 35 ISO 800.....	92
Figure 55 - Rapport signal sur bruit en luminance Y, Varicam 35 ISO 5000.....	92
Figure 56 – Romy Schneider tenant une charte de gris et couleurs pour des tests d'exposition (typiquement des patches de réflexion 2, 5, 10, 20, 40, 80%). Tournage de L'Enfer d'H.G.Clouzot	95
Figure 57 – Bornes et repères pour l'exposition de la Varicam 35 à ISO 800.....	95
Figure 58 - Bornes et repères pour l'exposition de la Varicam 35 à ISO 5000	96
Figure 59 - Modèle simplifié de la down conversion effectuée par la Varicam. Ce schéma ne prend pas en compte la mosaïque de Bayer apposée sur les photosites.	98
Figure 60 – Comparaison du bruit entre un fichier 4K et sa version 2K fabriquée par Resolve.....	99
Figure 61 – Léo (D. Bonnard) arpente le causse de nuit. Filmé à la Varicam 35, ISO 5000 (capture du Blu-ray).....	103
Figure 62 – Léo sur le causse. Début d'un panoramique vers le haut dévoilant l'immensité de l'espace. Rester Vertical, image Claire Mathon (extrait du Blu-ray)	103

Figure 63 – Dégradé de ciel nocturne dans <i>Rester Vertical</i> , image de Claire Mathon. Varicam ISO 5000 (Luminosité augmentée sur photoshop, capture du Blu-ray)	105
Figure 64 – Carnations sous un éclairage lunaire dans <i>Rester Vertical</i> , image de Claire Mathon, Varicam ISO 5000. (Luminosité augmentée sur photoshop, capture du Blu-ray)	106
Figure 65 – Moonlight d'Edward Khoma, filmé à l'alpha 7s, ISO 12800. (Capture d'écran Vimeo)	107
Figure 66 – 4 photogrammes extraits de Moonlight (captures d'écran de Vimeo)	108
Figure 67 – Rebecca, scène à la bougie A. Hitchcock, image G. Barnes, 1940 (extrait du DVD)	109
Figure 68 – Une Vie, scène à la bougie S. Brizé, image A. Heberlé, 2016 (extrait du DVD)	109
Figure 69 – Judith Chemla porte avec elle le seul éclairage de la scène, une bougie. Une Vie, images de A. Héberlé (extrait du DVD)	111
Figure 70 – Photogrammes Sun Records. Intérieurs filmés à ISO 5000 avec la Varicam (issus d'un flux internet)	113
Figure 71 – Le spectre des ondes électromagnétiques	117
Figure 72 – Vision thermique des corps dans La Vie Nouvelle, Philippe Grandrieux (extrait du DVD)	118
Figure 73 – Lionnes et éléphant dans la savane nocturne. Prise de vue infrarouge avec projection infrarouges	119
Figure 74 – Prises de vue nocturnes avec la lune comme seul éclairage, La Nuit des Éléphants (captures du replay TV)	120
Figure 75 – Spectre de transmission du filtre anti IR de la Varicam LT, mesuré à l'ENS Louis Lumière par A. Sarlat, janvier 2017.	121
Figure 76 - Eclairage Bougie, Barry Lyndon. À la source dans le champ s'ajoutent de massifs chandeliers de 70 bougies au dessus des acteurs. (Capture du Blu-Ray)	123
Figure 77 - Efficacité lumineuse spectrale photopique de 1924	135
Figure 78 – schématisation du flux lumineux	136
Figure 79 - Schématisation de l'intensité lumineuse	137
Figure 80 - Schématisation de l'éclairage	139
Figure 81 - Schématisation de la luminance visuelle avec observateur	140
Figure 82 – Représentation du signal linéarisé Varicam 35 en fonction de la lumination	142
Figure 83 – Détail des hautes lumières pour le SNR à ISO 5000	143
Figure 84 – Evolution temporelle du bruit (30 images continues) pour chaque plage de la gamme. Une ligne représente une plage. Varicam 35, ISO 800	144
Figure 85 – Evolution temporelle du bruit pour les fortes luminations (détail du graphique précédent).	144
Figure 86 – limite à l'étendue utile, Varicam 35, ISO 800	145
Figure 87 – La nuit de <i>Rester Vertical</i> . Comédien à contre lunaire, éclairé à la face. (capture du bluray) (La luminosité de ce plan a été fortement augmentée avec Photoshop pour des questions d'impression et de lisibilité)	152

FILMOGRAPHIE

BRIZÉ, Stéphane, *Une Vie*, France, 2015, 119 min, couleur, sonore.

Image : Antoine Héberlé, AFC

GIRAUDIE, Alain, *Rester Vertical*, France, 2016, 98 min, couleur, sonore.

Image : Claire Mathon, AFC.

GODARD, Jean-Luc, *À Bout de Souffle*, France, 1960, 90 min noir et blanc, sonore. Image : Raoul Coutard

GRANDRIEUX, Philippe, *La Vie Nouvelle*, France, 2002, 102 min, couleur, sonore. Image : Stéphane Fontaine, AFC.

JOFFÉ, Roland, *Sun Records*, Série, Etats-Unis, 2017, 8 x 44 min, couleur, sonore. Image : Bill Wages, ASC.

KUBRICK, Stanley, *Barry Lyndon*, Etats-Unis, Royaume-Uni, 1975, 177 min, couleur, sonore. Image : John Alcott, ASC

MACHADO, Thierry, *La Nuit des Eléphants*, France, 2014, 90 min, couleur, sonore. Image : Thierry Machado

MANN, Michael, *Collateral*, Etats-Unis, 2004, 115 min, couleur, sonore. Image: Dion Beebe, ASC, Paul Cameron, ASC.

MANN, Michael, *Miami Vice*, Etats-Unis, 2006, 146 min, couleur, sonore. Image: Dion Beebe, ASC

MELVILLE, Jean-Pierre, *Bob le Flambeur*, France, 1956, 102 min, noir et blanc, sonore. Image : Henri Decaë

BIBLIOGRAPHIE

ALEKAN, Henri, *Des Lumières et des Ombres (Nouvelle édition)*, Paris, Editions du Collectionneur, 2001

BANU, Georges, *Nocturnes, Peindre la nuit Jouer dans le noir*, Paris, Birod Editeur, 2005

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

BORDWELL, D. ; STAIGER, J. ; THOMPSON, K., *The Classical Hollywood Cinema – Film style and mode of production to 1960*, New York, Columbia University Press, 1985

BERGALA, Alain, *Godard au travail*, Paris, Editions Cahiers du Cinéma, 2006

COLLINS, Douglas, *The Story of Kodak*, New York, Harry N. Abrams, Inc., Publishers, 1990

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

LANTHONY, Philippe, *Lumière, vision et peinture*, Paris, Citadelles & Mazenod, 2009.

MARIE, Michel, *À bout de souffle - Étude critique*, Paris, Nathan, Coll. Synopsis, 1999.

MILNER, Max, *L'envers du visible : Essai sur l'ombre*, Paris, Seuil, 2005

SALT, Barry, *Film Style & Technology : History and Analysis ; 3rd & biggest edition*, Londres, Starword, 2009.

INTERNETOGRAPHIE

DxO, « What is Noise ? »

<https://www.dxomark.com/About/In-depthmeasurements/Measurements/>

Noise

Dernière consultation le 19/05/17

ARCHIVE.ORG, Base de données numérique sur laquelle les plus vieux numéros de l'*American Cinematographer* sont disponibles, des rapports de la SMPTE etc.

<https://archive.org>

KODAK, « Chronology of Motion Picture Films »,

http://www.kodak.com/US/en/motion/About/Chronology_Of_Film/default.htm#

Dernière consultation le 17/03/2017.

PANASONIC, « Ressources techniques pour la Varicam 35 »

<http://pro-av.panasonic.net/en/varicam/35/>

Dernière consultation le 19/05/17

SHOT ON WHAT, Répertoire d'informations techniques sur le matériel de prise de vue des films.

<https://shotonwhat.com>

ANNEXES

ANNEXE 1 : GRANDEURS PHOTOMETRIQUES	135
ANNEXE 2 : VARIATION DU BRUIT SUR UN SIGNAL LINÉARISÉ	142
ANNEXE 3 : EVOLUTION DU SNR POUR LES FORTES LUMINATIONS AVEC LA VARICAM 35	143
ANNEXE 4 : MÉTHODE EMPLOYÉE PAR A. DELOL POUR ARRÊTER UNE VALEUR BASSE DE LA DYNAMIQUE	145
ANNEXE 5 ENTRETIEN AVEC STEPHANE BRIZÉ, REALISATEUR	146
ANNEXE 6 ENTRETIEN AVEC CLAIRE MATHON, A.F.C., DIRECTRICE DE LA PHOTOGRAPHIE	148
ANNEXE 7 ENTRETIEN AVEC BILL WAGES, A.S.C., DIRECTEUR DE LA PHOTOGRAPHIE	155

ANNEXE 1 : GRANDEURS PHOTOMETRIQUES

La photométrie étudie les rayonnements électromagnétiques tels que ressentis par l'observateur humain standard. Son champ d'étude se limite donc aux radiations comprises entre 380 et 780 nanomètres. Elle se base sur la radiométrie, pondérée par la courbe d'efficacité visuelle photopique $V(\lambda)$ (figure 1) établie par la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) en 1924.

