

**Du grain au bruit :  
vers une sensitométrie numérique ciné.**

Sous la direction de  
**Mr Alain DELHAISE et Mr Philippe VALOGNES.**

### III. Vers une application pratique.

*« Exposer pour la HD ou une autre vidéo numérique a à peu près, les mêmes contraintes de latitude et d'exposition que la pellicule inversible : problèmes avec les hautes lumières et dans les zones d'ombre. Si cette exposition n'est pas parfaite, c'est même impératif!, le travail ultérieur d'étalonnage pour le master HD sera compliqué »*

*Ricardo, ARONOVICH, AFC.<sup>1</sup>*

Toutes ces constatations aussi justes soient-elles n'ont de valeur qu'en leur plus « simple » application pratique. Il n'est alors plus question de théoriser sur le support de captation et ses limites, mais d'en voir les réels avantages et limites en terme de rendu, en situations de tournage. Il s'agit donc d'être le plus rigoureux possible, de manière à pouvoir nous assurer, comme le préconise ARONOVICH, que nous puissions retravailler l'image selon nos désirs, sans être tributaire d'une quelconque faute d'appréciation en terme d'exposition et de rendu. Nous tacherons pour cela d'être des plus intuitifs et systématiques.

#### **Objectifs et enjeux : « Pourquoi les cellules échouent avec les CCD. »**

L'objet de notre étude est rappelons-le, de voir si l'utilisation de la cellule comme seul appareil de mesure est fiable selon certaines conditions de lumière données. D'après ce que nous venons d'aborder, nous pouvons prendre une caméra numérique HD et la soumettre aux différents tests qui nous permettent d'en voir et comprendre les caractéristiques réelles et pratiques sur le terrain. De plus, nous sommes parfaitement conscient de la relativité de ces mesures et que la simple volonté de vouloir exposer notre caméra selon les indications de notre cellule réglée sur ces mêmes résultats présente une incertitude que seule la pratique peut réduire. Peter GRAY, qui s'est basé sur les articles d'Adam WILT publiés dans la revue DVmagazine, a fait l'observation suivante : *« Les cellules ne sont pas adaptées aux capteurs CCD et ne peuvent donner de juste valeur d'exposition pour un tournage en HD. Elles sont conçues pour voir la lumière selon la réponse de la pellicule. Elles vont donc dans la mauvaise direction pour les capteurs CCD »*<sup>2</sup>. En effet, nous nous rappelons que la sensibilité spectrale des émulsions a tendance à s'étirer vers le bleu et l'ultra-violet, alors que les capteurs CCD sont plutôt sensibles dans le rouge et l'infrarouge. Les cellules photoélectriques, elles, sont calibrées pour répondre le mieux possible au domaine de sensibilité spectrale de notre œil, ce que les fabricants d'émulsions s'efforcent d'égaliser. Il en résulte donc des écarts conséquents d'exposition lorsqu'il s'agit de tourner en extérieur jour avec une caméra numérique, surtout sous des contrastes élevés. Toutefois, ces écarts restent mesurables et peuvent s'appliquer de manière systématique aux valeurs d'exposition mesurées par notre cellule, comme un simple changement de repère en terme de gris de

---

<sup>1</sup> ARONOVICH R., *Exposer une histoire, La photographie cinématographique*, éd. Dujarric, Bayeux, 2003, p110.

<sup>2</sup> Site internet personnel de Peter GRAY : [www.jkor.com](http://www.jkor.com)

référence déterminant notre exposition, de la même manière qu'un opérateur sur ou sous-expose sciemment son émulsion pour en obtenir la pose idéale. Il s'agit alors de compenser les « erreurs » de mesure de notre cellule dont nous devons connaître parfaitement les caractéristiques. La plupart du temps, ces erreurs se traduisent par une sous-exposition conséquente de notre image, en raison d'une sensibilité dans le bleu bien supérieure pour les cellules que pour les capteurs. Dans la pratique, lorsque notre cellule analyse la quantité de lumière ambiante, elle perçoit un tel niveau de bleu que le diaphragme qu'elle nous indique est relativement élevé. Notre capteur qui n'en perçoit pas la même quantité énergétique, nous restitue une image plus dense, proportionnellement au diaphragme affiché.

L'enjeu n'est pas tant pour nous de déconsidérer la sensibilité spectrale de la cellule que de l'intégrer dans l'évaluation de notre exposition. De la même manière qu'un tournage en lumière monochromatique rouge ou bleue pose des problèmes de référence en argentique (puisqu'il est fréquent de devoir surexposer de 2 à 3 diaphs la mesure de notre cellule pour obtenir une impression d'éclairement convenable à l'œil), nous allons procéder par itérations afin de nous recréer une référence d'exposition qui soit fiable et valable dans des conditions de lumière données. Nous savons dès à présent que les difficultés majeures seront pour des extérieurs jour, en raison des fortes émissions dans le domaine du bleu et de l'ultra-violet. C'est pourquoi, si nous arrivons à déterminer une valeur cohérente d'exposition dans ces conditions, tout en ayant la plus grande latitude possible, nous pourrions admettre la cohérence de notre pratique pour n'importe quelle condition d'éclairage qui soit bien plus facile à maîtriser, comme en plateau, ou pour des natures d'éclairage dont les émissions spectrales sont plus proches de la sensibilité de notre caméra.

C'est pourquoi ma partie pratique s'est divisée en trois étapes distinctes :

- J'ai tout d'abord vérifié, comme présenté en fin de première partie, la sensibilité spectrale des appareils de mesure, qui m'ont permis dévaluer l'exposition des plans tournés a posteriori, avec l'aide de la CST par la mise à disposition de leur laboratoire électronique et le soutien de Mathieu SINTAS et Julia DUBOURG.
- J'ai ensuite mesuré et évalué la sensibilité de la caméra avec laquelle j'ai tournée, face à une charte dont j'ai analysé les transmissions spectrales, afin d'en déduire les éventuelles variations de bruit de ma caméra selon les pré-réglages employés, au sein de la salle d'essais de Panavision-Alga-Techno, avec l'aide de Philippe VALOGNES, responsable du département numérique, et de Alain SARLAT, professeur de colorimétrie et de sensitométrie à l'Ecole Nationale Supérieure Louis-Lumière.
- Enfin, j'ai appliqué en extérieurs et en conditions de prise de vues réelles, les rapports d'exposition déduits de mes précédents tests. Le tournage a essentiellement eu lieu en équipe légère en Basse Normandie du 31 mars au 2 avril 2005, avec l'aide de Anthony SHARPE et Laetitia SEBIRE.

### *1°) Mesures effectives de Bruit.*

Il est assez difficile de visualiser ce qu'un niveau de bruit va rendre sur l'image. Nous savons bien évidemment qu'un même niveau sur un motif contrasté ne sera pas perçu comme continu par l'œil de l'observateur et ne peut donc être que relatif à un certain contraste ou du moins pondéré par le gamma de l'image. En effet, le bruit qui est une fréquence élevée, en se superposant à notre signal dont la composition fréquentielle est vaste, ne va véritablement changer les rapports de grandeur que dans les fréquences les plus faibles, surtout perceptible dans nos ombres. Cela ne changera en rien notre impression globale des hautes lumières, excepté à partir d'un certain palier que peu de gens se risquent à franchir. Ceci sous-entend donc que selon la luminance de nos couleurs et leur place dans le diagramme de la CIE, notre sensation de bruit va fluctuer. Et c'est bien le plus important. Lorsque l'opérateur va devoir choisir un certain niveau de gain dans des conditions de prise de vues données, il devra être conscient des zones susceptibles de varier le plus, sans quoi, il sera surpris par la gigue (aléatoire ?) générée sur son signal. Certains d'entre eux étudient déjà au moment des essais caméra les réactions colorimétriques de leur caméra à toutes sortes de pré réglages dans les menus en termes de gamma évidemment, mais aussi de niveau de noir, de knee, etc...



Fig. II.2f – Mégascope sphérique éclairant la charte Esser TE 188 face à la Viper de Thomson.

Pour les aider dans leur démarche, les loueurs de caméras disposent majoritairement d'un mégascope sphérique qui permet de rétroéclairer de manière uniforme et à un niveau relativement précis d'éclairage tout un panel de chartes servant à calibrer la caméra avant sa sortie (shading<sup>3</sup>, blanc de référence en preset, etc...). Tous ont donc les mêmes références plastiques et théoriques, ce qui nous laisse supposer qu'une même personne serait en mesure d'équilibrer un même corps d'appareil de façon identique chez un loueur ou un autre. L'objet de notre attention face à ce dispositif a été de se demander quelle est la répartition spectrale de la source lumineuse commune à tous ces dispositifs et quels sont les filtres colorés qui composent la charte Esser TE188 (qui reprend le modèle de la Mc Beth traditionnelle).

<sup>3</sup> Le shading correspond à l'alignement de la réponse sur les trois capteurs de la caméra, de manière à ce que la combinaison optique/capteur n'induisse pas d'aberrations.

### Qualification de la source.

En raison de la sensibilité des capteurs de caméra, cette source est équilibrée pour être à 3200 Kelvin afin de ne pas ajouter de filtre correcteur au moment des essais, susceptibles de modifier la perception des premiers réglages. La sphère Coficiné est un dispositif qui permet donc d'éclairer uniformément des chartes par transparence. Une ampoule 12 V est alimentée à la base du socle et se réfléchit sur un encadrement blanc qui renvoie à son tour la lumière sur l'ensemble de l'intérieur de la sphère qui la diffuse par réflexion avant d'atteindre la charte. Le niveau en lux est mesuré par une cellule intégrée à la sphère au niveau de la charte et peut varier en déplaçant l'ampoule sur un rail que nous pouvons visser ou dévisser afin d'ajuster le niveau sans intervenir sur la température de couleur. Nous réglons donc conventionnellement le Digital Photometer DLXM 2013 - LV5 sur 2000 Lux (éclairage auquel est effectué l'ensemble des essais).

Nous avons effectué au total trois séries de mesures : la charte perçue telle qu'elle sans calibration du blanc, une mesure de la source sur le blanc de la charte et directement à l'intérieur de la sphère, puis de nouveau la charte après calibration du blanc<sup>4</sup>.

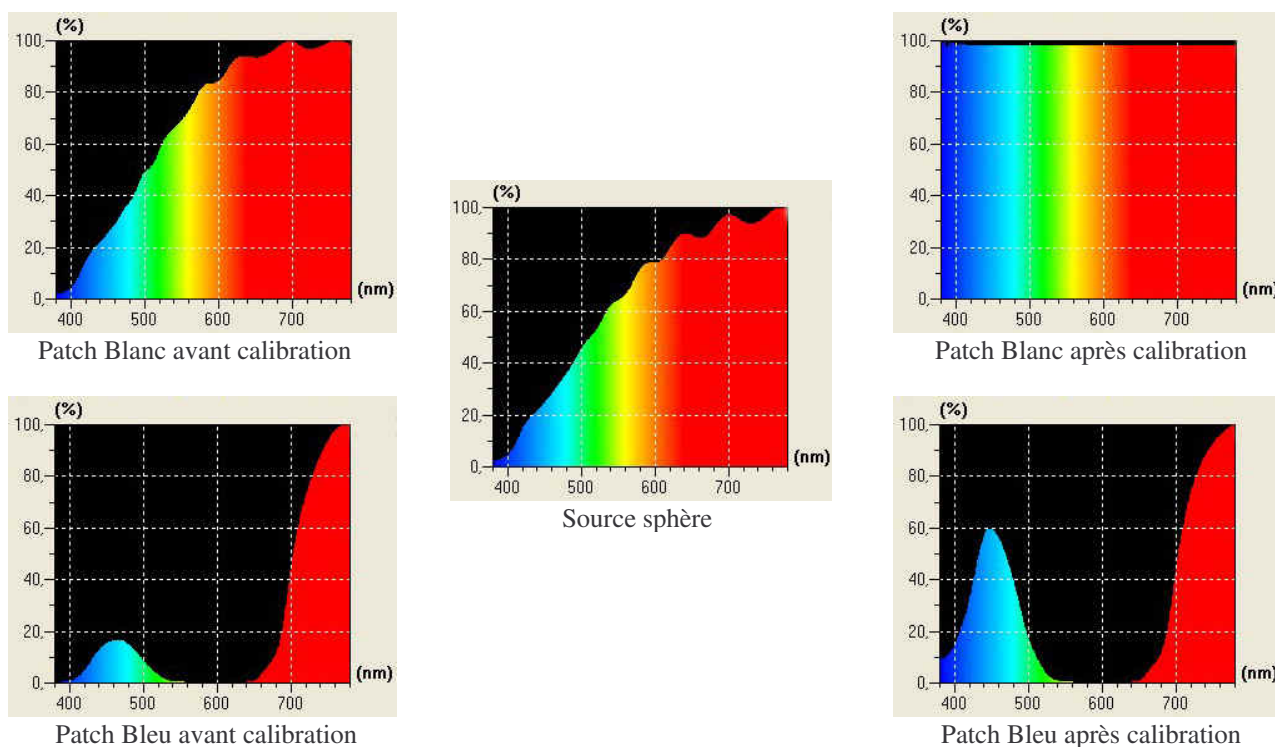


Fig. II.2g - Exemples illustrés des différentes mesures effectuées sur la charte, selon leur progression logique.

Le choix de ces trois mesures est simple. Premièrement le fait de commencer sans calibration permet de se placer dans les conditions qui correspondent à la pratique courante chez les loueurs. Il s'agit d'intégrer la source au rendu colorimétrique de la charte puisque de toute façon l'ensemble des réglages se fait dans la synthèse des deux, ce qui nécessite certaines mises en garde sur lesquelles nous reviendrons. Dans un second temps, l'analyse de la source nous permet de vérifier que le spectre est continu et qu'il présente toutes les caractéristiques d'une source tungstène traditionnelle et fiable statistiquement. Enfin, la

<sup>4</sup> Cf. annexe 3 pour la distribution spectrale de l'intégralité des patches constituant la charte.

dernière série de mesures permet en plus d'analyser la structure colorimétrique de la charte, de vérifier que les différentes plages de neutre le sont vraiment, puisqu'elles servent à l'étalonnage correct de l'ensemble.

Concernant la source, nous pouvons remarquer que sa répartition spectrale est à peu près linéaire de 420 nm à 540 nm. Elle présente un petit palier dans le bleu caractéristique des sources de ce type, contrairement à ceux qu'elle possède entre 540 nm et 780 nm. Ces paliers semblent toutefois stables dans le temps puisque la mesure ayant été faite trois fois successives nous amène aux mêmes résultats. Son fort dégagement dans l'infrarouge représente un certain risque par contre pour des caméras dont les filtres anti-infrarouge seraient usagés ou dégradés, puisque les préréglages intègreraient une dominante que l'opérateur ne retrouverait pas forcément lors du tournage, et qui se traduirait du coup par sa complémentaire. En effet, comme nous l'avons vu, les capteurs CCD sont naturellement sensibles à l'infrarouge, ce qui peut être très utile dans le domaine scientifique mais qui reste rarement souhaité en prise de vues traditionnelle. Les différents fabricants de caméra filtrent donc en tête de capteur, devant le prisme dichroïque. En plus de limiter l'attaque des rayons infrarouge, ce filtre sert à rééquilibrer selon la sensibilité spectrale des CCD leur réponse dans le Bleu auquel ils sont le moins sensibles. C'est pourquoi, le rôle de ce filtre est tant important lors des essais et du tournage, et une intervention dessus en cours de tournage peut changer la nature colorimétrique des images à venir. Toutefois, en raison de sa bande passante, nous nous rendons compte que le spectre de la source n'a que peu d'importance dans la mesure où les longueurs d'ondes au delà de 650 nm sont raisonnablement filtrées, ce qui veut dire que nos différentes plages n'en sont pas changées colorimétriquement.

La source présente en plus sur l'ensemble de nos mesures une température de couleur convenable et relativement stable comprise entre 3240 K et 3260 K, la rendant plutôt fiable pour un réglage de blanc, dans les conditions standards.

### **Qualification de la Esser Test Chart TE 188.**

L'aspect de la charte TE188 d'Esser reprend par transparence le principe et la disposition des plages colorées de la Mc Beth traditionnelle, en modifiant quelques teintes et saturation propres aux américains et qui ne correspondent à aucune couleur mémorielle pour les européens (comme le « Bluish Green » qui renvoie bien plus à la côte Ouest des Etats-Unis qu'à l'Atlantique). Toutefois, l'esprit est le même. Cette charte représente donc 24 plages colorées (cf page suivante) répartis sur quatre lignes. Celle du bas rassemble une série de gris neutres dont la progression densitométrique n'est ni linéaire, ni logarithmique. La seconde présente les trois primaires de référence et leur complémentaire. Enfin, les deux autres rassemblent un ensemble de plages de couleurs dites mémorielles, c'est-à-dire évoquant certains objets, certaines textures ou certains lieux dans l'environnement de l'observateur (teinte chaire, mer, ciel, herbe, fleurs, etc...). La constitution physique pose par contre problème. Les couleurs pastel, c'est-à-dire plutôt peu saturées, sont en réalité des trames diagonales successives. Cela veut dire que selon le grandissement de la charte et la mise au point, celle-ci peut interférer avec la disposition matricielle des photosites sur les capteurs CCD. Il en résulte que l'impression de couleur n'est plus uniforme et peut présenter des déformations chromatiques directement dues à ces interférences. La perception que nous devons en avoir est alors différente de ce que la caméra enregistre.



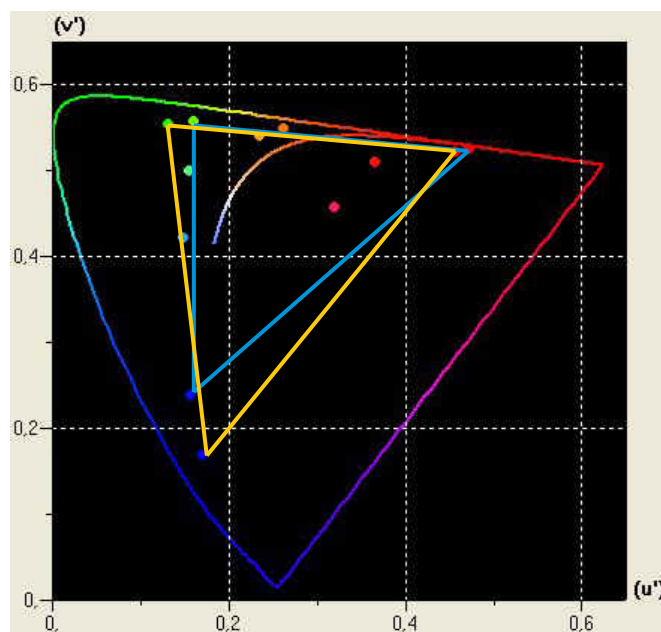


Fig. II.2h – Représentation graphique sur le diagramme du CIE 1976 des primaires mesurées sur la charte.

Nous l'avons donc mesurée deux fois : avant et après calibration du blanc sur la source diffusée dans la sphère. Le graphique précédent montre les deux triangles liant les primaires rouge, vert, bleu avant (en cyan) et après (en jaune) notre calibration du blanc. Nous remarquons donc que l'« espace » couleur réel décrit par les primaires de la charte est plus important que lorsqu'elle est rétroéclairée puisque globalement le triangle en cyan est contenu dans le jaune, excepté pour les longueurs d'onde comprises du jaune au rouge. Cela semble cohérent par rapport au spectre de la source qui en raison de sa forte contenance en infra-rouge a tendance à tirer l'ensemble du triangle vers l'orangé. De plus, la teinte des primaires et de leur complémentaire est plus proche de la perception que nous en avons à l'œil nu dans la mesure où lorsque la charte est éclairée nous voyons sur le graphique que le magenta est clairement rouge, que le cyan est plutôt vert et que le jaune est très orangé, ce qui n'est pas le cas après calibration du blanc et qui donc reste valable quelque soit la source. Nous pouvons constater un fort décalage de l'axe des pourpres, bien moins modéré que celui reliant le bleu au vert. Cela met en avant les dangers d'un manque de référence au niveau du blanc pour visualiser les interprétations des différents patches par notre caméra. Car si nous souhaitons tester une couleur définie à l'extérieur du triangle cyan, comme c'est le cas pour certains patches de la charte, en l'absence de référence, notre source va induire une extrapolation restrictive de celle-ci en changeant légèrement les caractéristiques.

Le Minolta CS nous donne directement les valeurs  $x$ ,  $y$ ,  $u'$  et  $v'$  relevées sur la charte de ces primaires, ce qui nous permet de les comparer :

	$x$		$y$		$u'$		$v'$	
	éclairée	réelle	éclairée	réelle	éclairée	réelle	éclairée	réelle
<b>R</b>	0,6622	0,6446	0,3287	0,3271	0,4713	0,4575	0,5264	0,5223
<b>V</b>	0,3581	0,3007	0,5548	0,5710	0,1602	0,1300	0,5584	0,5555
<b>B</b>	0,1537	0,1483	0,1055	0,0656	1,1553	0,1700	0,2398	0,1691

Nous voyons que ces valeurs diffèrent de manière significative entre la charte éclairée et les colorants qui composent les patches indépendamment de la source lumineuse. Ces différences vont de 1 à 5 centièmes, en ce qui concerne les coordonnées  $x, y$  conformes à l'espace CIE de 1931, et de 2 à 7 centièmes pour les coordonnées  $u', v'$ , ce qui est très significatif et sensiblement plus perceptible selon l'échelle de représentation du diagramme de la CIE 1976. Cela induit donc, qu'un opérateur qui souhaite prévoir les effets de ses pré-réglages caméra sur un ensemble de couleurs de référence ne peut les visualiser à l'aide de cette charte que dans une certaine mesure et selon certaines conditions. Celle-ci est en plus très restrictive, puisque l'intégralité des patches représentés est contenue à l'intérieur du triangle formé par les trois primaires rouge, vert, bleu. Cela présente un avantage : quelque soit la norme et l'espace utilisés à la diffusion, l'affichage de la charte est cohérent et conforme d'un moniteur à l'autre et peut servir de référence commune puisqu'elle s'inscrit à l'intérieur du triangle formé par les primaires de la caméra et ne doit donc a priori pas subir de distorsion colorimétrique. Par contre, elle est tellement restrictive qu'elle ne permet pas de visualiser les défauts qu'induit le traitement de la caméra tant du point de vue du matriçage que de la quantification. Le manque de distorsion colorimétrique empêche de visualiser la cohérence et la fidélité de rendu des couleurs plus pures. Lorsqu'il y a une différence entre l'espace d'acquisition, formé par les primaires propres à la caméra et l'espace de restitution à l'affichage, nous pouvons voir comment la caméra induit pour une norme donnée certaines distorsions, ce qui est le cas le plus courant lors de tournages en extérieurs. La palette colorimétrique du monde qui nous entoure est en effet bien plus vaste que les quelques patches qui composent cette charte et le rendu de ces couleurs n'en est que plus important. Cette charte ne se doit d'être qu'une indication du traitement de la caméra dans la mesure où elle peut nous illustrer grossièrement les effets infligés au travers des pré-réglages dans les sous-menus.

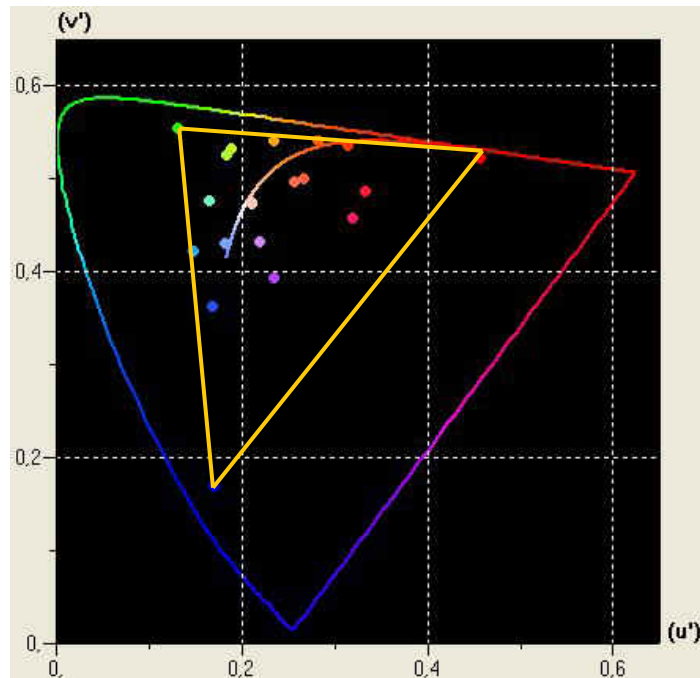


Fig. II.2i – Représentation graphique des patches composant la charte Esser TE 188 sur le diagramme CIE 1976.

Il y a de plus une condition sine qua non pour que ces tests soient validés : le « White shading » et le « preset » du Blanc doivent avoir été effectués avant toute visualisation à partir de la source même qui sert à éclairer la charte. La caméra doit restituer



une réponse parfaitement alignée sur chacune des trois primaires et le blanc à 3200 K de la source doit être perçu comme tel. Car si les valeurs de blanc ne sont correctement indiquées à la caméra, cela veut dire que les primaires de la charte correspondront à celles de la charte éclairée de manière non neutre, autrement dit, avec une source dont la température de couleur influera, voire déterminera cette perception. Au lieu de voir les plages telles qu'elles doivent paraître dans les conditions pour lesquelles elles ont été conçues, l'opérateur va se retrouver avec une charte distordue dont la représentation correspondra à la synthèse de ces plages colorées avec la source lumineuse. C'est pourquoi, il est important de s'assurer des bonnes conditions de visualisation de cette charte par rapport aux essais que nous souhaitons faire.

### **Analyse et traitement des chartes enregistrées.**

Afin de vérifier l'impression de bruit perçue à l'œil et de pouvoir la quantifier, nous avons enregistré cette même charte avec deux caméras numériques HD et avons pu à partir de fichiers dpx non compressés étudier l'ensemble des variations subies sur chaque plage. Nous avons donc « braketé », à la manière d'un essai de Keylight, autour du temps de pose correctement calculé. Le traitement s'est effectué sur Photoshop CS à partir des valeurs distribuées par l'histogramme et reconverties selon une formule simple de détermination RMS du bruit applicable à la prise de vues numérique ciné.

### ***Essais sur la Viper.***

L'ensemble des tests effectués sur la Viper a eu lieu dans les locaux d'Iris Caméra, avec le matériel qu'ils nous ont gracieusement prêté durant toute une journée. Nous disposons donc d'un corps caméra, d'une optique Fujinon 11\*5, d'un mégascope sphérique non réglable et à éclairage constant de 1 000 Lux, d'un oscillo-vecteurscope et d'un moniteur étalonné.

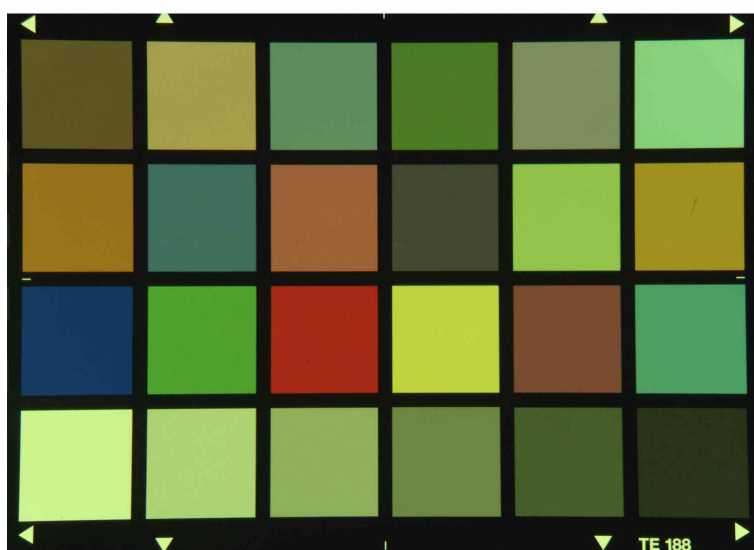


Fig. II.2j – Charte Esser TE188  
enregistrée par la Viper en mode « Filmstream ».

L'enregistrement des chartes s'est effectué en mode « Filmstream » sur disque dur Venom. Les images ont été directement récupérées par l'intermédiaire du DFR (Digital Field Recorder) sur disque dur externe, puis traitées sur Photoshop CS.

Nous avons décidé de traiter pour chaque test une dizaine d'images prises à intervalle de temps régulier, soit une demi seconde, de manière à ne pas considérer d'image qui serait trop marginale. Les enregistrements à la prise de vues ayant été de l'ordre de 10 secondes à chaque fois, nous prenons nos dix images au milieu de l'enregistrement et en faisons une valeur moyenne représentative de référence.<sup>5</sup> Ce choix vient du désir de traiter des images qui correspondent à une certaine stabilité de fonctionnement de la caméra, comme en condition de tournage réelle (en effet, nous attendons le plus souvent que celle-ci soit parfaitement lancée pour démarrer l'action d'un plan), exception faite du reportage et du documentaire bien sûr. Ainsi, nous obtenons pour nos dix images « aléatoires » des mesures sur chaque primaire distribuées par l'histogramme. Nous en déduisons alors une information concernant le bruit dans chacune des trois « couches ». L'analyse colorimétrique n'est que peu intéressante dans le cas de la Viper en mode « Filmstream » en raison de l'emploi obligé d'une LUT (Look Up Table) à cause de sa dominante verte.

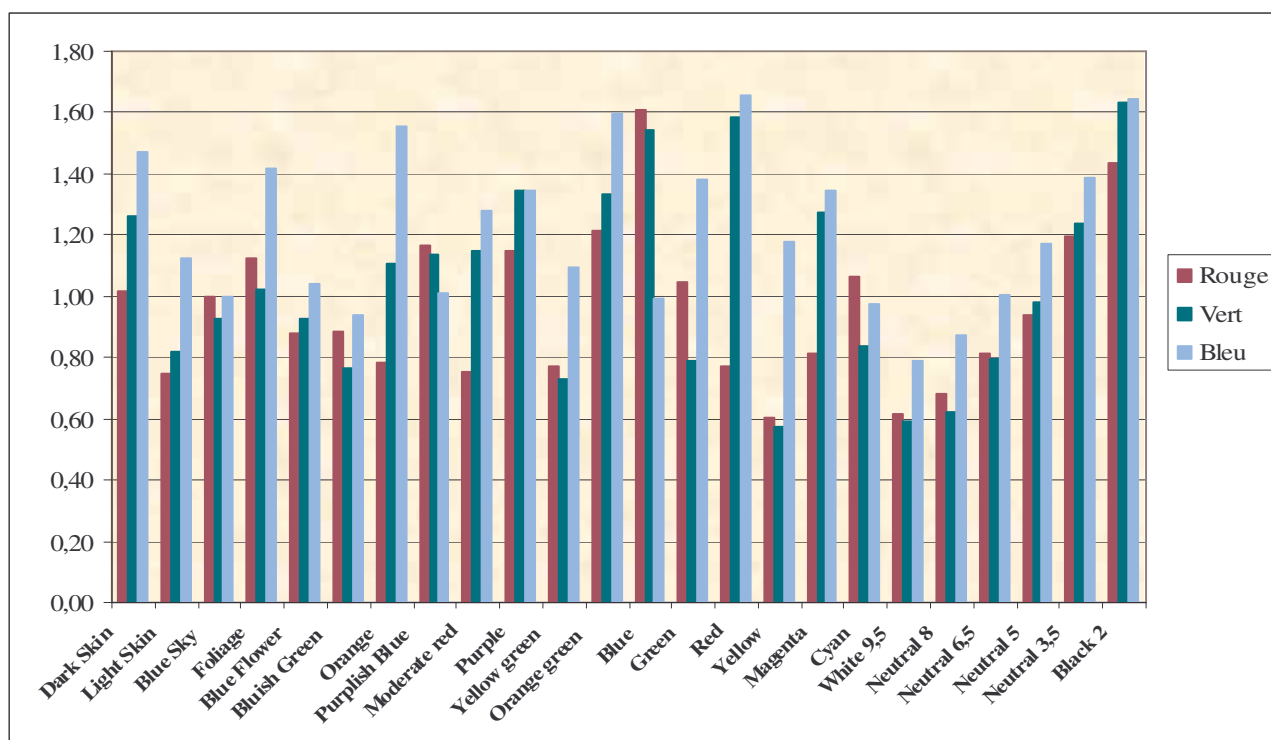


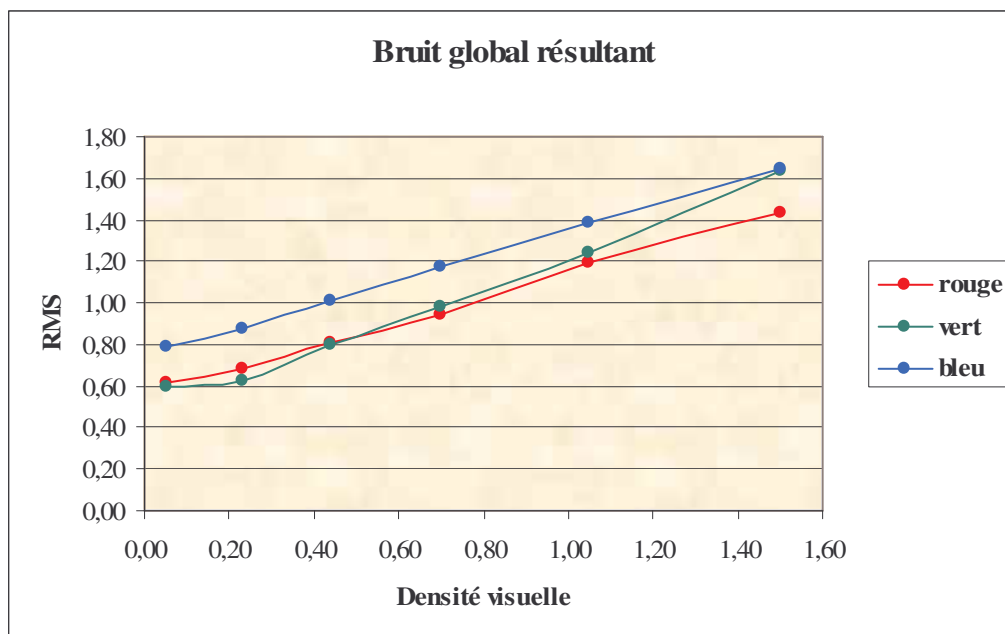
Fig. II.2k – Bruit relevé sur chaque plage pour chaque primaire Rouge, Vert et Bleu.

Nous pouvons donc remarquer qu'à l'exception de trois plages colorées (« Purplish Blue », « Blue » et « Cyan »), sur l'ensemble de la charte, la primaire la plus bruitée est la Bleu. Cela confirme donc que selon la sensibilité spectrale naturelle du capteur CCD, qu'il faille davantage amplifier le domaine sensible au Bleu afin d'atteindre un niveau de réponse satisfaisant, et qu'au contraire, sa réponse optimale étant dans le rouge et l'infrarouge (que nous devons filtrer), il présente une plus grande stabilité dans ce domaine, dont nous devons plutôt modérer la réponse afin d'en obtenir un niveau conforme.

<sup>5</sup> Les résultats obtenus sont disponibles en Annexe 7.

La répartition générale du bruit est telle que pour une exposition semblable à celle que nous avons étudiée, il reste imperceptible à l'œil, ce qui se justifie dans le fait que le pic de bruit ne dépasse pas 1,66 sur notre variabilité RMS globale.

Par contre, le plus intéressant est d'observer à présent comment réagissent en fonction de la densité, nos différentes primaires, sur la dernière ligne de la charte qui correspond à notre échelle de gris de densité 0,05 – 0,23 – 0,44 – 0,7 – 1,05 – 1,5.



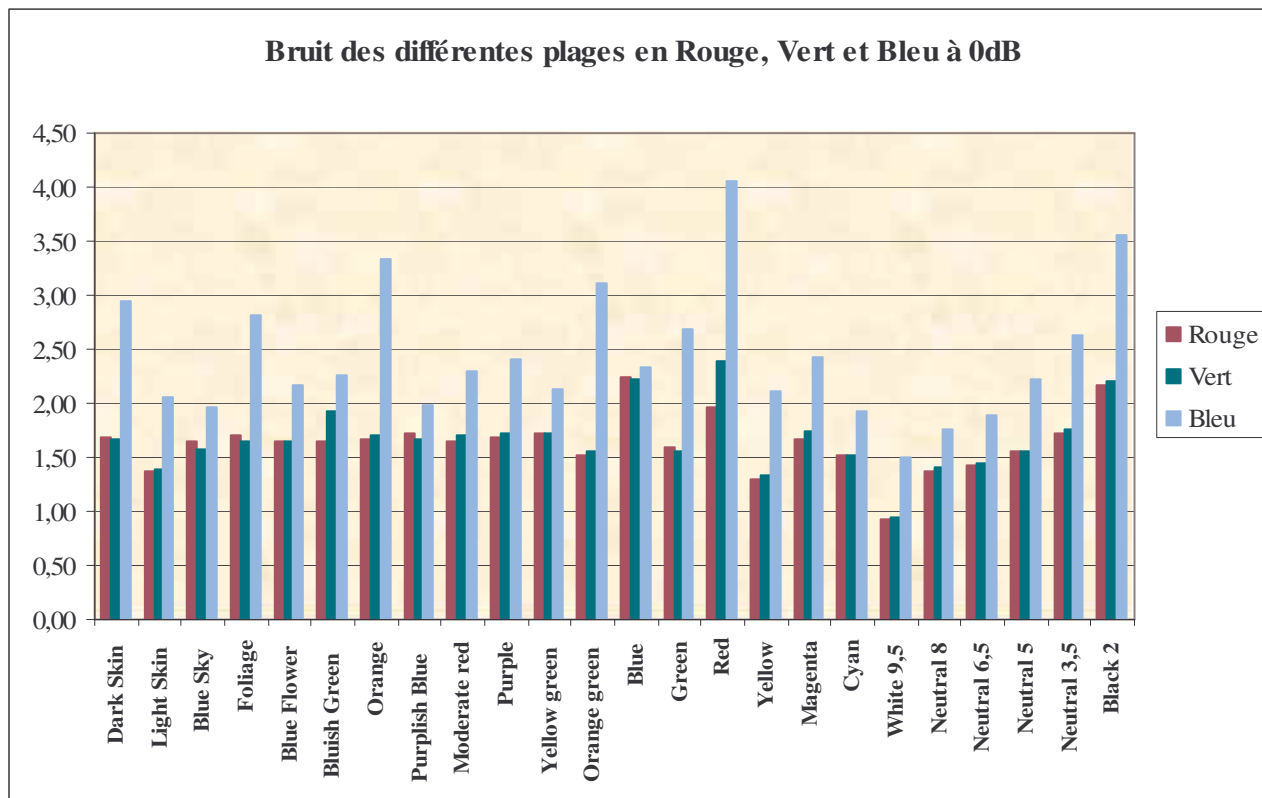
Nous pouvons voir deux choses distinctes. Premièrement, l'évolution du bruit en fonction de la densité pour le Bleu et le Rouge est quasi linéaire et de pente semblable (0,61 pour le Bleu et 0,59 pour le Rouge), les valeurs du Bleu restant bien au-dessus de celles du Rouge pour les raisons évoquées précédemment. Puis, l'évolution du bruit dans le Vert, elle, est plus complexe et se décompose en deux phases distinctes : la première concerne les plus hautes lumières, son niveau est presque constant et faible pour un palier autour de 0,6, ce qui est imperceptible à l'œil. La seconde phase concerne la partie linéaire de sa courbe après une transition brutale entre les gris à 0,23 et 0,44 en densité, selon une pente de 0,8 bien supérieure à celles du Bleu et du Rouge. La variation du Vert est donc surprenante car cela signifie que le vert présente une très bonne qualité de signal dans les blancs, qui se dégrade toutefois plus rapidement lorsque la densité s'accroît. Les causes en restent à l'état de supposition, puisque nous ne pouvons affirmer que cela est dû à la dominante vert inhérente au mode raw de la caméra.