Pour une même puissance radiométrique, l'excitation produite dans le cerveau varie selon la longueur d'onde. La courbe d'efficacité visuelle représente ce phénomène. Nous sommes très sensible aux longueurs d'onde vertes/ jaunes (vers 550nm), beaucoup moins aux longueurs d'ondes associées au bleu (vers 450 nm).

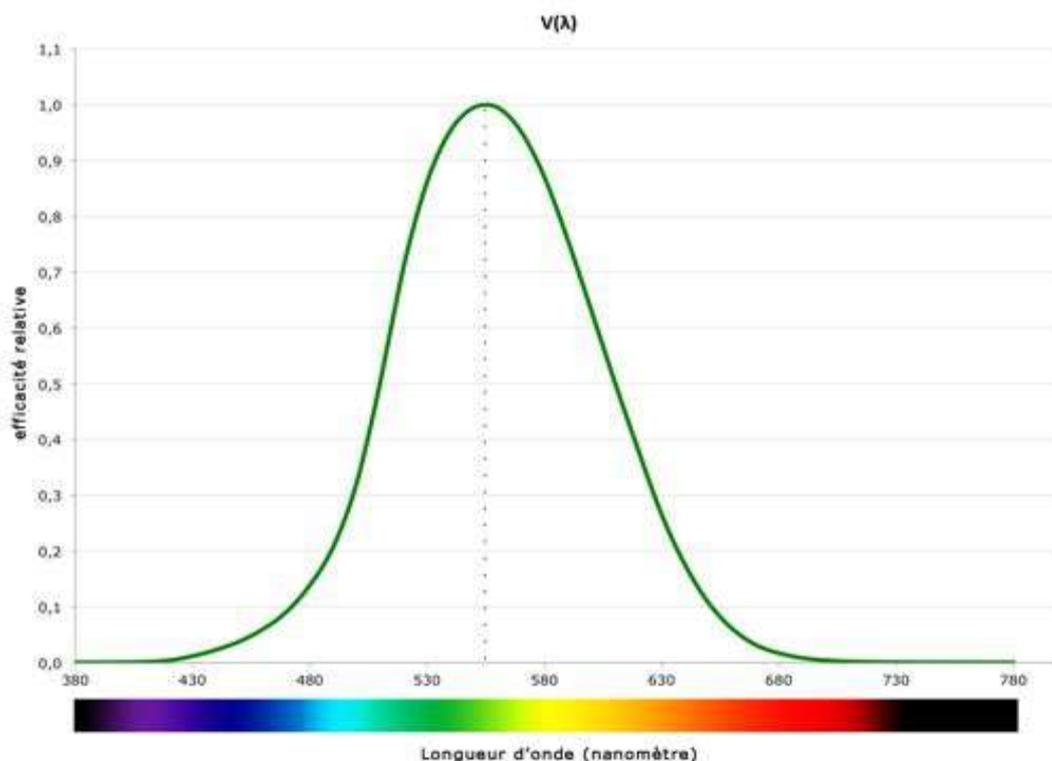


Figure 77 - Efficacité lumineuse spectrale photopique de 1924¹²¹

¹²¹ Produite à partir des données de la CIE, disponible ici : http://www.cie.co.at/index.php/LEFTMENU/index.php?i_ca_id=298

1. Le flux lumineux

Le flux lumineux est une grandeur photométrique qui caractérise la source de notre éclairage. Il mesure la puissance lumineuse émise par la source telle que perçue par l'observateur humain, et ne varie pas selon l'angle solide de propagation de la lumière, contrairement à l'intensité.

Il se note Φ_v et s'exprime en **lumen**.

On le mesure de la sorte :

$$\Phi_v = 683.002 \times \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \varphi(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

Avec :

683.002 : en lumen/Watt, efficacité lumineuse spectrale maximale

$\Phi(\lambda)$: Flux lumineux radiométrique

$V(\lambda)$: Efficacité lumineuse spectrale

Représentons le par ce schéma :

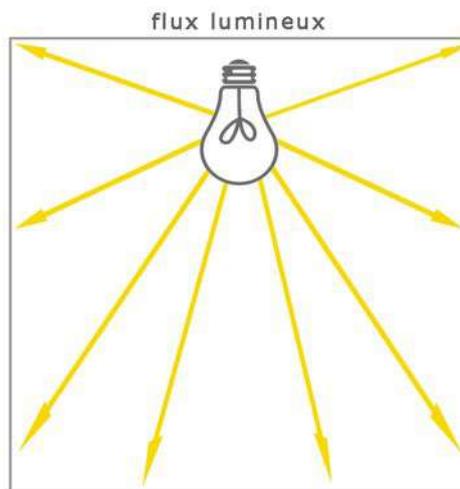


Figure 78 – schématisation du flux lumineux

Quelques exemples de flux lumineux

Lampe incandescente de 100 W 1500 lm

Lampe incandescente de 300 W 4000 lm

Lampe éclairage urbain (sodium haute pression) 28000 lm

2. L'intensité lumineuse

L'intensité lumineuse d'une source ponctuelle mesure la puissance de la source dans une direction donnée, par unité d'angle solide.

L'intensité lumineuse correspond donc à la distribution angulaire du flux lumineux Φ_v .

On la note I_v et elle s'exprime en lumen/ stéradians. Elle dispose de sa propre unité dans le système international : la **candela** (cd).

On la mesure de la sorte :

$$I_v = \frac{\Phi_v}{\Omega}$$

Avec :

Φ_v : Flux lumineux

Ω : angle solide considéré

Poursuivons la représentation schématique entamée avec le flux :

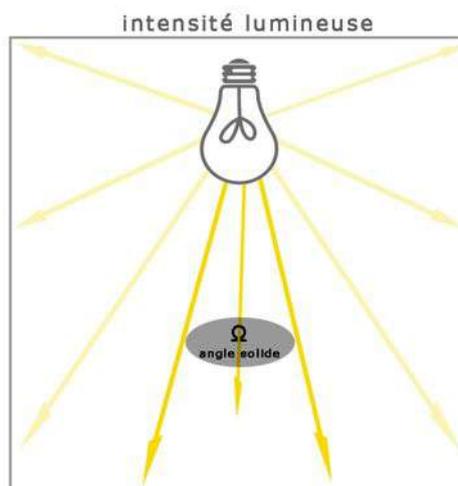


Figure 79 - Schématisation de l'intensité lumineuse

Pour étudier l'intensité d'une source, on doit la considérer comme ponctuelle, c'est à dire très petite devant la distance entre l'éclairage et le sujet.

Quelques exemples d'intensités lumineuses (mesurées dans l'axe principal de la source)¹²²

Bougie	1 cd
Lampe à incandescence 60W	50 cd

¹²² Bydlowski P. «Cours de Photométrie », l'ENSL, 2016.

3. L'éclairement lumineux

L'éclairement d'une surface correspond au flux lumineux Φ_v reçu par unité de surface.

On le note E_v et son unité est le **Lux**. Les Anglo-Saxons (et bien souvent le milieu du cinéma), eux, lui préfèrent le foot-candle. Foot-candle et lux représentent la même chose, dans la même dimension, un coefficient de proportionnalité reliant les deux.

1 lux est l'éclairement reçu d'une surface par un flux lumineux de 1 lumen par mètre carré.

1 foot candle est l'éclairement reçu d'une surface par une source d'intensité de 1 candela située à 1 pied.

$$1 \text{ fc} = 10,764 \text{ lux}$$

Son expression générale est la suivante :

$$E_v = \frac{\Phi}{S}$$

Avec :

Φ_v le flux lumineux

S la surface éclairée par le flux

L'éclairement se mesure à l'aide d'un luxmètre, ou d'un posemètre pour la prise de vue.

Nous le schématiserons de la sorte :

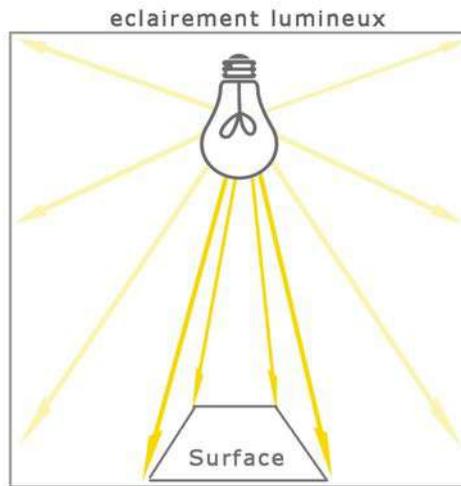


Figure 80 - Schématisation de l'éclairage

Quelques valeurs d'éclairage

Keylight (exposition normale) Technicolor en 1937	800-1000 fc (≈ 10000 lux)
Keylight (exposition normale) Technicolor en 1940	150-400 fc (≈ 2700 lux)
Eclairage lunaire	0,1 – 1 lux
Rue de nuit bien éclairée	20-70 lux

4. La luminance

La luminance est une grandeur correspondant à la sensation de luminosité d'une surface. Plus précisément, la luminance d'une surface dans une direction donnée correspond au flux lumineux émis par unité d'angle solide et par unité de surface, dans la direction considérée.

Un sujet éclairé par une source va émettre de la lumière selon son coefficient de réflexion, le rendant visible. Vulgairement, ce que nous voyons, et ce à quoi la surface photosensible réagit, c'est sa luminance.

La luminance est une grandeur adaptée pour parler des sources étendues, comme un écran de télévision à un mètre de distance par exemple.