Tout cela doit pourtant se pondérer. Une valeur RMS de 1,60 présente un niveau perceptuel extrêmement faible, et même si ces courbes nous permettent de visualiser le rendu graphique qualitatif de la caméra pour une valeur de sensibilité de 320 EI, elles n'en restent pas moins relatives. La Viper à ce niveau là présente un bruit indécélable, pour une qualité d'image plus que satisfaisante.

#### *Essais sur la HDW-F900 de Sony.*

Le protocole d'essais pour la Cinealta est identique à celui de la Viper, seul l'éclairage de notre charte est plus important, puisque le mégascope sphérique était réglé à

2000 Lux exactement. Nous avons enregistré nos chartes directement sur le magnétoscope HDCAM intégré à la caméra, en 4:2:2 8 bits, et les avons récupérées sur disque dur externe par l'intermédiaire de Mathieu LECLERC à Mikros Images, au format « .dpx ». le traitement qui a suivi reste alors le même sur Photoshop CS.<sup>6</sup>

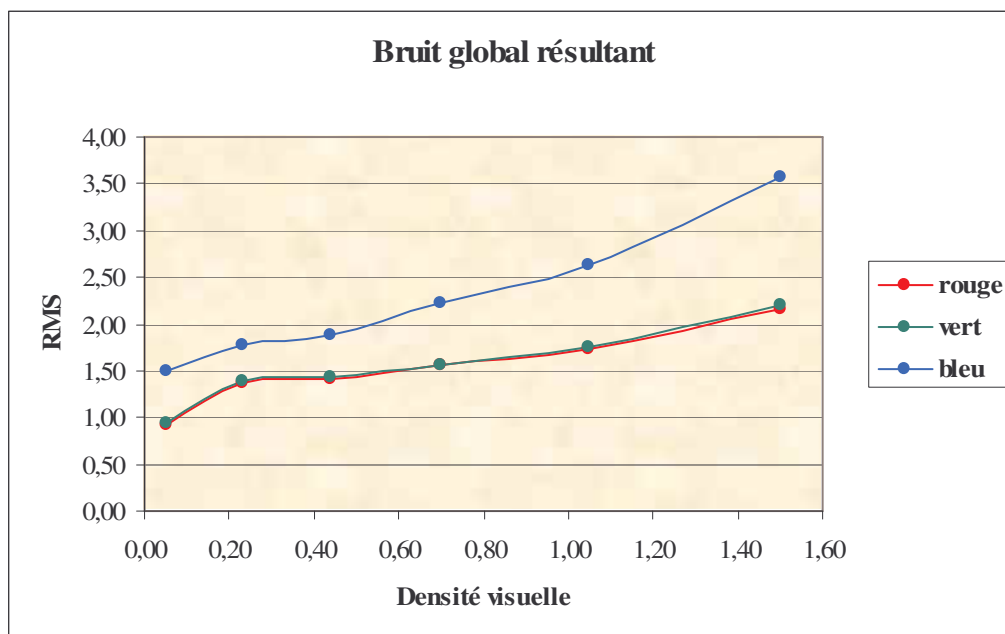


Nous remarquons que l'écart entre le bruit de la couche bleu et ceux des couches rouge et verte est bien plus important que sur la Viper. Le bruit est très hétérogène et le bleu atteint des valeurs presque doubles par rapport aux autres couches, puisque sur la plage « Orange » par exemple, son taux RMS se trouve à 3,11, contre 1,51 pour le rouge et 1,56 pour le vert. Son maximum se trouve sur la plage « rouge » avec un niveau de 4,05, qui peut commencer à se sentir visuellement.

Cependant, nous pouvons voir que le bruit global des couches rouge et verte ne fluctue qu'assez peu selon les teintes et la saturation, mais avec des niveaux plus élevés que la Viper. Nous devons bien considérer alors le mode d'enregistrement de la caméra et la résolution de son capteur. Premièrement, nous avons enregistré les chartes de la Viper en non compressé selon le mode « Filmstream » de la caméra, avec un débit de 2,25 Gbits, contre un mode HDCAM compressé selon un taux de 5 :1 après un échantillonnage en 3:1:1 pour un débit de 142 Mbits. Au vu de la très forte compression de la caméra par rapport aux fichiers raw que délivre la Viper, nous ne pouvons considérer que la Cinealta est la plus bruitée. Afin de mieux pouvoir les comparer, il aurait fallu enregistrer en 4:2:2 sur la Viper. Ce choix n'est pas issu d'un réel parti pris au moment des essais et ne doit pas permettre de conclure trop rapidement sur l'aspect comparatif de nos mesures.

Nous avons alors tracé en fonction de la densité visuelle selon les mêmes plages de gris de la ligne inférieure de la charte, les valeurs de bruit RMS présentées plus haut.

<sup>6</sup> Les résultats obtenus sont disponibles en Annexe 8.



Nous pouvons voir que le niveau de bruit de la couche bleue est bien supérieur à celui des deux autres couches, ce qui a tendance à confirmer le fait que le capteur soit plutôt sensible vers le rouge, qu'aux autres couleurs du spectre visible.

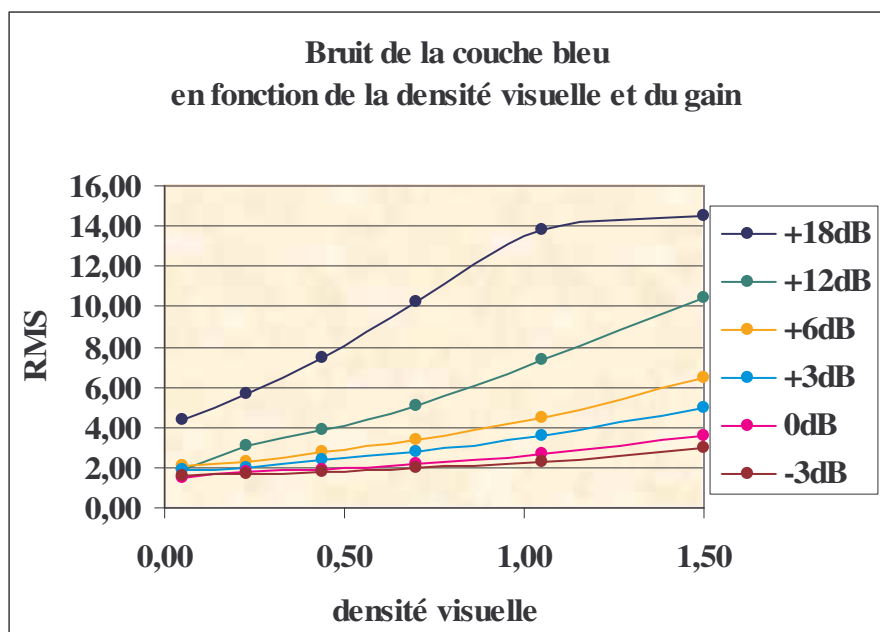
Nous remarquons que les différents niveaux de bruit RMS augmentent en même temps que la densité visuelle des plages. Cela confirme le fait qu'il soit plus visible dans les basses lumières plutôt que les hautes. Nous avons effectué une mesure de référence de ce niveau de bruit en cachant complètement l'optique. Nous obtenons alors des valeurs de bruit de 1,73 pour le rouge et le vert et une valeur de 2,8 pour le bleu. Cela correspond au bruit inhérent à la captation de la caméra et de son enregistrement dans le mode employé lors de notre protocole. Ces valeurs sont en soi déjà relativement élevées, surtout dans le bleu, mais restent encore inférieure à un seuil de perception visuelle, ce qui n'est pas le cas des valeurs relevées sur les plages de la charte de densité 1,05 et 1,5. En effet si nous augmentons considérablement la clarté de ces plages en post-production, nous percevrons un certain fourmillement, plus ou moins acceptable.

Afin de nous conforter dans l'analyse du bruit de la caméra, nous avons effectué un certain nombre de prise de tests en faisant varier le niveau global du gain, à l'aide du sous-menu de la caméra.

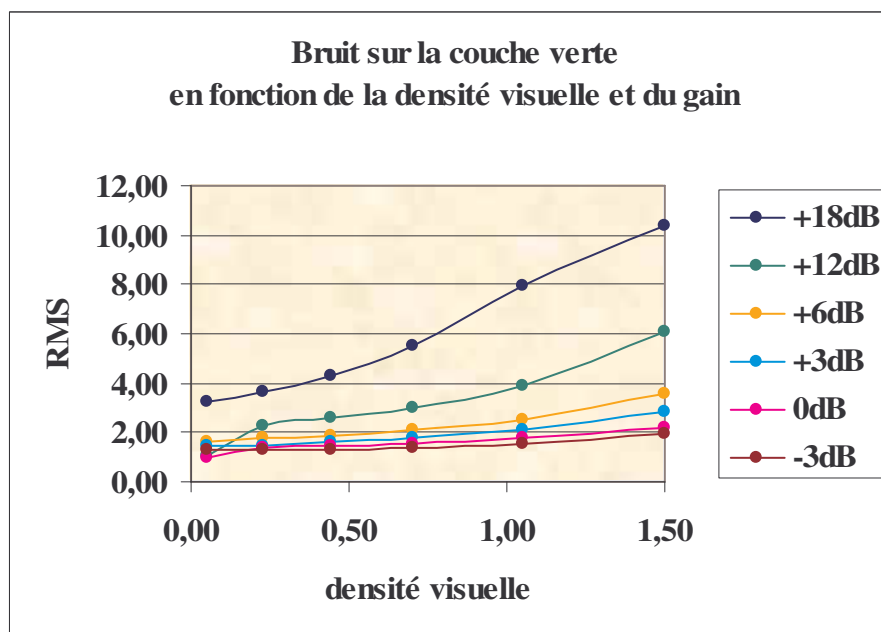
### *Mesures de gain.*

Les mesures de gain se sont effectuées à une valeur d'exposition constante. Nous avons en effet, ouvert le diaphragme pour un niveau de gain de 0 dB, à f/10, correspondant à la mesure de sa sensibilité nominale. Nous avons alors filmé notre précédente charte en prenant cette ouverture comme repère d'exposition. Dès lors que nous avons augmenté ou diminué le gain de la caméra, nous avons compensé directement l'exposition par déduction de notre ouverture de référence, sans s'assurer que le niveau de blanc reste le même, de manière à vérifier la relation +6 dB équivaut à +1 diaph.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Les résultats obtenus et complémentaires sont disponibles en annexe 9.



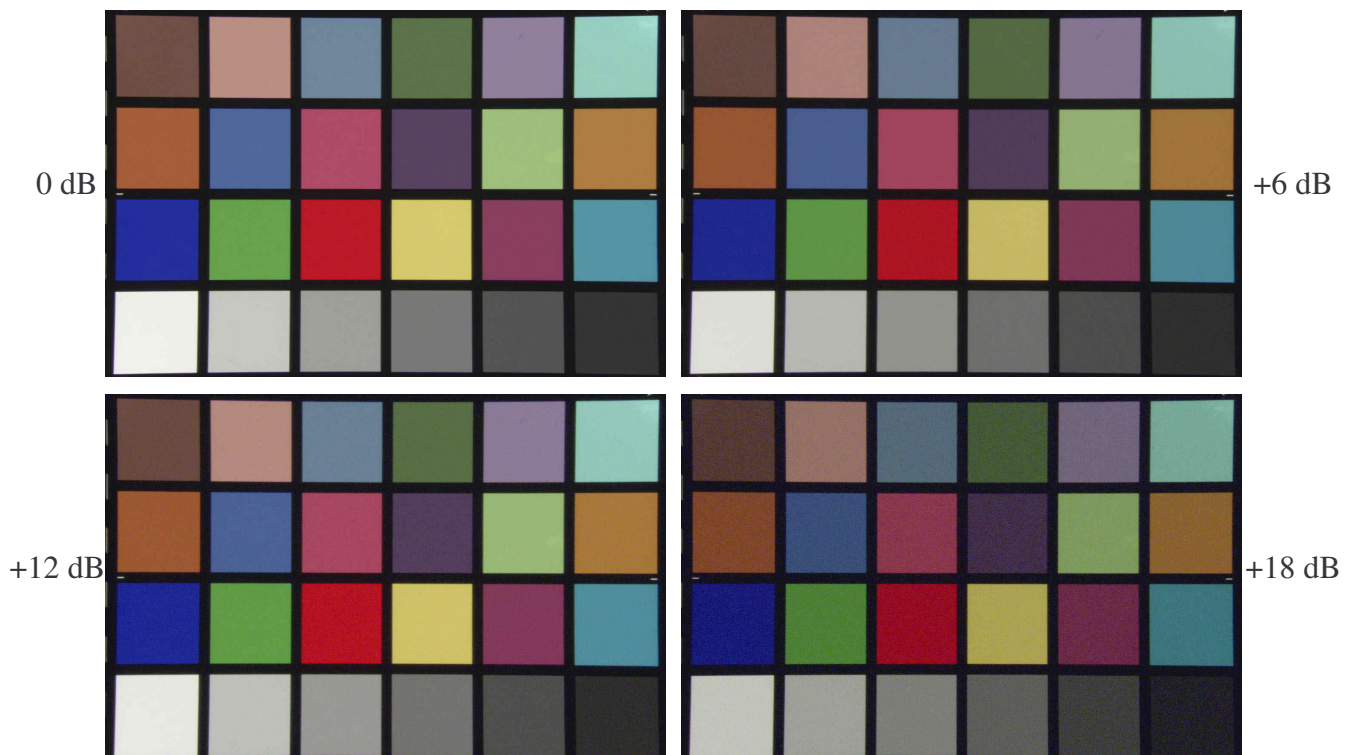
Nous prenons tout d'abord la couche bleue en exemple. Nous remarquons au vu des courbes représentées, que la progression de -3 dB à +12 dB respecte une certaine proportionnalité, contrairement à la courbe à +18 dB qui se détache complètement des autres. Le niveau de bruit augmente presque à chaque incrémentation de +6 dB de 1,5. En effet, les niveaux relevés sur le gris de densité moyenne visuelle 0,7, sont de 1,96 – 2,22 – 2,78 – 3,40 – 5,11 – 10,19 pour chaque niveau respectif de gain. Nous voyons que les niveaux de bruit sont alors assez importants, dès lors que nous atteignons les 12 dB de gain, d'autant plus que la densité visuelle de notre image est importante, ce qui se traduit par un fourmillement très conséquent dans nos basses lumières.



La progression du bruit pour les couches verte et rouge sont quasi superposables en terme de valeur et ont une allure semblable, grandement différente de la bleue. L'allure nous



paraît plus logique dans le sens où même si le niveau de bruit à +18 dB se détache aussi clairement, il existe une certaine proportionnalité sur l'ensemble des plages neutres, que nous ne retrouvons pas dans la bleue. De plus, leurs niveaux respectifs sont bien inférieurs à ceux de la couche bleue pour les mêmes densités visuelles : là où le bleu présente un niveau RMS de 10,19 par exemple, le vert est à 7,92 et le rouge à 7,32. Nous voyons donc ici que les suppositions énoncées précédemment sont justifiées dans le fait que le bruit de la couche bleue est beaucoup plus élevé que celui des deux autres couches. Cela se traduit alors par une différence de teinte essentiellement dans nos ombres, mais perceptible sur l'ensemble de l'image. Nous pouvons aussi voir qu'une réduction du niveau de gain à -3 dB peut être intéressante dans la mesure où elle permet d'affiner notre signal, mais que dans la pratique, le niveau de bruit n'est pas tant réduit, alors que la perception que nous en avons est bien supérieure. Une étude physiologique intéressante permettrait en effet d'étudier de façon plus précise le ressenti visuel selon la progression du bruit, ce que nous ne pourrions pas développer ici.



### *Conclusion.*

Nous avons donc vu que le bruit des différentes couches pouvait extrêmement varier, pour un même niveau de densité visuelle et de gain (paramétrable). De plus, l'augmentation du niveau RMS mesuré sur chacune des plages ne correspond pas à une progression linéaire en fonction de la densité. Nous avons toutefois confirmé la dominante bleue générée par un niveau de gain plus important que pour les autres couches, et nous tacherons de la vérifier au travers de nos essais filmés. Il en résulte de plus une vérification de l'importance de l'échantillonnage et de la résolution du capteur dans la perception et la quantification du niveau de bruit d'une caméra, même si nous ne pouvons considérer que ces deux exemples sont représentatifs de l'ensemble de leur gamme respective.

## *2°) Prises de vues réelles.*

### **Découpage.**

Dans un premier temps, il ne fut pas question pour moi de réaliser quelque chose de narratif ou de scénarisé. Les plans dont nous allons parler correspondent à un ensemble de tests réalisés en conditions de lumière naturelle non compensée, ni rééclairée. La contrainte imposée par un tel parti-pris résulte d'une recherche de difficulté majeure dans l'obtention d'une exposition cohérente, pour une condition de prise de vues non « maîtrisable ». De cette façon, nous partons du principe que selon les résultats que nous allons obtenir, la méthode sera applicable ou non dans des conditions de prise de vue plus confortables, dans lesquelles l'opérateur aurait la possibilité de contrebalancer un soleil au zénith par exemple, qui reste un facteur déterminant de l'exposition en extérieur. Ce travail ne consiste pas tant à tester les rendus d'image que les caractéristiques propres à la Sony HDW-F900. En effet, il s'agit plutôt de voir l'application pratique réelle des particularités sensitométriques de notre caméra, telles que son contraste, sa dynamique, son piqué, sa colorimétrie et son niveau de bruit, dans des conditions d'exposition évolutives.

Ainsi, avant tout enregistrement, nous avons effectué un certain nombre d'itérations d'après la valeur de sensibilité de la caméra, que nous avons déterminé au sein de Panavision-Alga-Techno, à partir de la première méthode expliquée précédemment (cf. p 94-95). Après avoir installé la caméra en extérieurs, nous avons pris différents repères de diaphragme correspondant en lumière incidente à un positionnement relatif par rapport à la caméra et à la source principale (le soleil). Nous en avons conclu que quelques soient les conditions de prise de vues et la position du soleil, nous devrions « poser » pour la valeur indiquée par notre cellule réglée à 320 EI, lors d'une mesure en direction de notre source principale. Cela veut dire qu'indépendamment de notre situation géographique par rapport à celle du soleil, nous posons pour la valeur donnée par notre cellule lorsque son hémisphère est dirigée vers celui-ci. Cela se traduit le plus souvent par une tolérance de surexposition qui varie selon le temps entre 1 ½ diaphragmes et 2 diaphragmes, ce que nous illustrerons par la suite.

L'ensemble des tests projetés se découpe en cinq phases différentes à la manière d'un cahier de bord. Ces cinq séquences correspondent à des moments différents de la journée, induisant une nature de lumière, une colorimétrie, un contraste, et une intensité lumineuse différentes. Pour chacune des phases, un plan est pris en référence (souvent en début de séquence), sur lequel nous reportons les valeurs de contraste mesurées simultanément à l'aide de notre spotmètre PENTAX. Un carton introductif permet de présenter le lieu et l'heure de tournage ainsi que le diaphragme mesuré en lumière incidente, autrement dit, notre valeur d'exposition.

Nos essais démarrent sur le Port de Caen, vers 10h30. Le diaphragme mesuré par notre cellule était de 32 (soit 15 EV, au spotmètre). Le photogramme suivant nous indique alors les valeurs de contraste mesurées au moment de la prise de vues, aux variations de fausses teintes près.<sup>8</sup> Nous avons pu constater sur l'image un rendu délavé des couleurs et un sentiment de « mou » concernant l'ensemble des premiers plans. Cela vient de l'emploi d'un filtre polarisant dont l'absorption totale a été trouvée à 2 diaphs. Son usage, qui relevait davantage de la densité neutre que d'une réelle polarisation de la lumière, nous a provoqué une légère dispersion de la lumière à l'entrée de l'optique. Celle-ci n'ouvrant qu'à 16, il n'était donc pas possible de poser sans le filtre, à la valeur mesurée. Par la suite, nous avons

---

<sup>8</sup> celles-ci ont en effet induit une sous-exposition allant de 1 à 1 ½ diaph, puisque nous faisons toujours notre mesure d'exposition en plein soleil, lorsque celui-ci était dégagé de tout nuage.

préférait utiliser les densités neutres intégrées à la caméra plutôt que le polarisant afin de regagner un certain « piqué ».