Elle se note L_v , son unité étant la candela par mètre carré (cd.m^{-2})

Elle se calcule ainsi :

$$L_v = \frac{d^2 \Phi_v}{d\Omega dS \cos(\theta)}$$

Avec :

Φ_v : flux lumineux

Ω angle solide

S surface

θ angle sous lequel est vu la surface

Le dessin suivant la schématise

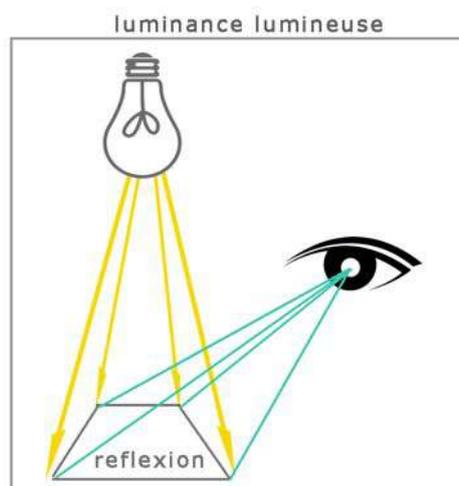


Figure 81 - Schématisation de la luminance visuelle avec observateur

Quelques valeurs de luminances

Ciel de nuit noire	0,0004 cd.m ⁻²
Blanc maximal en projection cinéma (DCI)	48 cd.m ⁻²
Blanc maximal d'une télévision	400 cd.m ⁻²
Disque solaire	1,6.10 ⁹ cd.m ⁻²

ANNEXE 2 : VARIATION DU BRUIT SUR UN SIGNAL LINÉARISÉ

Le bruit est associé aux basses lumières, aux parties sombres de l'image, et pourtant, toutes les luminances y sont sujettes. Voici représenté le signal vidéo linéarisé issu d'une ligne de la mire filmée plus tôt :

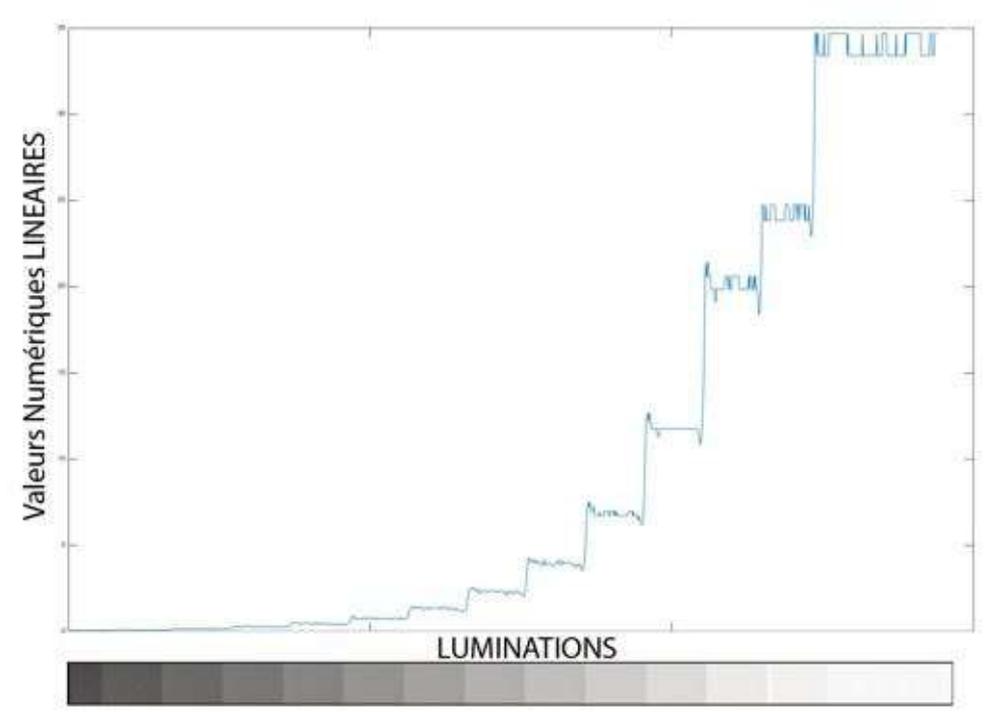


Figure 82 – Représentation du signal linéarisé Varicam 35 en fonction de la luminance

La linéarisation du signal représente la manière dont le capteur réagit à la lumière.

On s'aperçoit que plus la luminance augmente, plus la dispersion du signal est importante. Or, si l'on regarde une image de plus près, le bruit n'est visible que pour les faibles luminances. Ce phénomène est dû au fonctionnement logarithmique de notre système visuel et le fait que l'on regarde un signal encodé en V-log. L'humain est beaucoup moins sensible aux variations dans les hautes luminances, l'encodage log est basé sur ce principe.

Une forte amplitude sur un signal déjà fort ne sera pas forcément gênante à l'œil, là où une faible variation sur un signal faible se fera sentir. La variation se confondra alors plus facilement avec le signal, voire le fera disparaître.

ANNEXE 3 : EVOLUTION DU SNR POUR LES FORTES LUMINATIONS AVEC LA VARICAM 35

Si l'on trace les rapports pour des luminations plus élevées, l'augmentation continue disparaît, et fait apparaître un signal très variant dans les hautes lumières :

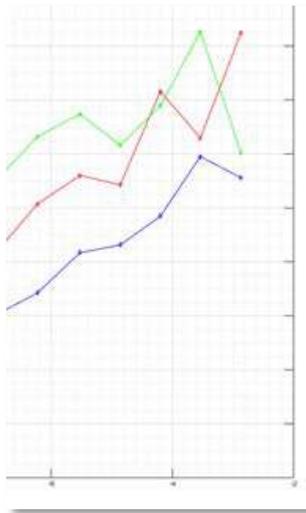


Figure 83 – Détail des hautes lumières pour le SNR à ISO 5000

Ces variations s'expliquent par le fait que l'écart type varie temporellement beaucoup plus dans les hautes valeurs du signal que dans les basses. Ce comportement pourrait ne pas se rencontrer sur d'autres caméras, je n'ai pas pu tester cet écart au modèle sur d'autres capteurs. J'ai représenté sur un même graphique l'évolution de l'écart type des plages de la gamme carbone (un patch sur deux) :

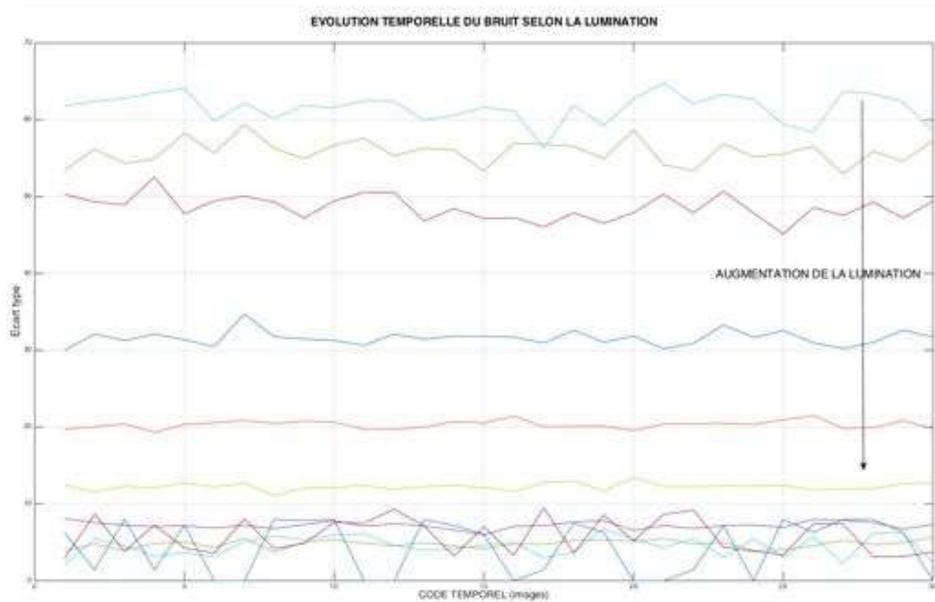


Figure 84 – Evolution temporelle du bruit (30 images continues) pour chaque plage de la gamme. Une ligne représente une plage. Varicam 35, ISO 800

Les lignes supérieures sont plutôt stables, la quantité de bruit sur chaque plage est peu changeante entre chaque image. C'est moins vrai pour les fortes luminations :

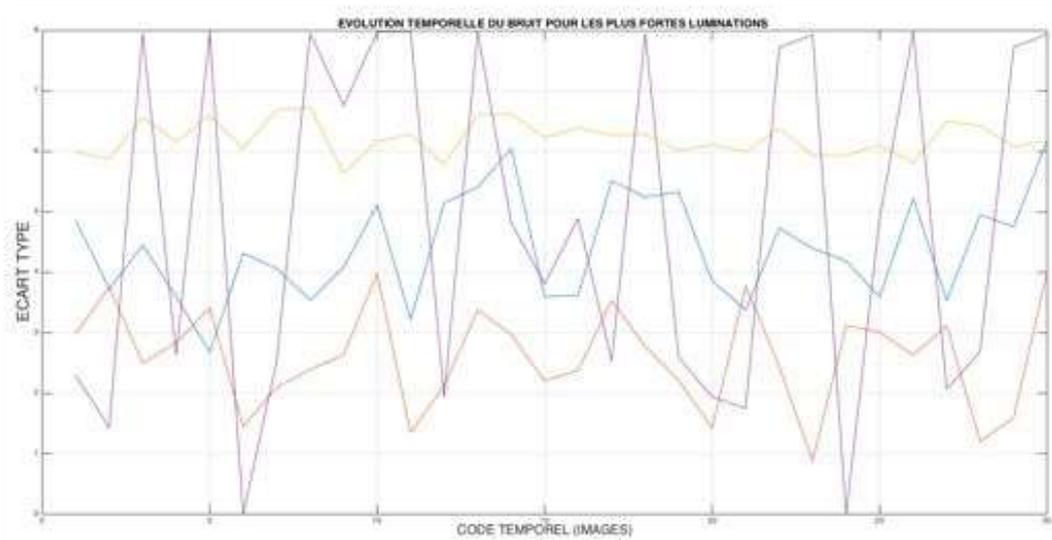


Figure 85 – Evolution temporelle du bruit pour les fortes luminations (détail du graphique précédent).

L'écart type, bien que beaucoup plus faible en moyenne pour les fortes luminations, peut varier d'un facteur 8 entre deux images continues, ce qui explique l'aspect en dent de scie du rapport SNR.

ANNEXE 4 : MÉTHODE EMPLOYÉE PAR A. DELOL POUR ARRÊTER UNE VALEUR BASSE DE LA DYNAMIQUE

Il s'agissait de trouver la plage pour laquelle le signal moins deux fois la valeur du bruit, était plus faible que la plage juste en dessous (2/3 EV en moins) à laquelle on ajoutait deux fois sa valeur de bruit associée. Mathématiquement, cela peut s'écrire :

$$\mu VN(H) - 2\sigma VN(H) < \mu VN(H - 2/3EV) + 2\sigma VN(H - 2/3EV)$$

Avec :

$VN(H)$ = Valeur numérique du signal produite par la lumination H.

μ la valeur moyenne de l'échantillon

σ l'écart type de l'échantillon

En représentant le deux parties de l'équation dans un graphique, je peux trouver le point qui satisfasse cette équation. Il se trouve au croisement des deux courbes :

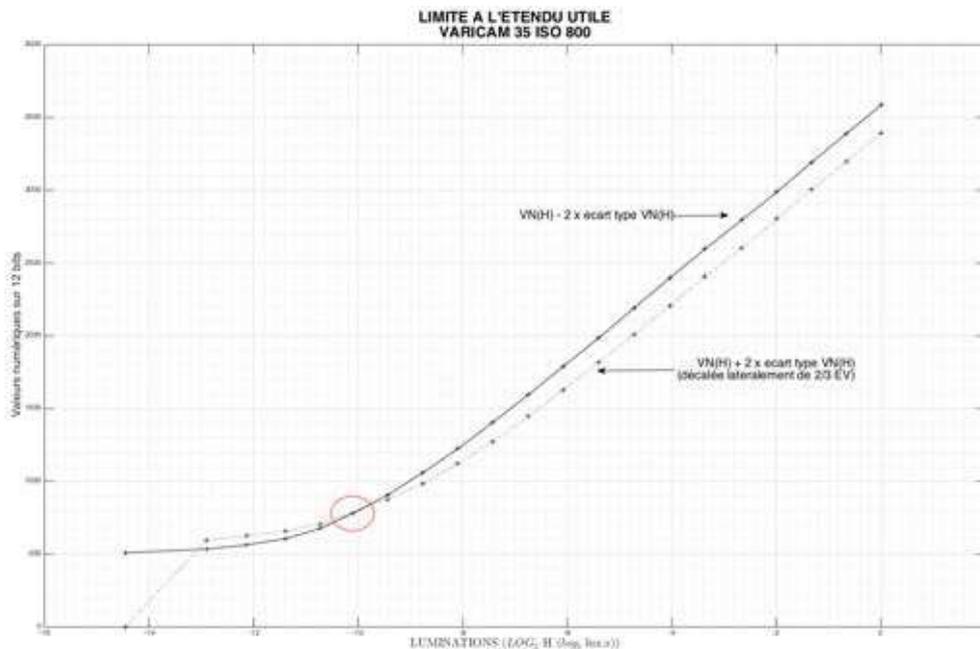


Figure 86 – limite à l'étendue utile, Varicam 35, ISO 800

ANNEXE 5 ENTRETIEN AVEC STEPHANE BRIZÉ, REALISATEUR

A propos de son film Une Vie (2016). Paris, le 23/03/17

(Extraits)

Charles Dalodier - *Les scènes à la bougie ont elles été ré-éclairées ?*

Stéphane Brizé - Non, aucune, c'est intégralement à la bougie. Il y a aussi des bougies hors champ, mais bien placées. Il n'y a pas de dispositif d'éclairage sur le plateau. J'accorde des drapeaux, mais le seul éclairage, qui refait le soleil par exemple, est à l'extérieur.

On a fait des essais en pellicule avant le tournage et on arrivait exactement à la même chose tellement les pellicules sont sensibles. La seule contrainte c'est que j'allais filmer 20 minutes, à l'épaule, et les magasins pellicules de cette durée n'existent pas.

On a fait des essais côte à côte avec la camera numérique et la pellicule, puis on a travaillé l'image pellicule en étalonnage.

Ce n'était pas une histoire de sensibilité. Avec une bougie, on voyait des choses. C'était juste un problème de volume de pellicule. Le numérique n'a été possible que parce que nous avons un excellent étalonneur derrière.

CD - *Y a-t-il eu un ajout de grain après ?*

SB - C'est même plus que ça, il y a un énorme travail de texture, pour retrouver quelque chose de l'ordre de la pellicule, grâce au numérique d'étalonnage. Avant ce film il y avait encore des questionnements. Maintenant, plus un doute, je ne tournerai qu'en numérique.

CD - *Auriez vous accepté si le directeur photo vous avait dit qu'il fallait ré-éclairer les scènes à la bougie ?*

SB - Non. Je lui ai dit, il faut que tu trouves le dispositif. Voilà la contrainte du plateau, montre moi jusqu'où on peut aller. Si il m'avait dit « au maximum je peux arriver à ça », moi je fais mon choix de tourner ou pas (à partir des essais).

CD - *Le fait de tourner de nuit dans une ambiance très sombre n'a pas changé votre manière de tourner, très inspirée du documentaire, de l'effet de réel.*

SB - Non, et d'ailleurs je ne pouvais écrire que des scènes où je pouvais voir naturellement sans rajout de lumière, sans projecteur. La seule contrainte que j'ai eue, c'est la scène de nuit extérieure, tournée en nuit américaine. J'imagine une nuit de pleine lune ; qu'est ce que je verrais alors à l'œil.

CD - *Justement, A.Giraudie et C.Mathon l'ont fait pour Rester Vertical.*

SB – J'aurais pu le faire, mais on tourne au zoom, peu ouvert. On a donc été obligés. Je n'avais jamais fait de nuit américaine, c'était très étonnant.

CD – *Par rapport à la question du naturalisme, pensez vous que l'on puisse aller plus loin avec ces caméras ?*

SB – Le problème avec ces caméras c'est que parfois elles sont tellement sensibles qu'elles donnent une image fausse du réel. Quand vous tournez dans la rue, avec des lampadaires, c'est anormalement clair. La caméra voit mieux que notre œil. Ce qui m'intéresse dans cette idée du réel c'est que la caméra voit ce que mon œil voit. Si la caméra voit mieux que moi je m'en fiche, je sors de l'idée du réel.

CD – *Par rapport à l'ambiance de travail sur le plateau, tourner avec des niveaux lumineux aussi bas, qu'est ce que ça apporte ? Est ce que ça aide à créer l'intimité ?*

SB – Oui bien sûr. Si j'écris une scène de nuit, indépendamment du fait que ce soit la nuit, c'est aussi que je veux créer une atmosphère, on ne joue pas pareil le jour que la nuit. On ne parle pas pareil le jour que la nuit. Donc si le chef op me dit « ne t'inquiète pas au résultat final ça va faire comme la nuit », moi je m'en *****. Les acteurs doivent jouer avec l'idée que c'est le soir pour eux. Tu te débrouilles. Les caméras sont tellement sensibles qu'on peut tout faire. Ta contrainte, c'est de tourner et que nous sur le plateau on ait l'impression d'être à ce *moment là*. Donc tu te débrouilles. L'avantage c'est que ça allège le plateau. Ça fait disparaître au maximum le cinéma.

ANNEXE 6 ENTRETIEN AVEC CLAIRE MATHON, A.F.C., DIRECTRICE DE LA PHOTOGRAPHIE

A propos de son travail en tant que directrice de la photographie pour Rester Vertical (2016), réalisé par Alain Giraudie. Paris, le 04/05/17

Charles Dalodier : Il y a deux types de nuit dans ce film. Des nuits américaines et des vraies nuits, pourquoi ce choix ?

Claire Mathon : C'est surtout lié au fait qu'il est assez contraignant de faire des nuits avec la lumière de la pleine lune. On a une journée, et un peu celle d'avant/ un peu celle d'après. Je n'ai pas pu faire beaucoup de tests pour savoir si une demie lune aurait suffi. Il fallait aussi qu'il fasse beau, on allait avoir une ou deux pleines lunes, nous étions donc assez limité. Idéalement on aurait fait toutes les nuits à la pleine lune exclusivement. On l'a fait au maximum, il y a eu une seule très, très belle nuit. Les belles images de pleine lune viennent de ce soir là.