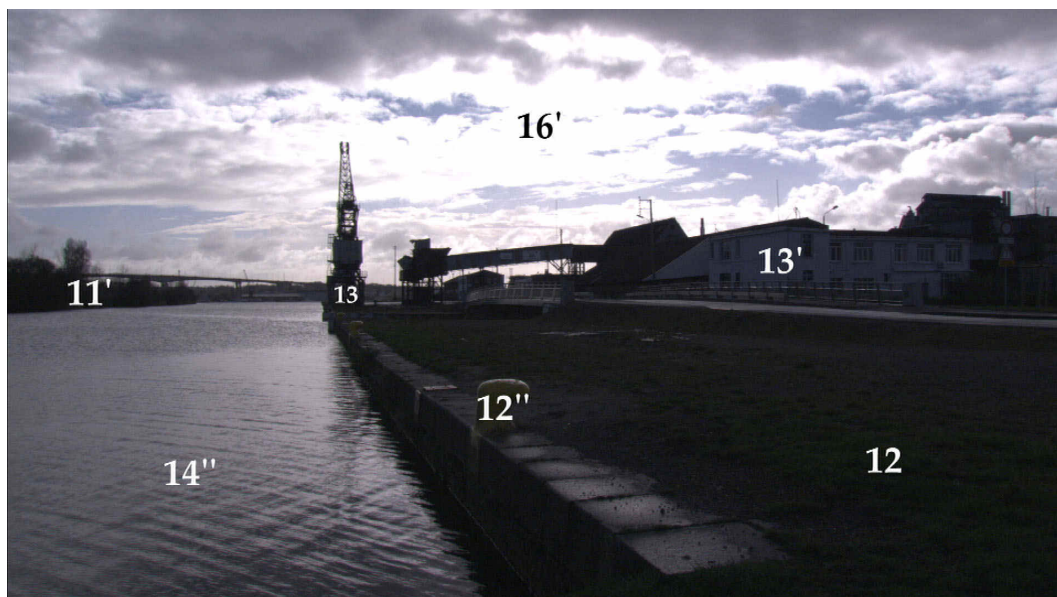


Fig. III.1a – Report des valeurs de contraste sur le premier plan filmé sur le Port de Caen, vers 10h30, avec une ouverture de 16 filtrée.

Directement extraite du montage final, nous pouvons voir que la scène représentée n'excède pas 5 diaphs de latitude, malgré le fort contre-jour qui la structure. Les nuages sont à peine à plus de 1½ diaphs au-dessus de notre valeur de pose, et ne sont absolument pas écrêtés sur l'oscilloscope. Il en résulte une sensation de sous-exposition assez conséquente sur l'ensemble de l'image, en raison de la présence imposante des basses lumières dans le cadre. Cela peut malgré tout assez facilement se retravailler en post-production, si nous souhaitons par exemple rehausser les gris moyens, sans trahir la sensation de contre-jour en décollant excessivement les noirs profonds.

Nous avons ainsi procédé à un certain nombre de contre-jours, semblables à celui-ci mais pour des moments distincts de la journée. Le résultat varie globalement peu dans l'impression de sous-exposition. Celle-ci reste à bien tempérer dans la manière dont nous appréhendons la scène, puisqu'elle relève autant de la composition du cadre que du contraste réel de la scène filmée. Nous avons pu en effet tourner un panoramique vertical descendant sur un arbre en contre-jour au pied duquel un homme se repose, lorsque le soleil était au plus haut. Alors que nous n'avons pas « débouché » à la face le personnage, celui-ci ne paraissait pas sous-exposé pour une valeur de plan très large. L'arbre qui prenait proportionnellement plus d'importance nous a paru plus dense, bien que les valeurs de densités relevées au spotmètre ne les différenciaient que d'un tiers de diaphragme. Cela veut dire que l'impression que nous pouvons donner au spectateur est assez proche de la perception réelle. En effet, lorsque nous regardons une forte source lumineuse, ou dans sa proche périphérie, les objets qui se juxtaposent en contre-jour dans notre champ visuel sont perçus comme très denses, alors que ces mêmes objets pour un éclairage égal, nous paraissent bien plus clairs en l'absence de cette même source. Nous devons cependant préciser que le pompage de l'optique employée a bien évidemment été vérifié et que le résultat à l'écran n'est que peu ou pas influencé par ce phénomène.

Ces conditions de tournage sont intéressantes dans la mesure où elles sont extrêmes. Nous avons alors voulu comparer selon ce principe de mesure de la lumière des champ-



c/champ afin de voir les différences perceptives que cela induit. Les deux photogrammes suivants nous l'illustrent.



Fig. III.1b – Champ-c/champ posés à la même valeur, pour une mesure de la lumière identique.

De manière à nous concentrer sur notre sujet, nous ne discuterons que les résultats induits par une valeur d'exposition identique pour des axes de prises de vues différents selon la position relative du soleil, à un moment donné. Là encore, le contre-jour présente les mêmes valeurs de contraste que le premier plan sur le port. Nous remarquons que l'impression de sous-exposition est bien constante, mais que le ciel n'est toujours pas écrêté, avec un certain niveau de détails dans les nuages, comme à l'avant plan. Le contre-champ, qui est en fait à 150° par rapport au premier axe de prise de vues présente un éclairage tout à fait convenable et un sentiment de clarté qui respecte les conditions de prise de vues. De nouveau, aucune valeur n'est écrêtée. Il se pose alors un problème de raccord entre les deux. L'œil du spectateur, qui se concentre certes d'ordinaire sur les parties claires de l'image, ne peut accepter la moindre continuité entre les deux en terme de luminosité ambiante, outre l'absence physique d'un repère spatial. Dans le cadre d'une production il serait donc intolérable qu'un opérateur juxtapose deux plans dont les rendus diffèrent autant. Cela illustre bien la subtilité, souvent mal comprise, qui se cache derrière le fait que la HD ait une plus grande sensibilité que la pellicule dans les basses lumières. Cette sensibilité se traduit dans la pratique, par un certain niveau de détails dans les ombres que la pellicule ne restitue

pas. Cela ne veut pas dire que pour une exposition donnée, cet écart en terme de densité se trouve être plus clair qu'en pellicule. Il ne faut pas oublier que le gamma de notre caméra n'est pas linéaire, contrairement à la pellicule, dès lors que notre sous-exposition n'excède pas les 5 diaphs par rapport à un gris à 18 % posé aux valeurs du LAD. Du coup, le gain de détails ne sous-entend pas que l'impression globale de l'image en soit plus claire. C'est pourquoi, la prise de vues HD nécessite tant de précaution en terme d'exposition et notre contre-jour présente un rendu finalement peu satisfaisant et difficilement raccordable. Nous comprenons donc que pour récupérer dès la prise de vues un certain éclairage des éléments en contre-jour, sans pour autant en trahir l'idée, il nous aurait fallu un débouchage relativement conséquent à la face.

L'ensemble des plans tournés lors des trois séquences suivantes confortent très largement les observations que nous venons d'émettre, et ne présentent pas d'intérêt supplémentaire à être analysés. Notre dernière partie concerne par contre des prises de vues nocturnes qui s'avèrent être plus délicates mais aussi plus fiables. Encore une fois, nous avons cherché une situation extrême d'éclairage.

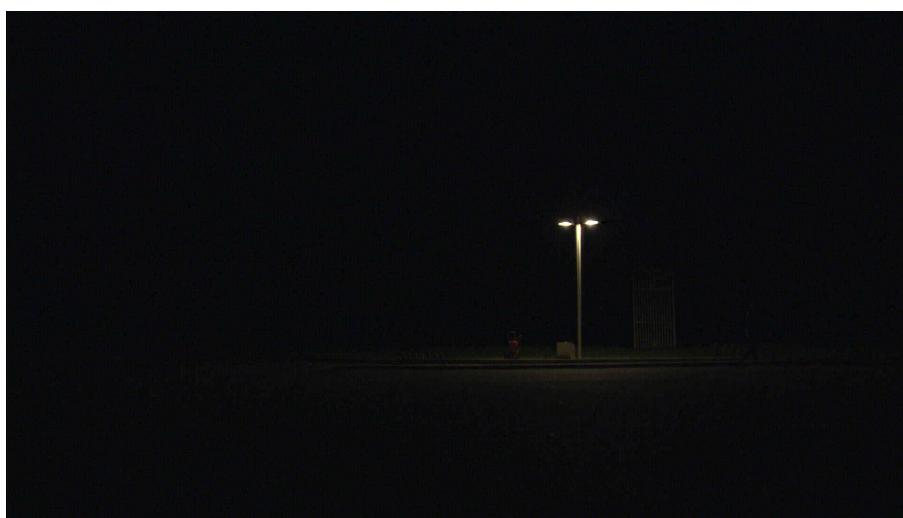


Fig. III.1c – Eclairage minimaliste sur une aire d'autoroute.

Ce plan fut tourné sur une aire d'autoroute entre Beuilliers et Rouen sur l'A13, vers 23h00. Notre cellule ne nous fut d'aucun secours puisqu'en raison du faible éclairage au pied du réverbère, nous n'avons obtenu aucune mesure. Toutefois, le spotmètre nous a mesuré la lampe à 6 EV. Nous avons alors posé le plan à pleine ouverture de l'optique, soit 1,4. Il en résulte certes une densité générale importante, mais un certain nombre de détails apparaissent encore alors que l'éclairage n'était pas quantifiable. Si le plan heurte d'abord par son abstraction éventuelle, nous pouvons voir à quel point l'éclairage minimum requis par la caméra est faible. Ce genre de situation montre toutefois les limites du principe d'exposition que nous avons tenté de mettre en place. Alors que notre caméra génère un signal et nous transmet une image, notre cellule, elle, ne nous donne aucune valeur d'exposition. Dans ce cas seul un oscilloscope, ou éventuellement un spotmètre, peut nous renseigner sur l'exposition à pratiquer, même s'il est bien rare de rechercher comme ici l'obscurité totale, qui implique de tourner à pleine ouverture.

C'est pourquoi, l'utilisation de la cellule ne peut être cohérente qu'en présence d'un certain niveau de lumière. Son usage se justifie de toute façon par le réglage éventuel de projecteurs ou le dosage en extérieur des rattrapages à faire. Du coup, l'exposition en numérique relève autant de la subjectivité de sa mesure, comme en argentique, et ne peut être fiable qu'en ayant pris connaissance des conditions requises pour sa juste indication.

### **Listes de matériel.**

Afin de tourner l'ensemble de nos essais, nous disposons d'un matériel restreint de manière à bénéficier d'une plus grande maniabilité et d'un certain gain de temps dans l'enchaînement des différentes prises de vues. Nous avons donc :

#### ***Prise de vues HD :***

Caméra HDW-F900 Sony (gracieusement prêtée par Panavision-Alga-Techno)  
Zoom HD Canon 21\*7,5  
Pied et Tête fluide  
Astro 3004, 6'' oscillo-vecteurscope – moniteur LCD  
4 batteries + chargeurs  
1 Follow focus  
1 Porte-filtre 16/9  
2 cassettes HDCAM de 40 minutes.

#### ***Matériel d'éclairage.***

1 kit écran/réflecteur.  
2 lasto lites (blanc/argent et blanc/doré).  
2 petits poly+support+rotules.  
3 pieds Arri U126.  
4 gueuses.  
1 spun.  
1 nid d'abeille.  
CTO et CTB (Full, 1/2, 1/4)

#### ***Valise assistant.***

Cellule de mesure incidente SPECTRA IV  
Spotmètre PENTAX  
Gris à 18%  
Charte de gris  
Verres de visée  
Décamètre  
Table de profondeur de champ Kelly  
Dust off  
Pinceaux  
Maglite (+ piles de recharge)  
Ciseaux  
Tom Pouce  
Tournevis de précision  
Loupe  
Clés Allen



## Pré-réglages caméras.

Nous avons effectué des prises de vues avec une Sony HDW-F900 dont nous avons pré-réglé le menu « Paint » de référence, enregistré comme « Scene File [1] » de telle sorte que :

### < 1 > SW STATUS

FLARE : OFF  
 GAMMA : ON  
 BLK GAM : ON  
 KNEE : ON  
 WHT CLIP : ON  
 DETAIL : ON  
 LVL DEP : OFF  
 SKIN DTL : OFF  
 MATRIX : ON

### < 2 > VIDEO LEVEL

	R	G	B	M
WHITE	0	0	0	
BLACK	0	0	0	0
FLARE	0	0	0	0
GAMMA	0	0	0	0
V MOD	0	0	0	0

FLARE : ON  
 V MOD : ON  
 TEST : OFF

### < 3 > GAMMA

	R	G	B	M
LEVEL	0	0	0	0
COARSE	0.40			
TABLE	Standard 4			

GAMMA : ON  
 TEST : OFF

### < 4 > BLACK GAMMA

	R	G	B	M
LEVEL	0	0	0	34
RANGE	50% ON			
γ LEVEL	0			
γ RANGE	50% ON			

TEST : OFF

### < 5 > SATURATION

SATURATION : 0  
 ON

LOW KEY SAT : 0  
 OFF

### < 6 > KNEE

	R	G	B	M
POINT	0	0	0	-55
SLOPE	0	0	0	-43
WHT CLIP	11	11	11	0
K SAT LVL	0	0	0	0

KNEE : ON  
 KNEE SAT : OFF  
 WHT CLIP : ON  
 TEST : OFF

### < 7 > DETAIL 1

	Master	White	Black
LEVEL	-10		
LIMITER	0	0	0
CRISPEN	0		
HV RATIO	0		
FREQ.	0		
LVL DEP.	0		

DETAIL : ON  
 LVL DEP. : ON

### < 8 > DETAIL 2

FINE DTL : 0  
 OFF

KNEE  
 APERTURE : 0  
 OFF

< 9 > SKIN DETAIL			
SKIN DTL :	OFF		
SKIN GATE :	OFF		
	[1]	[2]	[3]
CH SW	ON	OFF	OFF
GATE	ON	OFF	OFF
PHASE	auto	auto	auto
	0	0	0
WIDTH	30	30	30
SAT	-89	-89	-89
LEVEL :	0	0	0

< 10 > USER MATRIX			
	[-R]	[-G]	[-B]
R-G, R-B	-	0	0
G-R, G-B	0	-	0
B-R, B-G	0	0	-
MATRIX	ON		
PRESET :	ITU-709		
User Matrix :	ON		
Multi Matrix :	ON		

< 11 > MULTI MATRIX	
PHASE :	Standard
HUE :	0
SAT :	0
MATRIX :	ON
PRESET :	ON
	ITU-709
User Matrix :	ON
Multi Matrix :	OFF

< 12 > SHUTTER	
SHUTTER :	ON
	1/50
ECS FREQ :	25 Hz
S-EVS :	OFF
	--- %

N.B. : Nous précisons que le standard du « Multi Matrix » en ce qui concerne la PHASE est : 2 B, 23 B+, 45 MG-, 68 MG, 90 MG+, 113 R, 135 R+, 158 YL-, 180 YL, 203 YL+, 225 G-, 248 G, 270 G+, 293 CY, 315 CY+, 338 B-.

Nous justifions ces partis-pris par la volonté d'obtention du meilleur rendu possible de notre Key Light :

- Les valeurs de notre **White Clip** (P.2 Video Level) sont nulles car nous avons tourné l'intégralité des images sur le Preset de la caméra, sans balance des blancs, avec pour seule référence de blanc, celle prise lors des essais chez le loueur.
- Le **Coarse** réglé à 0.40 a adouci le contraste global de l'image, sans trop toucher à notre signal dans les plus hautes lumières (contrairement à un Hyper Gamma).
- Nous avons monté notre Master **Black Gamma** à 34 de manière à recontraster légèrement nos basses lumières.
- La **saturation** fut réduite de manière à pouvoir tourner dans différentes conditions sans avoir de couleurs trop claquantes.
- Le **White Clip** de notre **Knee** est réglé à 11, 11, 11 de manière conventionnelle, et nous avons mis notre **Knee Point** à -55 avec le **Knee Slope** à -43 de manière à regagner un peu de latitude d'exposition dans les plus hautes lumières, avant écrêtage.

- Le niveau de **Detail** a été mis à -10 pour le **Master**, nous permettant ainsi de gommer en même temps qu'un léger effet de contour, le rendu des teintes chair rarement lisses. Il faut savoir qu'il est préférable de le descendre légèrement en le laissant « ON » plutôt que de l'enlever car des défauts d'aspérités apparaissent dans les zones claires de l'image.
- Le standard sélectionné dans le **User Matrix** est l'ITU-709, de manière à se rapprocher des normes de diffusion européennes. Tant qu'aux autres pré-réglages possibles, ils permettent d'augmenter ou diminuer selon chaque primaire sa propre réponse aux couleurs complémentaires : c'est-à-dire que nous pouvons soumettre notre capteur Vert à une réponse plus ou moins importante selon le contenu de notre lumière en Rouge et Bleu et vice versa.
- Enfin, le **Shutter** (ou obturateur) a été mis au 1/50<sup>e</sup> de manière classique.

### Essais de gain.

Il existe différentes approches possibles dans la recherche d'un certain niveau de gain sur la caméra. Nous sommes toutefois toujours dépendant de l'incrémentation disponible dans les menus, et dont la progression minimale ne va pas en dessous de 3 dB pour les plus restreintes, et 6 dB de manière générale pour les valeurs les plus importantes. Sur la dernière génération de Sony HDW-F900, le gain ne peut excéder +18 dB, comme pour la Viper, à moins d'intervenir directement sur le traitement interne de la caméra.

Certains opérateurs qui essayent de dégrader l'aspect lisse de leur image par l'apparition du bruit, poussent le gain de la caméra au maximum et compensent ensuite la surexposition ainsi induite en fermant proportionnellement le diaphragme. Cette méthode pour le moins radicale a tout de même le mérite d'apporter un maximum de défauts au rendu visuel. Toutefois, cela ne permet aucune modulation en terme de rapport entre la gigue du bruit, son importance et la valeur du plan filmé. De plus, cela interdit toute subtilité dans la recherche d'un niveau de bruit particulier. C'est pourquoi, nous avons décidé d'effectuer une série de tests permettant de mieux rendre compte de la perception visuelle réelle du bruit en fonction du gain généré par la caméra. Il nous paraît bien plus intéressant de déterminer avec justesse le niveau de bruit souhaité plutôt que de considérer que le maximum est forcément le mieux. De la même manière que certains habitués des procédés de rétention de l'argent dans les pellicules usent davantage d'un ENR ou autre traitement argentique équivalent, de façon à pouvoir en doser l'effet, plutôt qu'un sans blanchiment plus radical, nous avons donc soumis notre caméra à des niveaux progressifs de bruit allant de -3 dB à +18 dB. Dans la pratique, nous avons mesuré notre exposition à la cellule de manière à conserver les conditions d'expérimentation. Nous avons alors réglé le niveau de bruit à la valeur souhaitée, puis en avons déduit l'effet sur la valeur d'exposition, en modifiant le diaphragme affiché. Dans le cadre d'un test en chambre noire (qui représente rarement une condition réelle de prise de vues), il est possible à l'aide d'un oscilloscope de prendre un repère visible, comme le niveau d'un certain gris neutre sur le signal, correspondant à l'exposition déterminée à la cellule. Vu que l'éclairage ne change pas, il est très facile d'augmenter le niveau de gain et de le compenser en remplaçant notre gris à sa tension de référence. Cependant, cette méthode présente un risque pour des niveaux de gain trop importants. Le bruit créé en effet une distorsion du signal et peut en brouiller la lecture rendant moins précise la compensation

d'ouverture du diaphragme, en sachant que cette imprécision reste admissible, puisque les gravures des bagues de diaphragme sur les optiques HD présentent elles-mêmes une incertitude que la subjectivité du premier assistant amplifie lorsqu'il s'agit d'évaluer les tiers de diaph !..