C'est assez contraignant, on ne peut pas tourner très tôt, les journées sont encore assez longues en été, il faut attendre très tard pour avoir une vraie obscurité, que la lune soit bien levée. Les horaires sont donc très tardifs.

Très tôt, on a du imaginer qu'il puisse faire mauvais, que la lune ne suffirait pas et qu'on doive ré-éclairer. Ou bien le plan de travail ne nous a pas permis de le faire, donc la nuit américaine était aussi une option. Mais qui reste très contraignante, il faut réunir certaines conditions. Si on ne veut pas faire trop d'effets spéciaux, il faut éviter de filmer le ciel par exemple. Avec Alain, les nuits américaines on les aime par temps gris, sans voir le ciel. Sur le Causse, c'est un peu une gageure, ça oblige à être en plongée tout le temps. C'était facilement faisable dans le Marais Poitevin, pas ici. Là, filmer à la pleine lune, il y avait une sorte de liberté à nouveau, qu'on a ressenti très fort. La liberté qu'amenait de tourner avec autant de ciel, à 360° etc. Avec cependant des nouvelles contraintes, celles de la pleine lune. Qui sont un peu les mêmes enjeux qu'au soleil. On le sait car on a fait de la nuit américaine au soleil, qui permettait de retrouver, en changeant l'exposition, la même dureté, la direction etc. Avec une camera ultra sensible, à pouvoir filmer avec la pleine

lune comme seule source, on se pose les mêmes questions qu'au soleil. Est ce que je la met à contre, en latéral, en face ? On préférerait plutôt en latéral, voire face, jamais à contre, car on ne voyait plus assez les gens. Même s'il y avait quelque chose de séduisant à ne pas voir, on ne l'a pas fait. Ou bien ça oblige à ré-éclairer, car c'est une lumière qui est suffisamment forte pour éclairer, mais inutilisable en réflexion.

Donc plusieurs manières de faire. Dans ce film il y a de la pleine lune sans rien d'ajouté, de la lune avec un petit rajout pour les moments où on ne pouvait pas choisir n'importe quel axe, d'où la gymnastique. Ce qui était très agréable, c'est qu'ayant fait les essais sur les décors puis visionnage sur grand écran, on savait que ça nous plaisait, beaucoup. On aimait la densité, le rendu de cette caméra. C'est ce qui a inspiré notre nuit. Ces essais à la pleine lune donnaient le ton pour les nuits américaines par exemple, ou lorsque je devais ré-éclairer.

CD L'esthétique des plans de nuit vient donc de ce qu'ont pu offrir la caméra et les essais?

CM Exactement, et d'ailleurs les nuits américaines je les aient tournées en Red, mais on a essayé de coller à la Varicam, on a ajouté le grain de la Varicam sur les images de la Red, de reproduire ce qu'on avait eu aux essais.

CD Y a t il quand même eu des traitement de réduction du bruit s'il était trop présent ?

CM Dans mon souvenir, un tout petit peu. On a aussi essayé de pousser la sensibilité à 10000, pour travailler à contre par exemple. On essayait d'avoir toujours un peu plus. Ces conditions produisent des images très fragiles, très sombres, surtout quand elles suivent dans le film des images ensoleillées, il faut s'habituer un peu, d'où la volonté d'éclaircir un peu. Mais au dessus de 5000 ISO, ce n'était pas possible, le bruit envahissait l'image.

Selon les plans, on acceptait ce bruit, ça participait de la matière, ça accentuait le fait que ces images étaient plus difficiles à capter, plus sombres. Mais comme j'utilise la Red à 640, voire ISO 320, donc des images avec très peu de matière, de bruit, pour des questions de raccord j'ai du enlever un peu de bruit sur les plans tournés en Varicam. Ce n'était pas tant le bruit en soi

qui dérangeait, mais le raccord. Et puis j'avais l'impression que si on enlevait tout le bruit, que je trouvais assez agréable, on perdait une sensation qu'on acceptait très bien en film : tourner le jour à 50 ASA, et la nuit à 500. Il n'y a pas le même grain de jour et de nuit. Ici, on accepte qu'on ait fait monter un peu le signal de nuit, ça participe à la fragilité des images. Vu qu'on était nous dans une sorte de réalisme, de naturalisme, un peu de texture participait à ça.

CD L'envie de filmer à la pleine lune, vient elle de vous, d'Alain Giraudie ?
Pouvez vous me parler de la genèse de la nuit de *Rester Vertical* ?

CM Il a entendu parler de cette caméra qui filmait à 5000 ISO, et dans les premières réunions que l'on a faite, il m'a demandé ce qu'il en était, ce qu'il était possible de faire. Je me souviens qu'il me disait que quand il se baladait dans le Causse en pleine nuit, il y voyait, il y avait quelque chose de fort pour lui, et on devait pouvoir le capter. Pour lui, « j'y vois » doit se comprendre par « on doit y voir ». Il y a un côté très étonnant à cette lumière sur ce décor très rocailleux, comme une vue d'une autre planète. C'est assez surnaturel, on y voit, on peut se promener, suivre un chemin à la lumière de la lune. Après ce constat, on s'est dit qu'on allait faire des essais avec la Varicam, qui apparemment était très performante, on allait essayer d'y voir. La peur, toujours, c'est « va t on accepter des images sombres ? » À l'époque, ce que je n'aimais pas sur les appareils photos (type Sony Alpha 7S) s'ils étaient mal utilisés, c'est qu'on avait tendance à trop y voir. Il n'y a plus le plaisir de la sensation de nuit, juste de la performance. La question était donc de savoir si on acceptait le sombre, j'avais tendance à penser que oui, car on avait déjà fait ce travail sur l'inconnu du lac. On ne voulait pas de fausse lune, on acceptait que dans la nuit on ne voie pas. Il était prêt à accepter que dans la nuit on y voyait peu, mais là, comme il m'a dit « de nuit j'y vois », la question devenait : est ce qu'on y voit assez ? Puis viennent les questions sur la texture, la qualité de ces images, comment ça s'intègre dans un film ? Et les personnages, qu'on a envie de voir tout de même.

CD D'où les t-shirts blancs, la voiture blanche etc ?

CM Oui, ça ramenait un peu de contraste dans la scène. J'avais peur que le t-shirt prenne le dessus sur son visage, mais aux essais, avec des habits plus

sombres, son visage ne ressortait pas beaucoup plus, et on perdait son corps, on s'est donc décidé pour des vêtements plus clairs. Ce film va avec le fait de voir mais de ne pas tout voir. Ça nous arrangeait que ce bébé, on le perçoive plus qu'on ne le voie. C'est une vraie envie, de la même manière qu'il y avait une envie de lumière naturelle exclusivement sur *L'inconnu du Lac*, je pense qu'il y avait l'envie de poursuivre, cette recherche dans le monde du naturel, qui devenait possible la nuit. C'est une continuité du travail.

CD N'étant pas habitué à la vraie nuit rurale de pleine lune, j'ai été très étonné de son côté faux et fortement éclairé la dernière fois que je l'ai vécue.

CM On se dit ça parfois avec Alain, à vouloir tirer vers le naturel, utiliser les choses telles qu'elles sont, les lumières que la nuit offre, on se retrouve avec une part un peu artificielle étonnamment. Il faut trouver quoi garder. Ce qui m'a impressionné, et que ne permettait pas la nuit américaine, c'est ce dégradé de ciel, et la sensation de voir des couleurs. La caméra nous a permis de quitter la convention du bleu, bleu, bleu qui est là depuis toujours. On récupère des nuances, des carnations.

Est ce que c'est parce qu'on filme le naturel que ca l'est ?

CD Tout est donc entièrement naturel? Y a t il de la modulation, des sources artificielles ?

CM En extérieur jour non, par contre les intérieurs sont ré-éclairés. C'est particulier, parce qu'après avoir travaillé avec Alain entièrement en lumière naturelle extérieure (pour *L'inconnu de lac*), se pose la question de l'intérieur jour. J'ai essayé de retrouver une simplicité dans le travail de l'intérieur jour, la lumière devenait plus un état. On retrouve plus ça en extérieur ou un choisit bien le moment ou l'on tourne par rapport à l'inclinaison du soleil. Je me suis beaucoup inspirée de cette manière de travailler pour l'intérieur, recréer des moments uniques. J'ai cette impression en extérieur, chaque plan est un moment unique, et on accepte que le temps soit changeant. Par contre, l'intérieur jour reste souvent plus traditionnel, comme s'il n'y avait qu'une seule « meilleure manière » de le faire, de l'éclairer.

Le problème de travailler à 5000 ASA, c'est que dès qu'on allumait quelque chose, ça se voyait. On a donc fabriqué, suite aux essais, notre

propre système. Des bandeaux LED en réflexion sur un drapeau noir (de un mètre par un mètre), et une diffusion par dessus. Limite invisible, mais que la caméra captait clairement.

CD Quelle a été votre sensation en mettant l'œil dans l'œilleton la première fois ?