Nos essais en extérieurs se sont alors fondés sur le tableau suivant :

**Tableau de correspondance  
entre la sensibilité, le gain et les filtres neutres intégrés à la caméra.**

<b>Gain Filtre</b>	<b>-3 dB</b> -1/2 diaph	<b>0 dB</b>	<b>3 dB</b> +1/2 diaph	<b>6 dB</b> +1 diaph	<b>12 dB</b> +2 diaphs	<b>18 dB</b> +3 diaphs
<b>Clear</b>	<b>250</b>	<b>320</b>	<b>500</b>	<b>640</b>	<b>1250</b>	<b>2500</b>
<b>1/4 ND</b> 2 diaphs	<b>64</b>	<b>80</b>	<b>125</b>	<b>160</b>	<b>320</b>	<b>640</b>
<b>1/16 ND</b> 4 diaphs	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>160</b>
<b>1/64 ND</b> 6 diaphs	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>40</b>

L'intégralité des mesures s'est effectuée à la valeur de sensibilité servant de référence depuis le départ, soit 320 EI. Le plan pris en exemple ci-dessous pour nos essais de gain correspond au tout premier plan sur le port de Caen, de manière à conserver un repère en termes de contraste et de dynamique, puisque les valeurs nous sont connues.



Suite à nos différents tests sur la charte Esser de type McBeth, nous avons décidé de compenser l'ouverture du diaphragme à partir de l'oscilloscope, de manière à nous garantir le plus possible une impression d'exposition équivalente pour chaque niveau de gain. Nous pouvons donc remarquer que cette impression fonctionne assez bien, puisqu'il en résulte une perception visuelle de la densité globale assez fiable.

Ensuite, nous confirmons par ce test que de manière globale l'amplification du gain n'est pas perçue par l'œil comme un phénomène linéaire, puisqu'elle n'est pas proportionnelle au niveau de gain réel. En effet, la montée du bruit à +6 dB se fait relativement sentir, celle à +12 dB semble un peu plus intense, alors que celle à +18 dB est pour le coup très forte. Nous trouvons deux raisons à cela. Premièrement, le fourmillement est tel que la gêne occasionnée est considérable, le bruit est vraiment très présent à l'image. Puis, nous pouvons remarquer une distorsion chromatique cyan de l'image enregistrée. Le choc visuel n'en est que plus important dans la transition entre les deux niveaux de gain. Cela est plus ennuyeux, car si nous souhaitons faire raccorder deux niveaux de gain ensemble, l'étalonnage consistera d'abord à compenser la dominante colorimétrique apportée par le gain. Les raisons n'en sont pas évidentes dans la mesure où nos précédents tests montraient une dominante bleue incontestable, alors qu'ici le niveau de vert semble s'y mélanger. Même s'il est logique que le gain ne fasse qu'amplifier des écarts conséquents de bruit entre les différentes primaires, il n'en va pas de même dans l'apport de distorsion de la couche verte. Nous avons vu précédemment que le niveau de bruit dans le vert était supérieur à celui du rouge de l'ordre de 0,5 à 1, ce qui sous-entendrait qu'un tel écart pour des zones de l'image dont la densité visuelle est supérieur ou égale à 1, deviendrait visible. Cette dominante qui n'était pourtant pas perceptible sur la charte, certainement en raison de la saturation des différentes plages, en montre les limites.

De plus, nous pouvons aussi voir que l'apport informatif est bel et bien relatif, selon le niveau de gain généré. En effet, alors qu'un niveau égal à +12 dB nous apporte encore un certain détail dans l'image, répartis dans une fourchette de gris neutres plus ou moins large, un niveau de +18 dB génère une dégradation physique de l'image et de son information. Une nouvelle fois, nous nous rapprochons des caractéristiques propres à la granularité, qui font qu'à partir d'une certaine valeur limite (entre +12 et +18 dB) le bruit prend le pas sur le contenu informatif qu'il est censé apporter.

C'est pourquoi, la subtilité du dosage du bruit dans l'image et la détermination d'une valeur limite selon les effets recherchés sont nécessaires, si nous souhaitons toujours pouvoir maîtriser la texture et la nature de notre image, comme ses différents raccords.

### **Signal, étalonnage numérique et projection.**

Nous avons recherché par les différents tests précédents à obtenir une image qui nous convienne le mieux, tout en nous garantissant une certaine assurance dans l'établissement de son exposition. Cela ne sert en réalité qu'à soigner le signal que nous génère la caméra proportionnellement à l'image que nous enregistrons. Nous avons vu les différents paramètres déterminants de la prise de vues en numérique et leur importance tant au niveau du rendu, que dans la pratique même. Notre démarche nous a alors garanti les possibilités d'un étalonnage avec une assez grande latitude, permettant de rattraper la sous-exposition éventuelle de certaines parties de l'image. Notre philosophie première étant de s'approprier les outils de prise de vues, il n'était alors pas réellement question d'avoir des partis-pris esthétiques, si ce n'est de s'en donner les moyens à des fins de productions postérieures.

Toutefois, dans un second temps, la précision et la rigueur de l'exposition doivent être telles que l'opérateur soit sûr de l'image qu'il enregistre, et que son rendu final sur grand écran ne vienne pas tant d'un travail de post-producteur, que de son élaboration sur le plateau. Car, *« malgré les grandes facilités de retravailler l'image en post-production, et les possibilités offertes au moment de l'étalonnage, une image se fait toujours sur le plateau. Elle se construit en fonction de ce que l'on ressent, des émotions du moment, de notre état d'esprit, de l'ambiance qui règne... Il n'est pas question de faire des images de laboratoire. On ne construit pas une image six mois plus tard. Alors il faut laisser le moins de place possible à l'étalonneur. Il faut faire en sorte que les indications d'étalonnage soient si précises que s'il va trop loin, cela desserve la nature même de notre image et que s'il intervient trop, cela introduit une distorsion technique qu'il faut réduire. Son rôle doit se faire autre. »*<sup>9</sup> Les méthodes d'exposition que nous avons énoncées doivent servir à aller dans ce sens, car il est certain que la place de l'étalonneur prend actuellement de plus en plus d'importance dans la chaîne de production et de post-production de l'image d'un film. Et nous savons de moins en moins si le résultat projeté provient de l'opérateur ou de l'étalonneur qui a tenté de compenser les erreurs de la prise de vues.

C'est pourquoi l'étalonnage est autant une ouverture possible de cette méthode d'exposition qu'une restriction des effets voulus, selon que l'opérateur gère les caractéristiques sensitométriques de la caméra, ou qu'il les néglige. Il s'agit en fait de se donner personnellement la plus grande latitude possible, sans qu'elle puisse nous desservir en post-production. Par cette méthode, nous ne disons donc pas qu'il faut enregistrer une image qui soit la plus neutre possible, mais qui corresponde au plus près aux intentions de la mise en scène et de la lumière. L'étalonnage permet de tellement retravailler l'image, qu'il faut s'en assurer l'aboutissement final, et pour cela, personne ne peut remplacer l'opérateur.

Un autre facteur essentiel concerne la projection. En effet, c'est par elle qu'une étude approfondie de la chaîne de traitement de l'image numérique doit commencer. Il n'est pas possible de considérer les outils de captations sans prendre en considération le support final de visionnage de nos images. De la même manière que les tirages de certaines copies se font parfois en fonction de la manière dont est calibré le projecteur de certaines grandes salles, la normalisation du DCI, qui reste encore assez vague en termes de colorimétrie, de contraste et très tolérante encore sur le rendement lumineux, doit permettre à l'opérateur de mieux contrôler le rendu final de l'image qu'il souhaite voir projetée.

---

<sup>9</sup> Propos d'ANGELO Y., entretien personnel du 27 avril 2006.



### 3°) Conclusions.

#### Aspects techniques et métrologiques.

Les quelques aspects techniques que nous avons pu aborder ne dépassent pas les compétences que chaque opérateur possède. Il n'a pas été question pour nous d'établir une rigueur cartésienne, si ce n'est une méticulosité permettant aux praticiens d'éviter de trop importantes erreurs, au moment de l'évaluation de leurs outils de prise de vues. Les moyens à mettre en œuvre sur les tournages qui requièrent le support numérique sont fréquemment bien plus lourds dans la pratique que ceux que nécessite le film. Un opérateur qui n'aurait alors pas les moyens physiques de s'encombrer d'un cheminement (*workflow*) ingérable selon les conditions et lieux de tournage (forêt amazonienne, désert, pôle nord, etc.) doit pourtant être sûr que ce qu'il enregistre est conforme à ses désirs. Ce genre de tests préalables sert justement à éviter par des moyens techniques limités des erreurs d'exposition irrémédiables, en même temps qu'ils obligent l'opérateur à s'investir dans une accommodation visuelle des caractéristiques propres à sa caméra.

De plus, les méthodes de détermination de sensibilité et de qualification du bruit que nous avons ici étudiées sont abordables par le plus grand nombre. Les outils nécessaires étant plus que restreints, puisque a priori chaque opérateur possède un appareil de mesure lui servant à déterminer son exposition dans le cas d'un tournage en pellicule, que ce soit une cellule ou un spotmètre, les loueurs peuvent mettre à disposition les appareils complémentaires servant à la visualisation du signal et de l'image. D'un point de vue pratique, l'expérience ne requiert pas beaucoup de temps, puisque avec un matériel disponible et parfaitement mis en place, un opérateur peut trouver en moins d'un quart d'heure la valeur de sensibilité de sa caméra pour différents types de réglages possibles (contraste, gain, etc.).

Enfin, les mesures de bruit que nous avons effectuées ne sont ni conventionnelles, ni réglementées, mais correspondent à une façon subjective d'appréhender et de quantifier d'après l'histogramme de chaque image, le fourmillement inhérent à différents niveaux de gain. Je pense que cela peut donc faire un lien étroit entre les indications données par les fabricants, les valeurs mesurées par l'opérateur ou son assistant et la perception visuelle du bruit. L'opérateur disposerait alors de trois repères : un premier purement théorique, le rapport S/B donné par le fabricant, et qui est difficilement rattachable à quoique soit de perceptif (surtout quand nous voyons des rendus d'image très différents pour des caméras dont les rapport S/B sont donnés à la même valeur), un second plus proche d'une quantification réelle du bruit image, celui donné par l'histogramme (dès lors que la conversion d'images en quelque format que ce soit ne subit pas d'autre compression que celle de son enregistrement lors du transfert sur disque dur, de manière à conserver l'éventuelle linéarité dans la progression du bruit sur l'ensemble des fichiers) et un troisième qui correspond à la corrélation subjective de l'opérateur entre ces valeurs et la perception qu'il en a. Je pense d'ailleurs que cela peut s'appliquer dans la pratique à la manière d'un choix esthétique concernant les traitements de rétention de l'argent en pellicule. De la même façon qu'il peut être relativement peu intéressant de ne connaître que des pourcentages d'ENR sur une image en particulier, il s'agit d'obtenir visuellement le rendu que l'opérateur souhaite, et d'en faire ensuite une corrélation avec les valeurs de bruit mesuré. Ainsi, dans le cas d'un éventuel non retour vidéo sur le tournage, l'assistant saura parfaitement que pour raccorder d'un plan à l'autre lorsque les niveaux de bruit varient selon les séquences que l'opérateur souhaite obtenir tel type de rendu et que cela correspond à un niveau de bruit, donc de gain précis. Car il ne faudrait pas croire que les meilleurs raccords entre différents plans se font à niveau de bruit égal. De la même manière qu'un opérateur fait varier d'un axe à l'autre la

dureté d'une diffusion, selon qu'il filme l'actrice ou l'acteur de face lors d'un champ/c-champ, il serait en effet erroné de penser que dans une même séquence le niveau de bruit reste indépendant du sujet filmé et de la valeur de plan.

C'est pourquoi, ces mesures ne sont que des outils éventuels permettant de mettre en corrélation des souhaits purement esthétiques de l'opérateur avec des réglages pratiques de la caméra. Elles ne nécessitent d'ailleurs pas de moyens particuliers, si ce n'est la possibilité de traiter graphiquement les images plus ou moins bruitées de référence.

### Aspects pratiques.

Nous avons abordé tout au long de ce mémoire différents aspects de l'exposition en numérique. L'expérimentation personnelle que j'en ai faite m'a partiellement conforté dans la possibilité d'utiliser la cellule comme appareil de mesure de la lumière selon les cas, avec un avantage certain qui est que l'opérateur conserve son indépendance par rapport à la « régie » du plateau. Ceci me semble très important, car si nous imaginons par exemple un « Master Shot » au SteadyCam, l'opérateur, pour obtenir une mesure fiable de la lumière et de son contraste, doit attendre la répétition intégrale du plan pour visualiser en temps réel son exposition. Pour peu qu'il ait différents réglages à opérer, cela veut dire qu'il nécessite plusieurs répétitions pour affiner sa lumière. Ce qui semble très vite ingérable sur un plateau. Alors qu'avec sa cellule, il peut déjà régler l'intégralité de ses projecteurs, sans se soucier de la caméra dont il a assimilé la réponse au travers de ses mesures. En plus d'un gain énorme de temps, l'avantage est que les indications délivrées par celle-ci sont le plus souvent bien connues par l'opérateur lui-même, contrairement à l'interprétation du signal. Il y a alors pour des opérateurs novices vis-à-vis du support une plus grande facilité d'adaptation, puisque leurs méthodes de travail ne diffèrent pas techniquement ni qualitativement, mais quantitativement. La lumière réside en numérique comme en argentique dans le juste dosage des effets lumineux, et un opérateur qui tourne régulièrement en numérique assimilera aussi rapidement la réponse de sa caméra que celle de n'importe quelle négative.

Toutefois, cette pratique a ses propres limites dans les conditions extrêmes de prise de vues. J'ai vu au travers de mes essais filmés que ma cellule ne m'était d'aucun secours dans une obscurité quasi absolue. Il est vrai que même si le spotmètre, lui, me redonne quelques faibles valeurs sur les zones de pénombre qui se distinguent, l'exposition doit alors se faire sur d'autres repères que simplement quelques rapports de contraste, du fait que le niveau d'une lampe non rattrapée par exemple, nous pousse à écrêter celle-ci pour gagner en détails. Certaines images de *Collateral* nous le montrent d'ailleurs très bien à plusieurs reprises. Il se pose alors une question vis-à-vis du réalisme ou de la vérité apparente de la lumière souhaitée par l'opérateur et le metteur en scène. De cela découlent des partis-pris d'exposition. Dans certains cas, un rattrapage permet de réduire considérablement le bruit, mais a contrario, il peut desservir aussi la narration et détruire un effet voulu. La scène d'extinction du film de Michael MANN en est l'illustration. De l'obscurité naissent la peur et le suspense, sans pour autant que le bruit remette ces sentiments en cause chez le spectateur. Cela reste un choix personnel dont l'opérateur doit débattre et discuter avec le metteur en scène.

Enfin, il se pose le problème du raccord que nous avons perçu au travers des tests filmés en extérieurs, concernant la sous-exposition évidente des contre-jours. L'opérateur doit alors faire un compromis dans ce genre de prise de vues. Le ciel qui raccorde apparemment, trompe globalement le sentiment de continuité. Il faut alors choisir un repère physique stable qui puisse permettre de mieux faire raccorder les deux plans entre eux. C'est pourquoi la prédominance du ciel détermine la valeur d'exposition, car il peut être très frustrant d'avoir en

effet un ciel dominant complètement écrêté dans lequel il semble difficile de récupérer du détail. D'un autre côté, le cadre est très important dans ce type de prise de vues. Comme l'exemple abordé sur *Malabar Princess*, en fonction de l'atmosphère, il s'agit de joueur sur l'exposition. Toutefois, si la balance se fait sur un autre motif que le ciel, cela nécessite un débouchage à la face bien plus important qu'en film. Malgré la latitude qui est certes très importante dans la sous-exposition, c'est sans compter sur la valeur réelle du contraste à ce niveau précis de la courbe. De plus, gagner du détail ne veut pas dire rendre plus clair un gris relativement dense. L'étalonnage qui permet ainsi de regagner du détail dans les basses lumières ne le fait qu'à l'aide de caches ou de filtres qui rehaussent le niveau moyen d'une partie de la courbe. Cela fait alors apparaître des détails imperceptibles autrement, mais avec un certain bruit. Lorsque je parle donc de gagner en détails, il s'agit pour moi de rééclairer la scène afin de pouvoir éventuellement la densifier ensuite. Le rééclairage en prise de vues numérique me paraît être au moins aussi important qu'en argentique pour ces raisons. L'opérateur doit se couvrir au maximum par rapport à ce qu'il souhaite retrouver sur son image finale, sans pour autant trahir ses partis-pris esthétiques. Et la volonté de contraste par exemple doit pouvoir s'obtenir autant à la prise de vues qu'en post-production sans prise de risque évidente.

### Faisabilité et adaptabilité du protocole.

Pour des raisons de temps et de moyens, j'ai bien évidemment été limité dans l'expérimentation. Toutefois, cela ne me semble pas être un réel problème. Mon intention ne consistait pas à être le plus exhaustif possible concernant les différentes caméras, mais plutôt à présenter une démarche qui soit facilement applicable par le plus grand nombre d'opérateurs.

L'ensemble de mes tests et de mes mesures s'est effectué avec des moyens restreints, que les différents prestataires auxquels j'ai fait appel ont améliorés par leur gentillesse et leur disponibilité. Pour autant, l'ensemble des équipements qui m'ont permis d'étudier l'action et la répartition du bruit, ou de mesurer des valeurs cohérentes de sensibilité n'est pas inaccessible à quiconque souhaiterait vérifier par lui-même la pertinence de mes propos. Les loueurs de caméras possèdent en effet majoritairement ces équipements et les mettent à la disposition des praticiens lorsque ceux-ci en font la demande, au moment de la préparation du matériel de prise de vues par exemple. Les méthodes que j'ai employées sont de plus relativement simples et ne reposent sur aucune considération électronique particulière ou purement technologique, qui ne soit en lien direct avec le ressenti visuel. Elles m'ont personnellement permis de m'approprier le matériel de prise de vues, en intégrant partiellement ses caractéristiques sensitométriques.

Ensuite, il m'a paru important d'essayer de montrer que les façons d'appréhender le support de captation ne sont pas tant dues au support lui-même qu'aux intentions que nous lui prêtons. Je pense qu'il faut très largement dépasser le stade de la polémique, et ouvrir son esprit aux différents outils qui s'offrent à nous. Les opérateurs se sont souvent plaints d'un certain manque de liberté ou ont même reproché aux fabricants d'émulsions de proposer des pellicules qui soient de plus en plus semblables. Ces nouvelles technologies permettent de retrouver une certaine liberté d'expression, une personnalité plus démarquée, pour des rendus d'images diversifiés. D'autant que la dynamique offerte par des caméras comme la D20 ou la Genesis permet une facilité de travail largement accrue et très proche du film.

Ainsi, malgré les résultats mitigés quant à leur exposition finale, je pense que l'ensemble des tests filmés reste parlant. Il faudrait certainement critiquer davantage la subjectivité de la mesure de la lumière, ou encore les conditions dans lesquelles ces tests

furent tournés. Il m'intéressait davantage de placer la caméra dans des situations extrêmes pour en évaluer son rendu réel, que de faire des plans à l'exposition plus maîtrisée, qui ne m'auraient pas renseigné sur ses capacités de restitution sur l'ensemble de sa courbe.

Dès lors, il est presque certain qu'aucun tournage convenablement produit ne se ferait de cette manière, mais l'opérateur peut en faire l'expérience et mieux juger par lui-même du rendu visuel de la caméra. De même que pour s'imprégner du rendu d'une émulsion, l'opérateur doit « *maltraiter la pellicule* »<sup>10</sup>, je pense que pour appréhender une caméra numérique, il faut en connaître les limites. Il ne s'agit pas dans un contexte de tests, dont l'interprétation est de toute façon toujours très subjective, comme pour des essais de Keylight traditionnels, de rechercher forcément la meilleure qualité possible, qui reste de toute façon accessible pour le tournage à venir. C'est pourquoi, je pense que de par la simplicité même de ma démarche, celle-ci reste totalement ouverte aux éventuelles appropriations personnelles.

---

<sup>10</sup> HALL C., cf. p. 61.

## Conclusion.

Mon étude a donc regroupé deux aspects distincts mais très étroitement liés de la prise de vues numérique. Premièrement, je me suis attaché à vérifier les méthodes de contrôle et de détermination du bruit et de la sensibilité du support de captation. Ainsi, en analogie directe avec la granularité et la granulation argentique, j'ai donc abordé le problème de la quantification du bruit et de sa propre relativité physiologique. Afin de mieux pouvoir le comprendre et l'assimiler, j'en ai expliqué certaines causes et conséquences tant du point de vue purement technique que plastique. Car de même qu'un opérateur opte pour une texture et une nature d'image particulière en argentique, il doit aussi pouvoir choisir sciemment en numérique le rendu final de son image. De plus, le bruit reste un facteur essentiel incontournable lorsque nous souhaitons pouvoir déterminer de manière sûre une valeur cohérente de sensibilité d'une caméra numérique. J'ai donc regroupé trois méthodes de calcul différentes dont j'ai aussi relativisé la précision en termes de valeur et de rendu. Il ne s'agissait pas pour moi d'être le plus exhaustif possible d'un point de vue purement théorique, mais de proposer aux praticiens qui le souhaitent, une manière de s'adapter le plus simplement à la prise de vues numérique.

D'autre part, j'ai essayé d'aborder un problème de cohérence dans la détermination d'une juste exposition de la caméra à partir des mesures relevées à la cellule et au spotmètre. En me fondant sur les différentes sensibilités spectrales mesurées à la fois sur ces appareils et les capteurs de caméra, j'ai recensé les risques qu'une telle pratique peut induire. Toutefois, je pense qu'elle reste pertinente, dès lors que l'opérateur a bien pris conscience des paramètres de prise de vues et des facteurs déterminant son exposition. Il s'agit donc pour lui d'intégrer, comme il le fait d'habitude en argentique, la courbe de réponse de sa caméra, en assimilant ses caractéristiques sensitométriques. Alors que nous sommes actuellement aux balbutiements de la prise de vues HD, les opérateurs doivent rester maîtres de l'image qu'ils font, en intégrant les limites fondamentales du support de captation. Mon protocole de tests m'a permis d'en saisir les bornes, tout en induisant dès la prise de vues une certaine conscience du résultat final. L'emploi de la cellule me semble d'ailleurs le plus approprié lorsqu'il s'agit de tourner des plans très compliqués, ne permettant pas forcément le nombre de répétitions nécessaires à la détermination et au réglage de l'exposition à partir de l'oscilloscope ou du moniteur étalonné. Ma recherche a donc eu pour but de redéfinir l'application éventuelle de la cellule et du spotmètre dans le cadre d'une prise de vues numérique, en étant tout de même conscient de ses propres faiblesses.

Finalement, j'ai pu à la fois établir une corrélation directe entre les mesures de bruit sur les différentes chartes que j'ai enregistrées lors de ma partie pratique, la valeur de sensibilité que j'ai mesurée sur la caméra et à partir de laquelle je l'ai exposée, ainsi que ma référence d'exposition lors du tournage en extérieur. A mon sens, ces trois aspects sont fondamentaux et forment un ensemble essentiel, que l'opérateur doit assimiler s'il souhaite maîtriser le rendu esthétique final de l'image qu'il donne au film. Cette pratique n'est donc pas si différente de celle dont il a pris l'habitude en argentique, et ne fait que rapprocher les interconnexions évidentes entre chaque support. Un opérateur, par définition, se met au service d'une mise en scène et se doit d'être un minimum ouvert et réceptif au message que véhicule un film. Pour moi, il en va de même avec la technologie. Comme Conrad HALL l'a exprimé, un opérateur doit rester de son temps et évoluer avec son époque. Les polémiques qui naissent des comparatifs influencés par les a priori des praticiens, sont à mon avis, le plus souvent issues d'une certaine mauvaise foi, bien plus que d'une réelle investigation du support et de ses capacités.

Enfin, il me faut ajouter que pour des raisons de temps, je n'ai pu exploiter les résultats concernant l'influence du contraste sur le bruit apparent de l'image. Son étude me semble pouvoir compléter l'ébauche de ce travail, afin de mieux cerner encore les propriétés du support numérique. Puis, il m'aurait paru intéressant de pousser l'étude physiologique concernant l'influence du bruit et de ses effets d'un point de vue psychosensoriel. Une comparaison dans ce sens du grain et du bruit serait très appropriée, de manière à pouvoir s'assurer que nos considérations actuelles sur les qualités intrinsèques de chacun des supports ne restent plus seulement culturelles. Mais là n'est pas la question car « *Une chose est certaine, il s'agit moins de moyens techniques que d'un problème artistique, car la quantité de pixels qu'il y aura sur l'écran importe peu au public. Ce qui importe c'est la qualité du film fini, sa qualité artistique comme son contenu et la manière dont on « expose une histoire »...* »<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> ARONOVICH R., *Exposer une histoire, La photographie cinématographique*, éd. Dujarric, Bayeux, 2003, p114.



Du grain au bruit : vers une sensitométrie numérique ciné.

## **Annexes.**

*Annexe 1. Matrices permettant de passer des primaires RVB aux XYZ.*

**SMPTE-C / NTSC / SMPTE-240M**

<b>X</b>	<b>0,607</b>	<b>0,174</b>	<b>0,200</b>	<b>R</b>
<b>Y</b>	<b>0,299</b>	<b>0,587</b>	<b>0,114</b>	<b>G</b>
<b>Z</b>	<b>0,000</b>	<b>0,066</b>	<b>1,116</b>	<b>B</b>

**ITU-709 / SMPTE 274M & 296M**

<b>X</b>	<b>0,412453</b>	<b>0,35758</b>	<b>0,180423</b>	<b>R</b>
<b>Y</b>	<b>0,212671</b>	<b>0,71516</b>	<b>0,072169</b>	<b>G</b>
<b>Z</b>	<b>0,019334</b>	<b>0,119193</b>	<b>0,950227</b>	<b>B</b>

**EBU**

<b>X</b>	<b>0,429</b>	<b>0,343</b>	<b>0,178</b>	<b>R</b>
<b>Y</b>	<b>0,222</b>	<b>0,707</b>	<b>0,071</b>	<b>G</b>
<b>Z</b>	<b>0,019</b>	<b>0,119</b>	<b>0,95</b>	<b>B</b>

## Annexe 2. Les paramètres des différents formats d'enregistrement.

\* SMPTE Trial publication

Model	HDW-F900	SRW-5000	SRW-1	
Recording format	HDCAM (D11)	HDCAM-SR (D16*)	HDCAM-SR (D16*)	
Product type	Camcorder	Editing VTR	Portable recorder	
Recording mode	—	—	Standard mode	Double speed
Gross data transfer rate	185Mbps	593Mbps	593Mbps	1186Mbps
Net video data rate	142Mbps	440Mbps	440Mbps	880Mbps
Audio	20bit / 48KHz x4 ch.	24bit / 48KHz x12 ch.	24bit / 48KHz x12 ch.	
Tape travel speed	96.7mm/sec	117.6mm/sec	117.6mm/sec	235.2mm/sec
Drum rotation speed	1800rpm	5400 rpm	1800rpm	3600rpm
Max. recording time/tape	50 minutes	50 (S) / 155 (L) minutes	50 minutes	25 minutes
Recording tracks / frame	12	24	24	24 / 48
Tape width	12mm	12mm	12mm	
Track pitch	20 µm	13.2 µm	13.2 µm	
Minimum recording wavelength	0.49 µm	0.29 µm	0.29 µm	
Recording drum diameter	81.4mm	81.4mm	81.4mm	
Number of recording heads	12	8	24	

## Annexe 2bis. Les modes d'enregistrement du SRW-1.

STANDARD Mode		Compression ratio		Recording time / tape	NET Video data rate	GROSS data rate
		4:2:2	RGB SQ			
1920 x 1080	23.98PsF	2.7:1	4:1	50 minutes	351.5Mbps	474.6Mbps
	24PsF	2.7:1	4:1	50 minutes	351.9Mbps	475.1Mbps
	25PsF	2.7:1	4:1	48 minutes	366.5Mbps	494.9Mbps
	29.97PsF	2.7:1	4:1	40 minutes	439.4Mbps	593.3Mbps
	50i	2.7:1	4:1	48 minutes	366.5Mbps	494.9Mbps
	59.94i	2.7:1	4:1	40 minutes	439.4Mbps	593.3Mbps
1280 x 720	59.94P	2.4:1	N.A.	40 minutes	439.4Mbps	593.3Mbps

VARIABLE Mode		Compression ratio		Recording time / tape	NET Video data rate	GROSS data rate
		4:2:2	RGB SQ			
1920 x 1080	1 - 59.94P	2.7:1	4:1	20 minutes+	878.8Mbps	1186.7Mbps

DOUBLE SPEED		Compression ratio		Recording time / tape	NET Video data rate	GROSS data rate
		4:2:2	RGB SQ			
1920 x 1080	23.98PsF	2:1	2.7:1 x2	25 minutes	703Mbps	949.3Mbps
	24PsF	2:1	2.7:1 x2	25 minutes	703.7Mbps	950.3Mbps
	25PsF	2:1	2.7:1 x2	24 minutes	733.1Mbps	989.9Mbps
	29.97PsF	2:1	2.7:1 x2	20 minutes	878.8Mbps	1186.7Mbps
	50i	2:1	2.7:1 x2	24 minutes	733.1Mbps	989.9Mbps
	59.94i	2:1	2.7:1 x2	20 minutes	878.8Mbps	1186.7Mbps

*Annexe 3. Relevé des valeurs indiquées sur les appareils de mesure.*

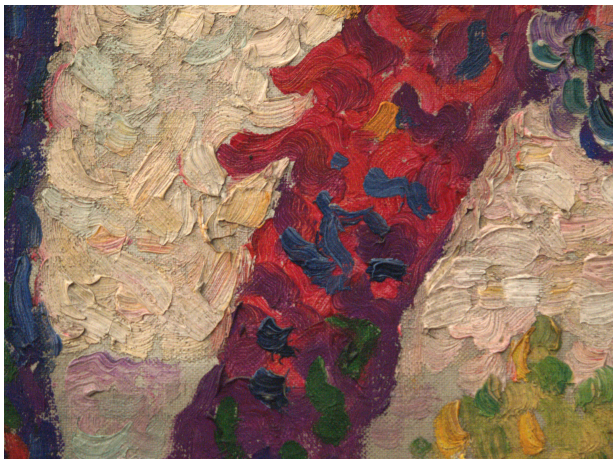
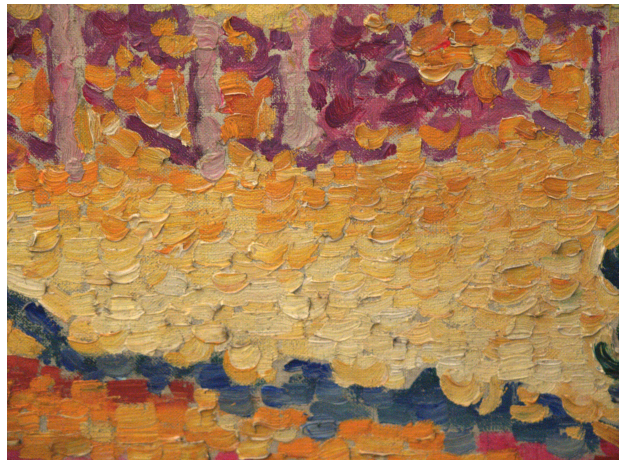
Longueur d'onde en nm	SpectralV		Pentax Digi Spot		Illuminance Minolta T-1M		Minolta Spot		Konica Minolta LS-100	
	Eclairement mesuré en Lux	Echelle relative brute en %	Eclairement en E.V.	Echelle relative brute en %	Eclairement en Lux	Echelle relative brute en %	Eclairement en E.V.	Echelle relative brute en %	Eclairement en Cd.m2	Echelle relative brute en %
380	0	0,00	2,67	38,10	4,12	0,18	2,3	30,26	0,111	0,10
390	0	0,00	2,67	38,14	5,57	0,24	3,9	51,32	0,117	0,11
400	2	1,09	3,33	47,62	7,05	0,31	4,3	56,58	0,126	0,12
410	4	2,17	4,00	57,14	8,16	0,36	4,8	63,16	0,150	0,14
420	8	4,35	4,33	61,90	9,45	0,41	5,2	68,42	0,225	0,21
430	15	8,15	4,67	66,67	11,8	0,52	5,5	72,37	0,460	0,43
440	20	10,87	5,00	71,43	16	0,70	5,8	76,32	1,070	1,00
450	27	14,67	5,33	76,19	25,4	1,11	6,0	78,95	2,545	2,37
460	37	20,11	5,67	80,95	47	2,05	6,2	81,58	5,410	5,04
470	45	24,46	6,00	85,71	96,5	4,21	6,5	85,53	10,300	9,60
480	56	30,43	6,00	85,71	190	8,30	6,6	86,84	17,950	16,73
490	65	35,33	6,00	85,71	340	14,85	6,7	88,16	28,050	26,14
500	81	44,02	6,33	90,48	600	26,20	7,0	92,11	43,820	40,84
510	104	56,52	6,33	90,48	996	43,49	7,1	93,42	62,250	58,01
520	130	70,65	6,33	90,48	1490	65,07	7,5	98,68	81,450	75,91
530	147	79,89	6,67	95,24	1890	82,53	7,5	98,68	95,400	88,91
540	157	85,33	6,67	95,24	2140	93,45	7,6	100,00	103,400	96,37
550	170	92,39	6,67	95,24	2280	99,56	7,6	100,00	<b>107,300</b>	<b>100,00</b>
560	174	94,57	7,00	100,00	<b>2290</b>	<b>100,00</b>	7,6	100,00	104,400	97,30
<b>570</b>	<b>184</b>	<b>100,00</b>	<b>7,00</b>	<b>100,00</b>	2190	95,63	<b>7,6</b>	<b>100,00</b>	102,600	95,62
580	183	99,46	7,00	100,00	2000	87,34	7,6	100,00	95,620	89,11
590	181	98,37	6,67	95,24	1750	76,42	7,6	100,00	81,620	76,07
600	179	97,28	6,67	95,24	1430	62,45	7,5	98,68	66,610	62,08
610	171	92,93	6,33	90,48	1030	44,98	7,3	96,05	52,870	49,27
620	157	85,33	6,33	90,48	820	35,81	7,2	94,74	41,010	38,22
630	138	75,00	6,33	90,48	593	25,90	6,9	90,79	31,760	29,60
640	121	65,76	6,00	85,71	410	17,90	6,8	89,47	24,040	22,40
650	105	57,07	6,00	85,71	275	12,01	6,6	86,84	17,770	16,56
660	92	50,00	5,67	80,95	179	7,82	6,4	84,21	10,680	9,95
670	74	40,22	5,33	76,19	104	4,54	6,1	80,26	4,422	4,12
680	58	31,52	5,33	76,19	50,6	2,21	5,7	75,00	1,147	1,07
690	45	24,46	4,67	66,67	18,7	0,82	5,4	71,05	0,283	0,26
700	35	19,02	4,67	66,67	10,1	0,44	5,1	67,11	0,118	0,11
710	27	14,67	4,33	61,90	6,9	0,30	4,8	63,16	0,087	0,08
720	20	10,87	4,00	57,14	5,3	0,23	4,4	57,89	0,078	0,07
730	15	8,15	3,67	52,38	4,1	0,18	3,9	51,32	0,072	0,07
740	12	6,52	3,33	47,62	3,15	0,14	3,7	48,68	0,065	0,06
750	8	4,35	3,33	47,62	2,4	0,10	3,3	43,42	0,061	0,06
760	6	3,26	3,00	42,86	1,86	0,08	2,9	38,16	0,059	0,05
770	5	2,72	2,67	38,10	1,53	0,07	2,8	36,84	0,056	0,05
780	4	2,17	2,33	33,33	1,35	0,06	2,5	32,89	0,054	0,05



*Annexe 4. Illustrations complémentaires de  
tableaux néo-impressionnistes.*



*Après-midi à Pardigon*  
de H.E.CROSS, 1907.  
65\*81cm.



Photographies personnelles. Musée d'Orsay, 2006.





*Femmes au puit*  
de P. SIGNAC, 1892.  
146\*210cm.

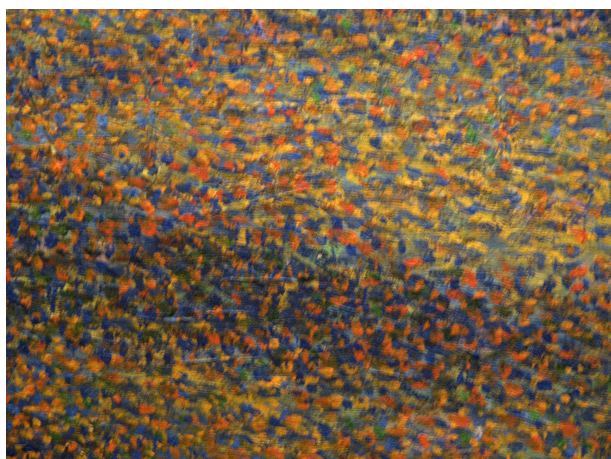
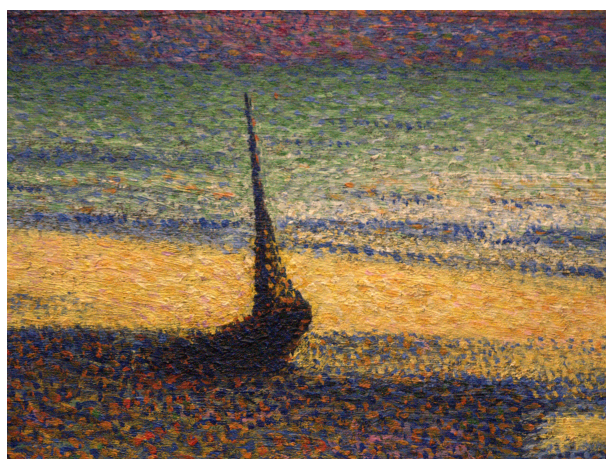


Photographies personnelles. Musée d'Orsay, 2006.





*Plage à Heist*  
de G. LEMMEN, 1891.

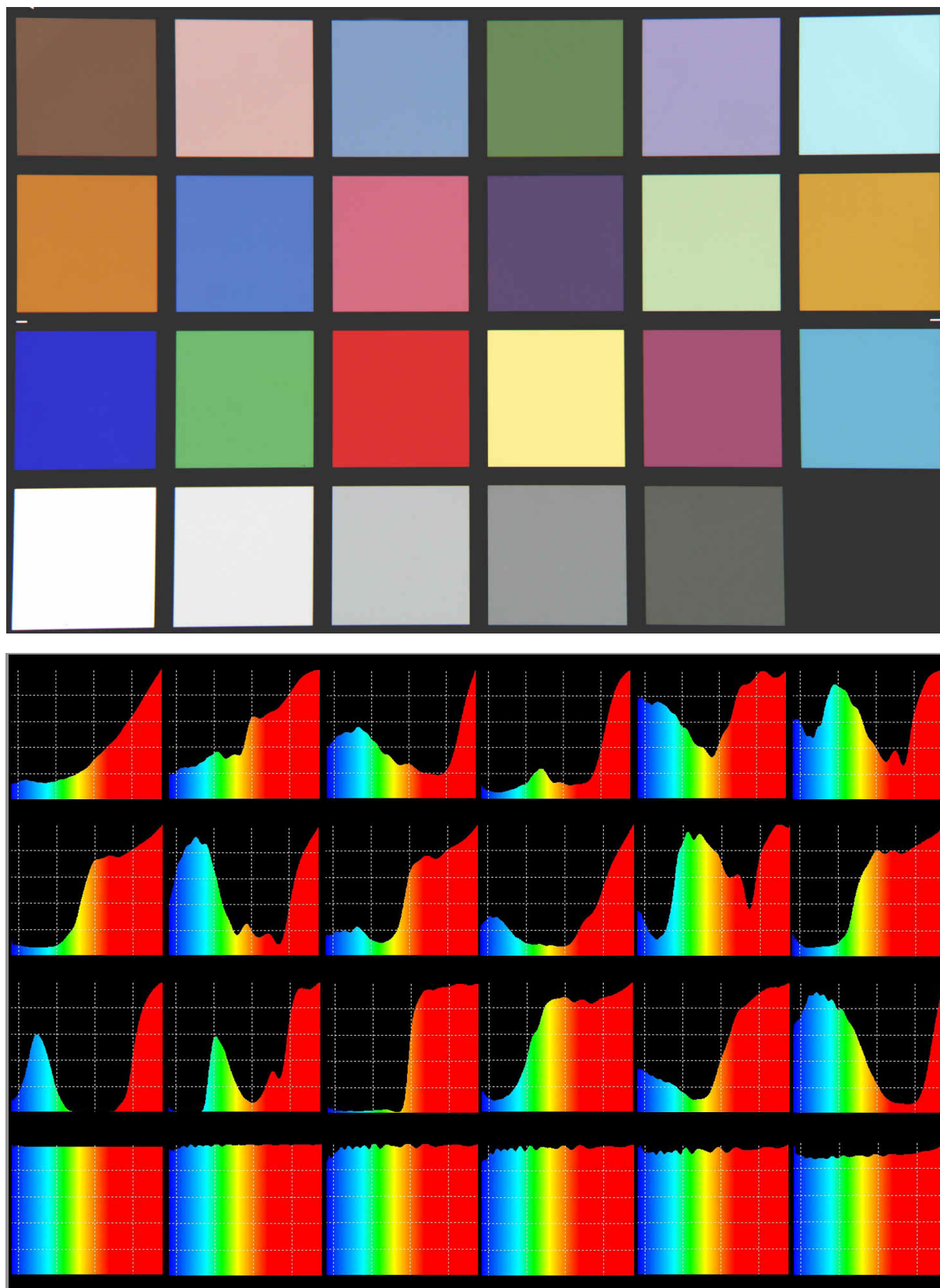


Photographies personnelles. Musée d'Orsay, 2006.