CM De voir plus qu'à l'œil, c'est très curieux. Et ne facilite pas le travail. Déjà, les instruments de mesure sont un peu à l'ouest, les cellules ne mesurent plus rien. L'œil reste, mais c'est très dur de bosser de cette manière à de tels niveaux. Si j'avais une critique sur mon travail (il en faut !), c'est pour un plan que je trouve trop éclairé (Cf. figure suivante)



Figure 87 – La nuit de *Rester Vertical*. Comédien à contre lunaire, éclairé à la face. (capture du bluray) (La luminosité de ce plan a été fortement augmentée avec Photoshop pour des questions d'impression et de lisibilité)

J'avais envie de voir. Il était à contre, donc vraiment pas éclairé, et il reste tout de même un peu de convention, on a envie de voir son visage. La cellule n'indiquait rien, l'oscilloscope était plat globalement et ne montrait pratiquement pas les changements que l'on faisait. C'est une autre nuit, on quitte un peu le naturalisme mis en place pour les autres plans. C'est presque biblique. C'est l'éternelle question, voir ou ne pas voir. Accepter ou pas la convention. Si on va vers le noir, il y a quelque chose de physique, de la sensation. Dans la nuit, on est dans un autre espace. Je ne veux pas qu'on nous dise « un soir de pleine lune virgule, » on met tout ce qu'il faut pour nous

y faire croire, mais on y voit quand même, on ne quitte pas la narration. Le projet permettait d'aller loin, de faire vivre l'obscurité. D'où ma réflexion précédente sur ce plan que je trouve trop éclairé, j'aurais pu pousser plus loin.

On ne connaît pas si bien la nuit. Les couleurs changent, il y a des lunes rousses, la course varie etc. J'ai lu des bouquins d'astronomie pour essayer de me préparer. Je voulais par exemple savoir si elle se levait toujours au même endroit, comment varie sa luminosité, sa couleur. Elle est plus variable que ce qu'on pense, ce n'est pas juste une grosse boule froide. Alain aurait aimé des fausses teintes de lune, éclairer avec un croissant de lune. Ca devenait compliqué, mais ca ouvrait la discussion, ca montrait qu'on avait envie que ce soit vivant.

CD Quelle ambiance de tournage cela crée t il ? L'équipe qui ne voit presque pas, les acteurs qui évoluent dans le noir. Pensez vous que cela ait changé le travail du réalisateur et des comédiens?

CM Ça met quand même dans un état très particulier. C'est rare d'être dans la nuit, jouer en se voyant aussi peu. Je pense que Ça a renforcé quelque chose. C'est un peu ce qu'on vit quand on sort en pleine lune. On a fait des plans du Causse de jour, très larges, les personnages tout petits dans un décor très grand. Ici, on pouvait les faire aussi se perdre mais dans la nuit. On se trouve dans un espace sans contour, une sorte d'infini. Ca participe aux variations d'intonation des comédiens, dans la manière de s'appeler, de s'inquiéter. Ça provoquait une sorte d'état. Il y a un silence fort, très présent. Les placer dans un espace aussi grand, il y a un sentiment d'abyssal et de pas du tout artificiel. Il peut y avoir ça aussi lorsque l'on recrée la nuit au cinéma, un coté théâtral apporté par une pluie de projecteurs qui éclairent la scène. Ici, c'est l'homme et son environnement ; l'homme et la nature. Ca fait partie des problématiques du film. Ce sont des espaces durs que l'on a filmé, auxquels on attache la question de la solitude, avec les histoires de loup en plus. La nuit c'est plutôt l'heure du loup que l'heure des hommes en général, elle est effrayante. C'est cette nuit que nous montrons dans ce film.

CD Quelle direction choisie en étalonnage ? Comment travailler ces images ; en couleur, en contraste ?

CM Ca ne pouvait pas être trop froid, mais il y avait quand même d'autres scènes intérieures de nuit/ soir, et il ne fallait pas confondre les deux temporalités. Il fallait différencier la nuit de l'aube, du soir, donc les images ne pouvaient pas être si neutres que ça au final. Le neutre ne fonctionnait pas, et l'obscurité seule ne fonctionnait pas totalement.

De manière générale, le film a quelque chose d'un peu intemporel, il ne fallait pas être trop dans la couleur. Ça allait dans le sens du Causse. Malgré l'évidence du naturalisme qui a fait naître le film, on se décale vers quelque chose de plus étrange. Le loup est un vrai problème dans ces régions, c'est une réalité très sensible, et nous avons tourné dans une vraie ferme aussi, mais ce réel se décale vers de la fable. Alain raconte plus des états, un état du monde, de l'humanité. Ce sont de très grands mots mais c'est tout le cinéma d'Alain.

ANNEXE 7 ENTRETIEN AVEC BILL WAGES, A.S.C., DIRECTEUR DE LA PHOTOGRAPHIE

À propos de son travail en tant que directeur de la photographie pour la série Sun Records (2017), crée par Leslie Grief et réalisée par Roland Joffé. Entretien réalisé entre Paris et Atlanta par Skype, le 10 mai. Extraits choisis. Traduction personnelle.

Charles Dalodier : Qu'est-ce qui vous a poussé à essayer la caméra de Panasonic, la Varicam 35 ?

Bill Wages : Ils ont fait quelque chose que je trouve aussi révolutionnaire que la Panaflex ou la 35 BL en leur temps ; le mode ISO 5000. Ça change tout. Pas vraiment de manière esthétique, mais dans la facilité avec laquelle je peux arriver à l'image recherchée. C'est un appareil de vision nocturne, qui me permet de changer tout mon équipement, éclairage et caméra, en quelque chose de bien plus petit, portable et flexible que tout ce que j'ai pu utiliser avant. J'ai enfin pu atteindre une manière de travailler que je recherchais depuis des années.

CD : Quelles sont les premières images que vous ayez tournées avec ?

BW : Je devais prouver à Warner Bros. Que cette caméra était utilisable pour un nouveau projet. Je suis donc sorti de nuit dans la rue pour filmer des images, je pouvais filmer les gens à la simple lumière d'un iPhone. Non pas avec le flash, mais avec la page d'icônes ! Pour aller plus loin dans la démonstration et leur apporter un référent connu, j'ai aligné trois personnes se réchauffant les mains au dessus d'un feu de camp, sans voir le feu. C'est alors que je baisse la caméra pour découvrir le feu, en fait une simple bougie au sol. Ils ont adoré, et c'était parti.

CD : En quoi cette caméra a-t-elle changé votre manière de travailler ?

BW : Normalement, aux USA, les machinistes ont un gros camion, un poids lourd, idem pour les électriciens. Ce qui implique que lorsqu'on tourne dans un endroit reculé et peu accessible, il faut un autre petit camion pour mettre le matériel que l'on pense utiliser dans la journée et transporter tout ça jusqu'au

lieu de tournage. C'est un cauchemar logistique, qui rajoute au moins une heure et demie de travail à cause des chargements/ déchargements. Pendant mon premier tournage pour Warner Bros. avec la Varicam, j'ai pu charger tout mon matériel dans un *Shorty-forty* (sorte de petit camion). Fini les temps de chargement, tout mon matériel est à portée de main du décor. On n'a plus besoin de prévoir autant les choses, et si on oublie quelque chose sur le décor, pas besoin d'attendre 45 minutes que quelqu'un aille le chercher au camp de base.

Grâce aux 5000 ISO, je peux travailler avec des zooms, des Fujinon Cabrio, ouverts à 2.9. C'est une ouverture largement suffisante avec cette caméra, qui donne aussi un peu plus de sécurité au pointeur. Un zoom nous fait gagner du temps. Voici comment les choses se passent sur un tournage normal avec des focales fixes : Si on doit placer des rails de travelings, il faut être sûr de son coup avant de les installer. Vérifier le plan au chercheur de champ, car si on se trompe dans leur placement, il faudra enlever la caméra, tout bouger etc. Si on change l'objectif, cela envoie un signal aux maquilleurs et coiffeurs, qui investissent alors le champ, recoiffent les comédiens (dont le premier réflexe après ça va être de s'ébouriffer les cheveux, rendant ce travail inutile). Si je ne change pas l'objectif, alors personne ne rentre dans le champ. J'estime que au moins une heure de temps est ainsi sauvée par jour sans changer les objectifs (il faut parfois bouger les moteurs, les accessoires etc., ça peut être long) et en utilisant des zooms. Ce n'est pas une question de budget ou d'heures supplémentaires, mais de faire un film. Tout ce qui ralentit le travail fait retomber l'énergie. On a alors plus de temps pour répéter, pour tourner. Un zoom peu ouvert, avec une caméra ultra sensible n'est pas un problème, je ne perdrais pas de temps à éclairer car il faudra peu de lumière.

CD : Justement, en quoi votre éclairage est-il affecté par la haute sensibilité ?

BW : C'est une toute autre manière de penser. Imaginez que vous rentriez dans une pièce et découvriez une lumière sublime. Problème, avec une caméra conventionnelle, il n'y a pas assez de lumière pour tourner. Et bien

avec la Varicam, si. Je me retrouve à utiliser la lumière disponible sur le lieu beaucoup plus qu'avant, à ne pas reconstruire une lumière depuis zéro.

CD : Pouvez vous détailler votre liste de matériel ?

BW : Prenons l'exemple d'un intérieur jour. Généralement, on va sortir les HMI 18kW. Alors que là, pour *Sun Records*, le plus gros projecteur que j'avais était un Arri M18 (1,8kW), en six exemplaires. Quelques Joker HMI 800W montée avec des découpes, quelques LEDs et projecteur tungstènes. Et c'est tout.