*Annexe 5. Tableau récapitulatif  
des caractéristiques de certaines caméras HD.*

Caméra	Fabriquant	Capteur	Définition	Quantification	Débit en Mégabits/s.	Support enregistrement	Monture objectif	Cadence de p/v / Obturateur	Visée	Sensibilité fabriquant	Observations
D20	Arriflex	CMOS 6,6 Mega Pix S35 - 16/9	3018*2200	4:2:2 (Yuv) 4:4:4 (RGB) 10 bits	10 000 max.	Disque dur HDCAM-SR Mag à Mém. Venom	PL sphérique et scope	24 p 1 à 60 i/s	Réflexe Optique dépoli avec réserve	320 ISO	bruit < 20 dB 7 Kg
HDW F-900	Sony	Tri HAD-CCD 2,2 Mega Pix 2/3" - 0,66	1920*1080	4:2:2 ou 4:4:4 10 bits	142 440	HDCAM(8bits) HDCAM-SR	B-4 (Bayonet)	24p, 25p, 30p 50i, 60i	vidéo HD monochrome couleur (adaptable)	320 ISO	54 dB en Y Hyper gammas  8 Kg
Genesis	Panavision Sony	Mono CCD 12,4 Mega Pix S35 - 16/9	4680*2640	4:2:2 ou 4:4:4 10 bits log/col.	440 à 880	SRW-1 VTR HDCAM-SR1	Pana sphériques	24 p 1 à 50 i/s 0,6 à 360° var.	vidéo HD couleur accuscen	400 ISO	dB Y Panalog  6 à 13 Kg
Varicam	Panasonic	Tri CCD 2/3" 1370*744	1280*720	10 bits RGB	100	DVCPro-HD	Bayonet	24p 4 à 60 i/s 3 à 350° 6 shutter speed	vidéo HD monochrome	640 ISO	54 dB en Y  15,4 lbs 4,5 Kg
Viper	Thomson	Tri CCD 1920*4320 9,2 Mega Pix 16/9 - 2,37	1920*1080	RGB 4:4:4 12 bits internes 10 bits log	1 485 (mono) 2 200 (dual)	Disque dur Mag à Mém. Non comp. Venom	Bayonet	1080p, 1080i, 720p 50 à 310°	vidéo HD couleur accuscen	320 ISO de 80 à 1600 de 4,5 à 5,5 Φ	54 dB en Y  4 Kg
Origin	Dalsa	CMOS 4K	4046*2048	RGB 4:4:4 16 bits internes 12 bits log	1 200	Disque dur	PL	1 à 60 i/s	Réflexe Optique dépoli		
Kinetta	Jeff Kreines	CMOS 16 Mega Pix	1920*1080	RGB 4:4:4 10 bits log HD SDI 4:2:2 cineon + DPX		disque dur	PL	24p jusqu'à 60i/s			

*Annexe 6. Distribution spectrale des patchs de la Charte Esser TE 188.<sup>12</sup>*



<sup>12</sup> Les différents spectres représentés vont de 380 nm à 780 nm comme précédemment.



*Annexe 7. Mesures relevées sur la charte enregistrée par la Viper.*

	ROUGE		VERT		BLEU	
	Moyenne	RMS	Moyenne	RMS	Moyenne	RMS
Dark Skin	80,65	1,02	75,87	1,26	41,84	1,47
Light Skin	126,99	0,75	123,35	0,82	69,10	1,12
Blue Sky	80,53	1,00	112,32	0,93	78,80	1,00
Foliage	69,61	1,12	100,25	1,02	44,96	1,42
Blue Flower	100,17	0,88	112,96	0,93	79,86	1,04
Bluish Green	110,05	0,88	156,59	0,76	99,79	0,94
Orange	119,12	0,78	95,65	1,10	37,89	1,55
Purplish Blue	62,19	1,16	92,11	1,14	80,37	1,01
Moderate red	121,96	0,75	84,30	1,15	55,10	1,28
Purple	63,12	1,15	67,03	1,35	50,79	1,35
Yellow green	115,80	0,77	148,08	0,73	69,71	1,09
Orange green	124,08	1,21	115,37	1,33	39,35	1,59
Blue	33,13	1,61	57,98	1,55	82,50	0,99
Green	72,00	1,05	126,59	0,79	49,41	1,38
Red	128,50	0,77	46,91	1,58	32,85	1,66
Yellow	144,99	0,60	159,08	0,58	60,49	1,18
Magenta	98,35	0,81	70,27	1,27	51,05	1,35
Cyan	70,30	1,07	124,77	0,84	83,90	0,98
White 9,5	155,37	0,62	178,50	0,59	114,22	0,79
Neutral 8	134,89	0,68	157,39	0,62	96,33	0,88
Neutral 6,5	113,83	0,81	134,93	0,80	78,95	1,01
Neutral 5	90,80	0,94	109,45	0,98	62,01	1,17
Neutral 3,5	66,60	1,19	81,12	1,24	46,93	1,39
Black 2	45,91	1,43	54,62	1,64	36,22	1,64

*Annexe 8. Mesures relevées sur la charte enregistrée par la Cinealta.*

	ROUGE		VERT		BLEU	
	Moyenne	RMS	Moyenne	RMS	Moyenne	RMS
Dark Skin	110,11	1,69	79,61	1,67	71,27	2,95
Light Skin	187,06	1,37	143,95	1,39	132,51	2,05
Blue Sky	111,62	1,64	134,58	1,57	155,65	1,97
Foliage	92,92	1,71	115,65	1,66	73,45	2,82
Blue Flower	145,35	1,65	128,81	1,66	158,93	2,16
Bluish Green	152,12	1,64	208,14	1,93	192,04	2,26
Orange	164,53	1,67	95,14	1,71	56,81	3,33
Purplish Blue	80,13	1,72	104,25	1,67	155,95	1,97
Moderate red	173,64	1,65	76,61	1,70	103,21	2,30
Purple	87,72	1,68	66,83	1,73	98,23	2,41
Yellow green	160,79	1,72	191,72	1,72	124,44	2,13
Orange green	174,03	1,51	126,18	1,56	64,71	3,11
Blue	35,22	2,23	45,66	2,23	156,24	2,32
Green	103,58	1,60	162,90	1,55	76,28	2,68
Red	188,70	1,96	24,64	2,39	39,05	4,05
Yellow	214,41	1,30	202,10	1,33	109,52	2,11
Magenta	137,72	1,67	62,32	1,73	95,58	2,42
Cyan	84,49	1,52	148,64	1,52	163,33	1,93
White 9,5	240,85	0,92	241,57	0,94	236,29	1,50
Neutral 8	199,22	1,37	199,77	1,40	195,37	1,77
Neutral 6,5	159,66	1,42	160,05	1,44	156,52	1,89
Neutral 5	121,81	1,56	121,80	1,56	119,86	2,22
Neutral 3,5	84,72	1,73	84,59	1,75	83,72	2,63
Black 2	52,45	2,16	52,09	2,21	52,17	3,56

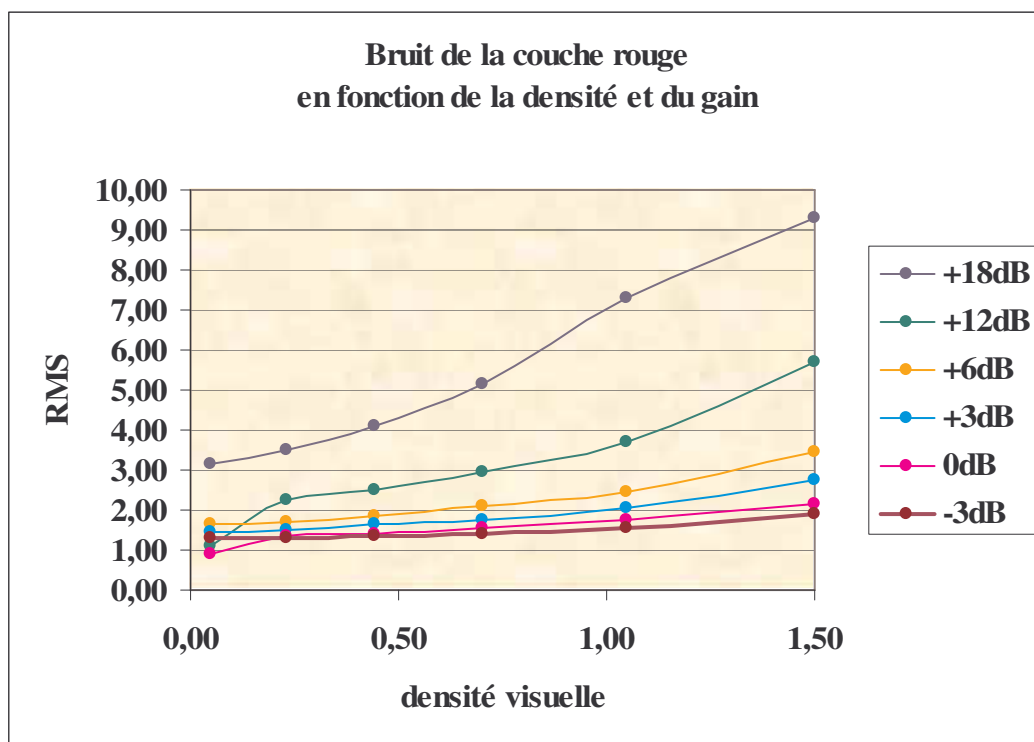


*Annexe 9. Mesures de bruit en fonction du gain en Bleu, Vert, Rouge.*

	3dB		0		3dB		6dB		12dB		18dB	
Dark Skin	64,70	2,49	71,27	2,95	63,09	4,14	64,30	5,34	65,72	8,96	52,94	15,12
Light Skin	120,45	1,83	132,51	2,05	118,06	2,59	121,49	3,21	127,07	4,83	102,73	9,42
Blue Sky	140,94	1,77	155,65	1,97	138,62	2,43	142,48	2,90	149,15	4,23	120,79	8,11
Foliage	66,61	2,43	73,45	2,82	65,06	3,97	66,52	5,19	68,66	8,67	55,72	14,68
Blue Flower	144,02	1,97	158,93	2,16	141,79	2,52	145,75	2,98	152,66	4,19	123,78	7,94
Bluish Green	174,42	2,02	192,04	2,26	171,80	2,46	176,70	2,72	185,44	3,48	151,02	6,26
Orange	51,54	2,79	56,81	3,33	49,88	4,69	50,33	6,15	50,55	10,02	43,61	13,96
Purplish Blue	141,34	1,80	155,95	1,97	138,93	2,46	142,61	2,93	149,40	4,37	120,45	8,24
Moderate red	93,35	2,04	103,21	2,30	91,44	3,10	93,81	3,85	97,55	6,13	77,78	12,08
Purple	88,79	2,16	98,23	2,41	86,95	3,24	89,16	4,09	92,57	6,62	73,27	12,91
Yellow green	112,70	1,94	124,44	2,13	110,66	2,67	113,64	3,28	118,94	5,00	95,72	9,68
Orange green	58,89	2,62	64,71	3,11	57,10	4,31	58,20	5,62	59,30	9,37	48,65	14,04
Blue	141,46	2,12	156,24	2,32	138,96	3,01	142,71	3,72	149,10	5,85	119,92	9,91
Green	68,77	2,29	76,28	2,68	66,90	3,68	68,21	4,77	69,98	8,02	55,59	13,73
Red	36,21	3,20	39,05	4,05	34,46	5,25	34,52	6,76	35,25	10,17	35,12	13,48
Yellow	99,54	1,93	109,52	2,11	97,34	2,85	99,77	3,52	104,04	5,49	83,17	10,93
Magenta	86,54	2,13	95,58	2,42	84,59	3,25	86,66	4,14	90,05	6,70	71,00	13,00
Cyan	148,04	1,77	163,33	1,93	145,56	2,35	149,76	2,76	156,69	3,90	126,57	7,44
White 9,5	215,24	1,61	236,29	1,50	211,86	1,86	217,63	2,08	228,20	1,92	186,51	4,40
Neutral 8	177,34	1,66	195,37	1,77	174,30	2,02	179,10	2,30	187,62	3,05	152,72	5,64
Neutral 6,5	141,83	1,75	156,52	1,89	139,33	2,34	143,22	2,74	150,02	3,89	121,09	7,46
Neutral 5	108,34	1,96	119,86	2,22	106,36	2,78	109,17	3,40	113,92	5,11	90,84	10,19
Neutral 3,5	75,79	2,29	83,72	2,63	74,15	3,53	75,73	4,48	78,03	7,38	61,00	13,77
Black 2	47,36	3,00	52,17	3,56	45,52	4,95	45,72	6,46	45,49	10,39	39,24	14,52

	3dB		0		3dB		6dB		12dB		18dB	
Dark Skin	72,57	1,52	79,61	1,67	70,60	2,16	72,00	2,61	74,66	3,98	58,24	8,06
Light Skin	131,20	1,29	143,95	1,39	128,12	1,65	131,29	1,96	137,65	2,78	113,57	4,60
Blue Sky	122,76	1,43	134,58	1,57	119,74	1,84	122,97	2,21	128,52	3,10	105,96	5,46
Foliage	105,41	1,50	115,65	1,66	102,80	2,01	105,60	2,46	110,30	3,67	89,81	6,32
Blue Flower	117,60	1,60	128,81	1,66	114,61	1,91	117,62	2,19	123,16	3,04	101,47	5,38
Bluish Green	190,81	1,67	208,14	1,93	185,69	2,03	191,09	2,18	200,03	2,67	168,19	3,95
Orange	86,46	1,57	95,14	1,71	84,19	2,13	86,36	2,60	89,65	3,89	71,31	6,87
Purplish Blue	94,86	1,53	104,25	1,67	92,38	2,03	94,87	2,48	98,71	3,62	79,74	6,55
Moderate red	69,79	1,55	76,61	1,70	67,90	2,10	69,50	2,56	71,81	3,88	56,29	7,58
Purple	60,94	1,53	66,83	1,73	58,96	2,20	60,27	2,72	62,04	4,32	46,96	9,29
Yellow green	175,42	1,58	191,72	1,72	171,07	1,84	175,76	2,09	184,03	2,78	154,11	4,46
Orange green	115,19	1,39	126,18	1,56	112,65	1,81	115,24	2,17	120,66	3,19	98,77	5,28
Blue	41,59	1,99	45,66	2,23	39,97	2,90	40,24	3,69	39,84	6,13	26,73	10,17
Green	148,50	1,43	162,90	1,55	144,90	1,87	148,85	2,25	155,72	3,17	128,77	5,31
Red	22,80	2,06	24,64	2,39	21,55	3,06	21,16	3,98	19,17	6,70	12,03	8,79
Yellow	185,21	1,25	202,10	1,33	180,50	1,58	185,05	1,80	194,00	2,43	162,78	3,98
Magenta	56,96	1,56	62,32	1,73	55,18	2,27	56,35	2,84	57,60	4,50	42,99	9,01
Cyan	135,46	1,38	148,64	1,52	132,07	1,76	135,94	2,07	142,00	2,93	117,57	5,17
White 9,5	221,62	1,29	241,57	0,94	216,11	1,47	221,92	1,66	232,13	1,05	196,38	3,21
Neutral 8	182,70	1,30	199,77	1,40	178,34	1,50	183,17	1,75	191,40	2,28	160,62	3,65
Neutral 6,5	146,02	1,33	160,05	1,44	142,63	1,66	146,61	1,89	152,90	2,57	126,77	4,33
Neutral 5	110,94	1,42	121,80	1,56	108,27	1,81	111,23	2,13	115,68	3,03	94,41	5,48
Neutral 3,5	77,01	1,55	84,59	1,75	75,00	2,10	76,79	2,55	79,23	3,90	62,05	7,92
Black 2	47,60	1,94	52,09	2,21	45,80	2,83	46,39	3,59	46,39	6,04	32,50	10,40

	3dB		0		3dB		6dB		12dB		18dB	
Dark Skin	72,57	1,53	110,11	1,69	97,78	2,11	100,98	2,51	104,86	3,75	83,84	7,05
Light Skin	170,12	1,25	187,06	1,37	166,79	1,62	172,31	1,88	180,02	2,68	148,18	4,34
Blue Sky	101,04	1,49	111,62	1,64	99,14	1,93	102,01	2,28	106,40	3,24	85,30	5,55
Foliage	84,02	1,55	92,92	1,71	82,32	2,02	84,64	2,48	88,11	3,71	69,80	6,39
Blue Flower	131,42	1,63	145,35	1,65	129,28	1,93	133,38	2,20	139,36	2,99	113,69	5,05
Bluish Green	137,62	1,65	152,12	1,64	135,68	1,73	139,20	1,98	146,29	2,51	119,28	3,81
Orange	149,29	1,54	164,53	1,67	146,57	1,99	150,78	2,40	157,68	3,44	128,96	5,66
Purplish Blue	72,55	1,56	80,13	1,72	70,97	2,11	72,84	2,60	75,43	3,86	58,31	7,11
Moderate red	157,71	1,52	173,64	1,65	154,85	1,97	159,39	2,34	166,90	3,41	136,96	5,94
Purple	79,39	1,51	87,72	1,68	78,08	2,13	80,12	2,58	82,98	4,02	65,30	7,80
Yellow green	145,90	1,61	160,79	1,72	143,27	1,90	147,55	2,14	154,59	2,78	126,40	4,39
Orange green	157,78	1,40	174,03	1,51	154,55	1,73	160,10	2,03	167,45	2,94	137,44	4,89
Blue	32,86	1,93	35,22	2,23	31,75	2,78	31,40	3,59	30,27	5,78	24,76	8,21
Green	93,70	1,49	103,58	1,60	91,82	1,92	94,40	2,30	98,22	3,26	78,47	5,60
Red	171,66	1,74	188,70	1,96	168,53	2,40	173,37	2,99	181,37	4,80	149,85	6,65
Yellow	195,13	1,25	214,41	1,30	191,58	1,54	197,77	1,72	206,59	2,26	171,42	3,63
Magenta	124,43	1,52	137,72	1,67	122,41	2,07	125,98	2,52	131,74	3,80	107,02	6,99
Cyan	76,53	1,40	84,49	1,52	75,27	1,85	76,56	2,15	79,67	3,07	61,85	5,96
White 9,5	220,42	1,31	240,85	0,92	215,55	1,44	221,40	1,63	232,34	1,08	193,80	3,16
Neutral 8	181,75	1,29	199,22	1,37	177,79	1,51	182,71	1,72	191,81	2,25	158,65	3,52
Neutral 6,5	145,24	1,33	159,66	1,42	142,22	1,63	146,25	1,85	153,57	2,51	125,61	4,11
Neutral 5	110,54	1,41	121,81	1,56	108,25	1,77	111,25	2,08	116,51	2,93	93,89	5,16
Neutral 3,5	76,81	1,54	84,72	1,73	75,18	2,04	77,05	2,46	79,97	3,71	62,40	7,32
Black 2	47,62	1,91	52,45	2,16	46,09	2,74	46,72	3,46	46,97	5,68	33,68	9,28



## Bibliographie.

- ABRIBAT, M., *Chimie physique des couches sensibles photographiques*, presses universitaires de France, Paris, 1954.
- ANDREANI, R., *Temps de pose et les posemètres*, 3è éd., éd. de Francia, Paris, 1961.
- ARONOVICH R., *Exposer une histoire, La photographie cinématographique*, éd. Dujarric, Bayeux, 2003.
- BELLAICHE P., *Les secrets de l'image vidéo*, 4è édition, éd. Eyrolles, Marsat, 2001.
- BERGERY B., *Reflections, Twenty-one cinematographers at work*, ASC Press, Hollywood, 2002.
- BOUILLOT R., *Cours de photographie numérique - Principes, acquisition et stockage*, éd. Dunod, St Germain du Puy, 2003.
- BOUILLOT R., *Cours de traitement numérique de l'image*, éd Dunod, Baume-les-dames, 2005.
- DUCA, L., *Technique du cinéma*, 8è éd., presses universitaires de France, Paris, 1974.
- DUJARRIC, H., *Le technicien du film Manuel*, 1ère éd., édition Dujarric, Paris, 1973.
- FOURNIER J-L., *Sensitométrie appliquée à la Prise de Vues Cinéma*, éd. Dujarric/CST, mai 2006.
- FRANCASTEL G., *Influence et prolongement de l'impressionnisme*, in FRANCASTEL P., *Histoire de la peinture française*, éd. Denoël, Paris, 1990.
- GROTTICELLI Michael, *American Cinematographer Video Manual*, 3rd edition, 2<sup>nd</sup> printing, the ASC Press, Hollywood, 2001.
- HODGES P., *An introduction to Video Measurement*, éd Focal Press, Guildford and King's Lynn, 1996.
- LAMOURET, J., *Photo et cinéma en couleur sur films Kodak*, 2è éd., publications Paul Montel, Paris, 1967.
- LOBEL & DUBOIS, L. & M, *Manuel de sensitométrie*, 3è éd., publication Paul Montel, Paris, 1950.
- LORANCHET P., *Le cinéma numérique, La technique derrière la magie*, éd. Dujarric, 2003.
- POYNTON C., *A guided tour of color space, Illumination and color in computer generated imagery*, Springer-Verlag, New-York, 1989.
- POYNTON C., *Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces*, Elsevier Science, USA, 2003.
- SALOMON, Marc, *Sculpteurs de lumières*, BiFi, Paris, 2000.
- SCHAEFER & SALVATO, *Masters of Light*, university of California press, Berkeley 94720, London Ltd, 1984.
- SERULLAZ M., *Encyclopédie de l'Impressionnisme*, avec la collaboration de PILLEMENT G., MARRET B. et DURET-ROBERT F., éd. Somogy, Milan, 1977.