Je fabrique aussi mes propres éclairages. Avec des piles 9V, une petite tête de LEDS récupérée sur des lumières de dentiste, et une plaque magnétique que j'accroche à l'arrière de la pile (le projecteur ne fait pas plus de 10-12 centimètres de haut pour 3 centimètre de large). C'est largement suffisant lorsque j'utilise la caméra à ISO 5000, et ça brille pendant 4 heures. Une simple vis dans le mur permet de l'accrocher par magnétisme. J'utilise le même système pour les lampes à pétrole par exemple, j'accroche le mini projecteur sur la carcasse. Je trouve tout ça sur eBay ou Amazon, et je les assemble ensuite, c'est le futur. J'ai du les fabriquer car personne sur le marché n'est intéressé par ces produits. Les constructeurs pensent encore qu'on continuera à utiliser des projecteurs de 10kW alors que rien ne pourrait être plus éloigné de la réalité. 5000 ISO permet de remplacer un 10kW par un 2kW. Ce n'est pas révolutionnaire juste pour la consommation électrique des projecteurs, mais aussi pour l'air conditionné. On génère beaucoup moins de chaleur. C'est une énorme économie pour un studio.

Une des raisons pour laquelle j'ai fabriqué ces projecteurs est pour les éclairages à contre. Il faut un temps fou pour les mettre en place, pour cacher les câbles. Avec ça, j'ai juste à le placer sur le mur, et je peux l'oublier pendant 4 heures. Quel gain de temps !

La haute sensibilité ouvre la voie à cette nouvelle façon de travailler. Est-ce un problème pour le directeur de la photographie que ces caméras soient si sensibles ? Non, pas du tout. Je pense que nous nous trouvons à un palier dans l'histoire de la fabrication des films, peut être même plus important que le passage au parlant sur les plateaux. Sauf que faire un film, c'est faire

un film. Cette partie là n'a pas changé depuis l'ère du muet. L'art de la cinématographie reste le même. Tout se situe dans le placement de la caméra, la composition, l'atmosphère. La manière d'y arriver est un autre problème. Avec une caméra ultra sensible, j'arrive au même résultat, plus facilement et avec moins de matériel. Toutes ces histoires de haute sensibilité élargissent simplement nos options, à un détail près. La précision de l'éclairage doit être absolument parfaite. Heureusement que je peux voir l'image sur le moniteur.

CD : Si vous aviez dû tourner *Sun Records* avec une caméra à ISO 800 type Alexa, la taille de votre équipe aurait-elle été différente ?

BW : C'était un tournage syndiqué (*unionized*), donc la taille de l'équipe ne bouge pas énormément. C'est la quantité de matériel qui change surtout.

CD : Avez vous eu des problèmes relatifs au bruit ?

BW : À des niveaux aussi bas, le phénomène de bruit photonique devient très présent. Il existe car les pixels sont si petits, et la lumière si faible, que chaque photosite ne reçoit pas la même quantité de photons que son voisin. Pour moi, ça rappelle le film. Les gens sont habitués à des images sans bruit, donc ils sont gênés par ça. Si la vidéo était arrivée avant le film, le public n'aimerait probablement le *film look* et critiquerait le fait que ça ne ressemble pas à la vidéo !

CD : Auriez vous un exemple de plan qui aurait été impossible sans une caméra ultra sensible ?

BW : Pour un tournage en Afrique du sud, la production avait fait construire un décor, des huttes en terre, pour lesquelles j'avais spécifié une orientation très précise pour les entrées, qui nous permettrait d'éclairer sans problème de nuit, avec des projecteurs sur nacelles. En arrivant sur place, les huttes se trouvaient évidemment dans la direction opposée. J'avise alors une montagne, à 440 m de distance à vol d'oiseau d'après Google Earth, mais à 2h de route par des petits chemins en terre. Je fais quelques calculs avec le chef électricien pour savoir si l'éclairage produit sera assez fort, puis j'envoie deux électriciens avec deux M18 et un petit générateur sur la

montagne. Ces deux projecteurs, qui donnaient un éclairage de 2 *foot-candles* éclairaient toute la vallée, et étaient situés à contre par rapport à l'action. Nous commençons à tourner le plan, l'œil dans le viseur je remarque alors un éclairage à la face. Je me retourne, c'était la lune ! Sans cette caméra, avec le décor placé dans cette orientation, je n'aurais jamais pu tourner le plan. Elle nous a sauvé.

Les hautes sensibilités ne changent pas le travail, elles le rendent juste beaucoup plus intéressant. Elle donne plus de temps pour faire le film. Malheureusement, quand les producteurs se rendront compte que nous avons besoin de moins de temps, ils réduiront les budgets.

Le *process* est le même. Je pense que si Billy Bitzer, qui a filmé tous les films de Griffith arrivait sur un plateau aujourd'hui, il serait ébahi, mais il comprendrait ce qu'on fait et pourquoi on le fait.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE LOUIS LUMIÈRE

La cité du cinéma - 20 rue Ampère - BP 12

93213 La Plaine Saint Denis

01 84 67 00 01

www.ens-louis-lumiere.fr

PARTIE PRATIQUE DE MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité cinéma, promotion 2014 - 2017

Soutenance de juin 2017

LES MAMÈNES

Charles DALODIER

Cette PPM fait partie du mémoire intitulé : Caméras ultra sensibles : Le directeur de la photographie face à l'obscurité

Directeur de mémoire : Tony Gauthier

Président du jury cinéma et coordination des mémoires : David Faroult

PPM

CV	162
NOTE D'INTENTION PPM	163
LISTE DES MATERIELS EMPLOYÉS	166
PLAN DE TRAVAIL DE POSTPRODUCTION	167
ÉTUDE TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE	168
SYNTHÈSE DES RÉSULTATS	169

Charles Dalodier
+33 (0)6 64 43 68 70
charles_d@live.fr
Permis B (+ véhicule personnel)
Habilitation électrique BR

71 bis, rue Damrémont
75018 Paris
France

Études et formations

- 2014 - 2017 Ecole Nationale Supérieure Louis Lumière
Section cinéma, Majeure Psychophysique de l'image
Ecriture d'un mémoire sur les caméras ultra sensibles (juin 2017)
- 2012 - 2014 ESRA Paris (Ecole Supérieure de Réalisation audiovisuelle)
Deux premières années de la formation cinéma
Major de promotion sur les deux années.
- 2010 - 2012 IAD (Institut des Arts de Diffusion), Louvain La Neuve, Belgique
<http://www.iad-arts.be>
Formation en réalisation

Expériences audio-visuelles

- 2017 - *Nos désirs* (CM) de R. Lefèvre, DP Thomas Favel - **Electricien** (G.R.E.C)
- *Yacht Club - Toc Cube* (Clip) de Sylvain La Rosa - **Chef électricien**
- 2016 - *Un De Moins* (CM) de Pauline Rey, DP Quentin de Lamarzelle - **Chef électricien**
(Petit Remorqueur)
- *L'homme qui hurlait joyeusement* (CM) de S. Feray - **Directeur photo** (ENSL))
- *Léo* (CM) de Glen Dagnault - **Cadreur et DIT** (ENSL))
- Travaux pratiques R. Rampillon (CM) - **Assistant caméra (steadicam)** (ENSL))
- CM technique sur le miroir semi réfléchissant - **Directeur photo** (ENSL))
- *TPI Phantom* Q.Bourdin (CM) - **Opérateur Phantom** (ENSL))
- *Noir* (CM) de Vanya Chokrollahi - **Chef électricien** (Bazifilm)
- 2015 - *L'Age d'or - Ether* (Clip) de Nicolas Michel - **1^{er} Assistant** (XVIIIp)
- *Un petit geste* (CM) de M. Guillo et R. Heuzel - **Chef Machiniste**
- Logiciels Avid Media Composer, Suite Adobe (After Effects, Premiere, Photoshop), Rain
& Mist (Etalonnage et DCP de Marquise Technologies), DaVinci Resolve

Autre expérience professionnelle

- 2008 - 2014 Standard Athletic Club, Meudon-La-Forêt
Employé polyvalent, gestion d'évènement selon le cahier des charges
mis en place par le manager

Langues

Anglais : Courant (échanges Canada, UK)
Espagnol : Basique (échanges Argentine)
Italien : Notions

Extra- Curriculaire

Associatif : membre auditeur de la CST
Trésorier ciné club Louis
Lumière (2016)
Photographie : laboratoire couleur et N&B
Sport : Tennis

NOTE D'INTENTION PPM

Ce mémoire porte sur les caméras ultra-sensibles et la façon dont cette technologie peut changer le rapport du directeur de la photographie à l'obscurité. J'ai pu entendre des phrases comme « il n'est plus nécessaire d'éclairer ». Il est vrai que ces caméras permettent un travail sur des niveaux extrêmement faibles de luminances. Cela n'empêche pas une réflexion sur le placement de la source, du personnage dans le décor etc. Mais il est vrai que l'on peut travailler avec une quantité minimale de matériel de nuit. Le tournage léger n'est plus l'apanage du jour. C'est cette approche que je souhaite expérimenter dans la PPM.

J'envisage cette PPM comme une manière de me mettre à la place des directeurs de la photographie qui ont expérimenté avec ce dispositif ces dernières années. Je veux recréer des conditions de tournage nécessitant de « creuser l'obscur ». Tout part alors de la source lumineuse, matrice du plan, tout s'organise autour d'elle.

Les sources retenues sont les suivantes :

- La bougie, la torche
- La pleine lune
- Les écrans (téléphone, ordinateur portable)
- Projecteurs ultra légers sur batterie.

Cette liste est susceptible d'évoluer au fil de l'écriture du mémoire et de mes recherches.