SEVE R., *Physique de la couleur*, éd. Masson, Paris, janvier 1996.

TISSERON S., *Le mystère de la chambre claire-Photographie et inconscient*, éd Champs Flammarion, Paris, 1996.

### *Articles.*

ADALID L., COURCIER L. & POUPARD J., *entretien croisé de ROBIN J.F. & LOISELEUX J.*, Lettre AFC n°118, février2003.

ALSOBROOK R., *Back to the future: Reflections on the brief history of video moviemaking*, ICG Magazine, septembre 2001.

BANKSTON D., *The color-space conundrum, Part-one: seeking standards*, American cinematographer, janvier 2005, vol 86 n°1.

BERGERY B., *Georges Lucas on shooting HD*, American Cinematographer, [www. Benjaminb.com](http://www.Benjaminb.com)

BERNT E., KOPPETZ M., GEISSLER P., MAIER S., KHANH T.Q., *Hybrid Production Environment*, SMPTE Motion Imaging Journal, janvier 2005

BERTHOUX S., *La HD n'est pas un autre rapport à l'image*, Sonovision Digital Film, supplément au n°489, décembre 2004.

BERTOU D., BORT E., MIER G.-L., REUMONT F., *Destination HD, HD : de la TV au cinéma*, le Technicien du film n°558, septembre 2005.

CATONNE F., *Tonino delli Colli*, lettre AFC n°147, octobre 2005.

FRENETTE M. & GUERVILLE B., *Sin City, un blockbuster en noir et blanc*, Sonovision Digital film, supplément au n° 495 de Sonovision, mai 2005

GIERLINGER F., *Colour Spaces in modern multimedia environments - Convergence after 40 years of colour television*, EBU Technical review, January 2005.

HOLBEN J., *Spider's stratagem*, American Cinematographer vol 83 n°6, juin 2002.

JOVER M., *Le néo-impressionnisme ou la science de l'arc-en-ciel*, L'oeil, n°567, mars 2005.

KENNEL G.L., DeMARSH LR, NORRIS J., "A comparison of color Negative Films and HDTV Cameras for Television Program Production", SMPTE J., vol 100, n°5, mai 1991.

KLIMBERG N., *La haute définition s'enlumine pour Kaamelott*, Sonovision braodcast, n°496, juin 2005.

MATHIAS Harry, *How to establish an exposure index for a video camera*, American Cinematographer Video Manual, 3rd edition, 2<sup>nd</sup> printing, the ASC Press, Hollywood, 2001.

MERCOUROFF W. & PIGNON D., *Le numérique, fils du vent*, supplément lettre AFC n°133, juin 2004.

PROBST C., *A Retro Future*, American cinematographer Vol 85 n°10, octobre 2004

REUMONT F., *Collateral*, Michael Mann apprivoise la Viper, le technicien du film, n°547, septembre 2004

REUMONT F., *Le poulain dans le champ de la Viper*, le Technicien du film n°558, Septembre 2005.

REUMONT F., *Premier bilan positif de la Genesis*, le Technicien du Film n°565, Avril 2006.

ROUYER P., in *Les leçons de M. Cuisinier : Considérations sur la photographie de cinéma à l'époque du muet* - université de Rouen, France, 1997.

SALOMON M., *Conrad Hall (1926 – 2003)*, Lettre AFC n°118, février 2003.

THORPE L.J., NAGUMO F., ISHIKAWA K., *A comparison between HD Hyper-HAD CCD camera and Color Film for Television program production*, Journal de la SMPTE vol 103, n°6, juin 1994.

WILT A., *A Chip Off The Ol' Block*, DV magazine, december 2000.

### *Dossiers techniques.*

BONTON P., *Histoire de la lumière et de la Couleur*, Université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand II).

COLLIGNON T., *La prise de vues haute définition numérique*, mémoire ENS Louis Lumière, 2001.

DELHAISE A., *Expression de la sensibilité des caméras électroniques*, cours d'électronique, 2005.

DESMARAIS V., *Sensibilité et bruit de fond des caméras HD : Mythes et réalité*, Revue des technologies de radio-Canada, n°1, janvier 2006.

DESPREZ R., *Qualité des images optiques et photographiques*, conférence sur Les bases scientifiques de la photographie et de ses applications n°9, CNAM, avril 1970.

DUCLOS F., *Rappels sur la colorimétrie des films*, dossier technique n°21, CST, 1999.

EBU Technical Statement D91, Colorimetry in television programme production, 2000.

GAUDIN J., *Colorimétrie en HD TV*, conférence CST-INA, 2005.

HELT F. et TICHIT B., *Introduction à la colorimétrie*, dossier techniques n°7 et 8 CST, 1998.

POYNTON C., *Frequently asked questions about gamma*, tiré du site: <http://www.poynton.com>

THORPE L.J., *Sony HDCAM Exposure Index – Issues of camera operational Sensitivity*, 24P Technical Seminar #1, Sony Corporation, 2001.

*Kodak Cinematographer's Field Guide—Motion Picture Camera Films*



## *Normes.*

CIE/ISO 10527 : *Observateur de référence colorimétrique CIE.*

EBU R112: *EBU Statement on HDTV standards*, 2004.

ISO 2720 : *Photographie – Posemètres photographiques pour usage général (type photoélectrique) – Base de spécification*, Première édition, août 1974.

ISO 5800 : *Photographie – Films Négatifs couleur pour prise de vue – Détermination de la sensibilité ISO*, Deuxième édition, novembre 1987.

ISO 12232: *Photographie – Appareils photographiques électroniques – détermination de la sensibilité ISO*, comité technique n°42 de l'ISO, 1999.

ISO 14524: *Photographie – Appareils électroniques de prise de vues – Méthodes de mesure des fonctions de conversion optoélectroniques (OECF).*

ISO 15739: *Photographie – Appareils électroniques de prise de vues – Mesurage de bruit.*

ITU.BT-709 HDTV *studio production in Y'CbCr.*

SMPTE RP 177: *Derivation of Basic Television Colour Equations*, 1993.

SMPTE 240M : *Standard for television – 1125 – line – High Definition Production systems – Signal Parameters*, 1999, revision of ANSI/SMPTE 240 M-1995.

SMPTE 274M: *1920 x 1080 Image Sample Structure, Digital Representation and digital Timing Reference Sequences for Multiple Picture Rates*, 2003.

SMPTE 292M: *HDTV Signal/Data Serial Interface*, 2004.

SMPTE 296M : *1280 x 720 Progressive Image Sample Structure – Analogue and Digital Representation and Analogue Interface*, 2001.

SMPTE 372M *Dual Link SMPTE 292M Interface for 1920 x 1080 Picture Raster.*

## Table des illustrations.

Les photographies de caméras sont issues des différentes documentations techniques éditées par les fabricants, et disponibles sur leur site internet.

Documentation technique Kodak sur la sensitométrie et la 5218-500T.

Les illustrations techniques sont issues des sites Internet cités en annexe.

Les photogrammes sont tirés de :

*Spiderman* in ROSENTHAL Z. et IOVINO P. in MAGID R., *Crawling the Walls*, American cinematographer vol 83 n°6, juin 2002, p 46 et 54, with the courtesy of Columbia Pictures.

*Le Parrain* de Francis Ford COPPOLA, photographie de Gordon WILLIS, DVD édition Collector, Paramount Pictures. Tous droits réservés, 1972.

*The Last Emperor* de Bernardo BERTOLUCCI, photographie de Vittorio STORARO, Optimum releasing 2004, tous droits réservés.

*Frida* de Julie TAYMOR, photographie de Rodrigo PRIETO, tous droits réservés.

*21grams* de INARRITU G., photographie de Rodrigo PRIETO, tous droits réservés.

*Keane* de Lodge KERRIGAN, photographie de FOSTER J tous droits réservés.

*Bloody Sunday* de Paul GREENGRASS, photographie de STRASBURG J., tous droits réservés.

*Minority report* de Steven SPIELBERG, photographie de Janusz KAMINSKI, 20th Century Fox and DreamWorks, LLC. Tous droits réservés. 2003.

*Les âmes grises* d'Yves ANGELO, photographie de Jérôme ALMERAS. tous droits réservés, 2005.

*Collateral* de Michael MANN, photographie de Dion BEEBE et Paul CAMERON. tous droits réservés.

*St Jacques...La Mecque* de Coline SERREAU, photographie de Jean-François ROBIN, AFC. tous droits réservés, 2005.

*Malabar Princess* de Gilles LEGRAND, photographie de Yves ANGELO. tous droits réservés.

*Poupées russes* de Cédric KLAPISH, photographie de Dominique COLIN. tous droits réservés.

*Captain Sky and the world of Tomorrow* de Kerry CONRAN, photographie de Eric ADKINS. tous droits réservés.

*Sin City* de et photographié par Robert RODRIGUEZ tous droits réservés, 2005.

*Julia and Julia* de peter del MONTE, photographie de Giuseppe ROTUNNO. tous droits réservés, 1987.

Les reproductions photographiques des tableaux néo-impressionnistes sont personnelles et furent prises en février 2006 au Musée d'Orsay, Paris.

## Sites Internet.

[www.afcinema.fr](http://www.afcinema.fr)  
[www.theasc.com](http://www.theasc.com)  
[www.csc.ca](http://www.csc.ca)

[www.cbc.radio-canada.ca](http://www.cbc.radio-canada.ca)  
[www.hollywoodreporter.com](http://www.hollywoodreporter.com)  
[www.showreel.org](http://www.showreel.org)  
[www.hd24.com](http://www.hd24.com)  
[www.dcinematoday.com](http://www.dcinematoday.com)

[www.poynton.com](http://www.poynton.com)  
[www.benjaminb.com](http://www.benjaminb.com)  
[www.adamwilt.com](http://www.adamwilt.com)  
[www.jkor.com](http://www.jkor.com)

[www.ebu.ch](http://www.ebu.ch)  
[www.smpste.org](http://www.smpste.org)  
[www.cst.fr](http://www.cst.fr)  
[www.dcinovies.com](http://www.dcinovies.com)

[www.kodak.com](http://www.kodak.com)  
[www.sony.com](http://www.sony.com)  
[www.dalsa.com](http://www.dalsa.com)  
[www.arri.com](http://www.arri.com)  
[www.panasonic.fr](http://www.panasonic.fr)  
[www.panavisionga.fr](http://www.panavisionga.fr)  
[www.panavision.com](http://www.panavision.com)  
[www.panavision.co.uk](http://www.panavision.co.uk)  
[www.thomsongrassvalley.com](http://www.thomsongrassvalley.com)  
[www.fujifilm-cinema.com](http://www.fujifilm-cinema.com)  
[www.konicaminolta.fr](http://www.konicaminolta.fr)  
[www.sekonic.com](http://www.sekonic.com)  
[www.pentaxeuropa.com](http://www.pentaxeuropa.com)  
[www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

[www.cinematography.net](http://www.cinematography.net)  
[www.studentfilmmakers.com](http://www.studentfilmmakers.com)  
[www.steadycamforum.com](http://www.steadycamforum.com)  
[www.camera-forum.fr](http://www.camera-forum.fr)

[www.photo.net](http://www.photo.net)

[www.univ-rouen.fr/arobase/v1\\_n2/rouyer.html](http://www.univ-rouen.fr/arobase/v1_n2/rouyer.html)  
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>  
[www.efg2.com/lab](http://www.efg2.com/lab)

## Filmographie.

*1984* de RADFORD Michael, photographie de DEAKINS R., 1984.

*21 grams* de INARRITU Alejandro Gonzales, photographie de PRIETO R., Focus Features, 2003.

*8 Mile* de HANSON Curtis, photographie de PRIETO R., 2002.

*A Zed and Two Noughts* de GREENAWAY Peter, photographie de VIERNY S., 1985.

*Amistad* de SPIELBERG Steven, photographie de KAMINSKI J., DreamWorks Pictures, 1996.

*Assassin(s)* de KASSOVITZ Mathieu, photographie de AIM P., 1997.

*Bird* de EASTWOOD C., photographie de GREEN J., 1988.

*Bloody Sunday* de GREENGRASS Paul, photographie de STRASBURG I., Granada Film / Hell's Kitchen / The Film Council, 2001.

*Captain Sky and the world of tomorrow* de CONRAN Kerry, photographie de ADKINS E., Paramount Pictures, 2004.

*Collateral* de MANN Michael, photographie de BEEBE D. et CAMERON P., UIP, 2004.

*Combien tu m'aimes* de BLIER Bertrand, photographie de CATONNE F., 2005.

*Delicatessen* de CARO Marc et JEUNET Jean-Pierre, photographie de KHONDJI D., 1991.

*Dick Tracy* de BEATTY Warren, photographie de STORARO V., 1990.

*En compagnie d'Antonin Artaud* de MORDILLAT Gérard, photographie de CATONNE F., 1993.

*Evita* de PARKER Allan, photographie de KHONDJI D., 1996.

*Fallen* de HOBLIT Gregory, photographie de SIGEL N.T., 1998.

*Frida* de TAYMOR Julie, photographie de PRIETO R., Miramax International, 2002.

*Get on the Bus* de LEE Spike, photographie de DAVIS E., 1996.

*Immortel* d'Enki BILAL, photographie de GENNESSAUX P., 2004.

*JFK* de Oliver STONE, photographie de RICHARDSON R., 1991.

*Julia and Julia* de DEL MONTE Peter, photographie de ROTUNNO G., 1986.

*K* de ARCADY Alexandre, photographie de FISHER G., 1997.

*Keane* de KERRIGAN Lodge, photographie de FOSTER J., Serene 9, TF1 Vidéo, 2004.

*L'auberge espagnole* de KLAPISCH Cédric, photographie de COLIN D., Mars Films, 2002.

*La cité des enfants perdus* de CARO Marc et JEUNET Jean-Pierre, photographie de KHONDJI D., 1995.

*Le Poulain* de RINGER Olivier, photographie de ZAETIJD J-P., 2006.

*Les âmes grises* de ANGELO Yves, photographie de ALMERAS J., Epithète Films, France 2 cinéma, 2005.

*Les gens honnêtes vivent en France* de DECOUT Bob, photographie de GEREL J., 2004.

*Les poupées russes* de KLAPISCH Cédric, photographie de COLIN D., Mars Distribution, 2005

*Love, etc* de VERNOUX Marion, photographie de GAUTIER E., 1996.

*Malabar Princess* de LEGRAND Gilles, photographie de ANGELO Y., Epithète films, 2004.

*Michael Collins* de JORDAN Neil, photographie de MENGES C., 1996.

*Minority report* de SPIELBERG Steven, photographie de KAMINSKI J., DreamWorks Pictures, 2002.

*Munich* de SPIELBERG Steven, photographie de KAMINSKI J., DreamWorks Pictures, 2005.

*Personne ne m'aime* de VERNOUX Marion, photographie de GAUTIER E., 1994

*Reds* de BEATTY Warren, photographie de STORARO V., 1981.

*St Jacques...la Mecque* de SERREAU Coline, photographie de ROBIN J-F., UGC Distribution, 2005

*Saving private Ryan* de SPIELBERG Steven, photographie de KAMINSKI J., DreamWorks Pictures, 1998.

*Sin city* de RODRIGUEZ Robert, photographie de RODRIGUEZ R., 2005.

*Spiderman* de RAIMI Sam, photographie de BURGESS D., Columbia Pictures, 2002.

*Star Wars I, The Phantom menace* de LUCAS Georges, photographie de TATTERSALL D., 20<sup>th</sup> Century Fox, 1999.

*Star wars III, Revenge of the Sith* de LUCAS Georges, photographie de TATTERSALL D., 20<sup>th</sup> Century Fox, 2005.

*The Game* de FINCHER David, photographie de SAVIDES H., 1997.

*The Godfather* de COPPOLA Francis Ford, photographie de WILLIS G., Paramount Pictures, 1971.

*The Last Emperor* de BERTOLUCCI B., photographie de STORARO V., Optimum Releasing, 1987.

*U-Turn* de STONE Oliver, photographie de RICHARDSON R., 1997.

*Van Gogh* de PIALAT Maurice, photographie de HENRY G. et MACHUEL E., 1991.

*Vidocq* de Pitof, photographie de SAUVAIRE J.P. et THIBAUT J.C., 2001.



## Remerciements.

à

Alain DELHAISE et Philippe VALOGNES,  
mes co-directeurs, sans qui ce travail n'aurait pu être pensé, ni aboutir.

Mais aussi :

Yves ANGELO  
Mehmet AKTAS  
Raphaël BAUCHE  
Denis BLANCHARD  
Gilles BRIBANT  
François CATONNE  
Thomas COLLIGNON  
Michel COTERET  
la CST  
Julia DUBOURG  
L'ENS Louis Lumière  
Fabrice FAIVRE  
Jean-Louis FOURNIER  
Iris Caméra.  
Jean-Francis GONDRE  
Pascal KERLOCK  
Bernard LEBLANC  
Mathieu LECLERC  
Francine LEVY  
Véronique LORIN  
Yves LOUCHEZ  
Mikros Images  
Christian MOURIER  
Panavision-Alga-Technovision  
Philippe ROS  
Alain SARLAT  
Laetitia SEBIRE  
Anthony SHARPE  
Mathieu SINTAS  
Céline STEVENS  
Mathieu STRAUB  
Serge TISSERON  
Roger TRIVELLIN

Sans oublier :

Michèle, André, Eddy, Serge, Daniel, Vonnette, Didier, Alain, Françoise, Gabrielle et Nicole.

Couverture : *La Seine à Herblay* de LUCE, 1890, détails. Photographie personnelle, Musée d'Orsay, 2006.