Intérêt de chaque source :

- Capturer la lumière d'une bougie pose plusieurs problèmes. Tout d'abord, la flamme elle même, devenant vite toute blanche. Ce problème est très présent avec des caméras ultras sensibles. En se basant sur le film « Une vie » et la

représentation de la bougie dans l'histoire de la peinture, il s'agira de trouver des solutions concrètes à ce problème.

Comment crée-t-on un éclairage avec uniquement des bougies ? Un éclairage reproduisant le réel, avec une seule bougie, produit-il l'effet désiré ?

- Pleine lune : il y a une sorte de fantasme à filmer une scène à la lumière de la pleine lune. Claire Mathon l'a fait pour « rester vertical ». L'éclairage par une seule source astrale n'est plus cantonné au jour et au soleil. Quelles sont les conditions à remplir pour capturer cette lumière ? Les images sont-elles exploitables tout de suite ou nécessitent-elles d'être « poussées » en post production ?

- les écrans : il est intéressant que les caméras numériques ultra sensibles naissent au moment de l'avènement des écrans, partout, tout le temps. Ces nouvelles sources suffisent-elles à éclairer une scène ? Peut-on rendre le monde obscur éclairé par les écrans sans éclairage additionnel ?

- Éprouver la liberté d'un tournage avec très peu de matériel, travailler très vite et de manière très réactive, permis par une caméra très sensible. Sans lumière sur pied ou presque, la caméra peut tourner autour de la scène et se replacer tout de suite, éprouver plusieurs points de vue.

La forme de la PPM :

2 parties pour cette ppm :

- La première en laboratoire, sous forme de tests sur banc d'essais. Les résultats font partie intégrante de la PPM et de la caractérisation du matériel de tournage.

- La deuxième concerne le tournage à proprement parler. Les images que je veux créer s'assembleront dans une visée démonstrative et non pas fictionnelle. Je n'exclue pas une trame narrative très ténue, mais ce n'est pas le sujet de cette PPM. Je l'envisage plus comme un petit clip.

Une série de mesure sera effectuée pour chaque situation, pour avoir une idée de la luminance de chaque élément.

Lieux de tournage :

Maison au Bois Plage en Ré, Ile de Ré. 14, rue des Sauzes, 17580 Le Bois Plage en ré

Dates de tournage :

9-12 avril, phase de pleine lune nécessaire au tournage.

LISTE DES MATERIELS EMPLOYÉS

1 VARICAM 35, prêtée par Panasonic et Mr Luc Bara

1 série d'optiques Zeiss (kodak)

1 moniteur starlite

1 oscilloscope leader

8 batteries V-lock

1 follow focus

1 mattebox

2 Tiges 15mm

1 alim 12 volts

Poignées bleues

Grandes branches

Tête fluide (selon disponibilités)

MATERIEL ELECTRIQUE

1 joker tungsten 1000 W

1 chimera boule pour joker

2 panneaux LED (possibilité batterie ?) sinon : 1 SL1

Jeu de minettes led

2 fresnel 500 W

2 fresnel 150W

1 kino 2 Tubes 60cm

8 prolongs 16A

2 réglettes 16A

1 dimmer 3 kW

1 perche pour Joker

3 pieds de 1000

4 cyclones

4 clamps

4 rotules

10 pinces stanley

Caisse de taps

Depron

Gelatine dorée

PLAN DE TRAVAIL POSTPRODUCTION

En laboratoire de sensitométrie, choix des plans à montrer et étalonnage sur Resolve.

Dates : Samedi 20 mai

Lundi 22 mai

Samedi 27 mai

ETUDE TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE

- Indemnité kilométrique : 260€

-Péage : 60 €

- Nourriture/ régie : 200€

-Bougies et éléments de décor : 80€

Total : 540€

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Il me tenait à cœur d'utiliser la Varicam pour filmer avec la lune comme seul éclairage. Beaucoup de plans sont donc tournés en extérieur, avec le moins de lumière possible.

La pleine lune :

Première sidération en mettant l'œil dans le viseur, au milieu d'un champ éclairé par la pleine lune : j'y vois, et j'y vois aussi bien qu'à l'œil. La caméra est réglée à ISO 5000, j'ai toutefois dû augmenter le temps d'exposition en passant de 180° à 358° d'angle d'obturation. L'objectif utilisé est aussi à pleine ouverture, à T/1.3. Le signal sur l'oscilloscope est extrêmement faible, une simple ligne en bas de signal. L'image n'est pas modulable, je tente d'utiliser des réflecteurs blancs pour rehausser le niveau des visages mais l'effet est invisible, à l'œil comme à la caméra.

J'expérimente l'éclairage latéral, de face. Les problématiques sont, comme le dit Claire Mathon, les mêmes qu'en plein soleil, la modulation en moins.

Je tente aussi de jouer avec les étoiles. Deux corps sombres, « à contre nuit », donc non éclairés, surgissent derrière un bosquet à la recherche de leur proie, quelques étoiles brillent dans le ciel. Leur luminosité est très faible, et les conditions de tournage restent limitées pour capturer l'émerveillement que l'on peut avoir en les regardant à l'œil. Elles restent tout de même un témoin nocturne.



Figure 88 – Olive courant dans un champ, éclairage lunaire et vue du signal sur oscilloscope Resolve (Varicam 35, ISO 5000, T/1.3, 358°)



Figure 89 – Visage éclairé en latéral par la lune (Varicam 35, ISO 5000, T/1.3, 358°)



Figure 90 – Corps en contre lune, étoiles brillant dans le ciel (Varicam 35, ISO 5000, T/1.3, 358°)

Ces images mettent face à la difficulté de créer la nuit. Une simple capture du réel, même sombre, n'est pas la plus convaincante. Le fait qu'il soit possible de tourner dans ces conditions ne doit pas faire oublier la cinématographie.

La couleur et les lampes torches :

Quelle simplicité de créer un éclairage à partir de rien. Avec deux petites lampes torche, il est possible d'éclairer un champ de colza. Deux personnages pourchassent encore la jeune fille du premier plan, Olive. Elle se réfugie au milieu des colzas jaunes. Malgré la faible luminosité, des couleurs ressortent facilement, le colza reste jaune.

Les poursuivants ratissent la zone en éclairant avec leurs lampes torche. Il est très facile, à haute sensibilité, d'avoir une image nocturne du visage sans éclairage additionnel, d'avoir les témoins nocturnes comme le ciel et les étoiles, et de facilement faire un effet lampe torche. Les puissances nécessaires pour éclairer le champ sont minimales. Avec une caméra moins

sensible, il aurait fallu des lampes ou projecteurs plus puissants, ré-éclairer le visage qui serait trop sombre etc.

Le travail en lumière naturelle nocturne atteint tout de même vite ses limites. C'est la nuit qui conditionne le travail et l'image et pas l'inverse. En tant que directeur de la photographie, une telle pratique est très limitante et ne s'accordera pas avec tous les projets. J'ai voulu expérimenter avec quasiment les seules lumières naturelles, un peu de matériel resterait tout de même nécessaire pour s'exprimer pleinement.



Figure 91 – Olive au milieu des Colzas. Eclairage lunaire à la face, lampe torche de poche pour l'arrière plan (Varicam 35, ISO 5000, T/1.3, 358°)



Figure 92 – Colzas jaunes, éclairage lunaire en avant plan, lampe torche en arrière plan (Varicam 35, ISO 5000, T/1.3, 358°)



Figure 93 – Extérieur lunaire, deux lampes torches de poche éclairent le champ (Varicam 35, ISO 5000, T/1.3, 358°)

Les capteurs ultra sensibles ont une grande utilité pour filmer dans des conditions normales avec des objectifs peu ouverts, comme des zooms anamorphiques. Voici deux images de la même scène, en fin de journée, à quelques secondes d'intervalle. L'une filmée à ISO 800, l'autre à ISO 5000. L'ouverture de diaphragme choisie était de 4.



Figure 94 – Fin de jour, F/4, ISO 800



Figure 95 – Fin de jour, F/4, ISO 5000

L'éclairage à la bougie

Toujours dans une recherche de simplicité, les tests menés à la bougie ont montré une facilité d'exécution remarquables. Quelques bougies suffisent à éclairer la scène. On perd cependant en contrôle. Les bougies émettant dans toutes les directions, une image plate est vite arrivée. Les acteurs deviennent facilement maîtres de la lumière, peuvent jouer avec. Une seule bougie peut parfois suffire à éclairer un visage. Et tout cela ne demande pas d'électricité.



Figure 96- Nuit noire, visage éclairé à la bougie (Varicam 35, ISO 5000, F/1.3)



Figure 97 - visage éclairé à la bougie (Varicam 35, ISO 5000, F/1.3)



Figure 98 – L'acteur se déplace avec la lumière. (Varicam 35, ISO 5000, F/2)

Sans le filtre anti IR :

J'ai pu mener quelques tests sans le filtre anti infrarouge de la caméra. Et c'est un autre monde qui s'ouvre. En jouant sur la balance des blancs, il est possible de faire croire que les images du ciel sont prises en plein jour, avant de descendre sur terre et d'être mis face à des visages violacés, d'un autre monde. Un monde invisible s'offre à nous. Par exemple, les lumières infrarouges des caméras de sécurité deviennent visibles et font de grosses tâches lumineuses sur l'image.



Figure 99 – Ciel nocturne sans le filtre anti IR. Varicam 35, ISO 5000, T/1.3



Figure 100 – Visage de nuit sans le filtre anti IR, avec lumière infrarouge dans le fond, invisible à l'œil nu. Varicam 35, ISO 5000, T/1.3