

# Le bruit dans la caméra Sony ILME-FX3

Par Alfonso Parra AEC, ADFC

À l'occasion du tournage du documentaire *Si je lui dis la vérité, je lui mens (Hétérodoxies cinématographiques colombiennes)*, chronique des récentes découvertes sur trois cinéastes colombiens du XX<sup>e</sup> siècle, nous avons mené une étude exhaustive du comportement du bruit sur la caméra Sony FX3. Ce modèle, largement utilisé dans les projets audiovisuels professionnels comme indépendants, doit sa prévalence à sa qualité technique.

Notre analyse, centrée sur le directeur de la photographie, explore la nature du bruit numérique afin d'en comprendre le fonctionnement et d'optimiser sa gestion dans différents récits visuels. Cette approche nous permettra d'adapter stratégiquement les performances de la caméra aux exigences créatives du documentaire ainsi qu'à celles de projets futurs.

La qualité des images cinématographiques numériques est étroitement liée au bruit, car celui-ci influence la plage dynamique, la résolution, la texture et la couleur, entre autres facteurs. Il peut également jouer un rôle dans la création esthétique des images, en contribuant à l'élaboration d'atmosphères et d'espaces propres à l'œuvre audiovisuelle.

Pour ces raisons, il est essentiel de disposer d'une compréhension claire de la manière dont la FX3 gère le bruit : à quoi il ressemble, quelle quantité elle en génère et comment celui-ci se transforme lorsque l'on modifie les différents paramètres de la caméra.



Adriana Bernal, ADFC, et Alfonso Parra, AEC, ADFC, sont responsables de la réalisation et de la photographie du documentaire « Si je lui dis la vérité, je lui mens (Hétérodoxies cinématographiques colombiennes) » du collectif Fendetestas.

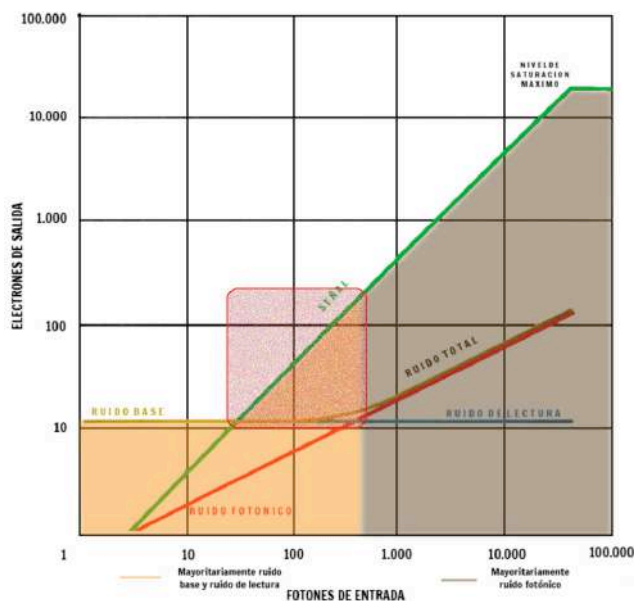


Figure 1 Version graphique de 123 d'imagerie numérique.  
<https://123di.com/>

a permis de mieux comprendre son comportement. Notre objectif est de présenter clairement ce comportement, sans pour autant se substituer aux essais que chaque directeur de la photographie jugera nécessaires pour ses propres projets.

Comme lors des analyses précédentes, nous avons commencé notre étude par l'évaluation du bruit noir de la caméra, généré lorsque le capteur est entièrement obscur. Pour le mesurer, nous avons enregistré avec le bouchon d'objectif en place et la caméra soigneusement enveloppée dans un tissu noir. Les paramètres techniques avaient été préalablement configurés : résolution plein format 3840 × 2160 à 23,98 ips, vitesse d'obturation 1/48, et mode Cine EI ou Flexible activé. Le

Le bruit provient de diverses sources, dont les plus importantes sont (Figure 1) le bruit photonique et le bruit de lecture. Toutefois, d'autres types de bruit, tels que le bruit thermique (lié au réchauffement de la caméra) ou celui généré lors des processus de quantification, jouent également un rôle.

Le bruit numérique est inhérent au système d'imagerie et, bien que les fabricants s'emploient à en réduire l'impact année après année, il demeure toujours présent. C'est particulièrement vrai pour le bruit photonique, inséparable de la lumière elle-même et de la manière dont elle atteint le capteur.

Pour l'étudier, nous avons eu recours à des comparaisons numériques accompagnées des graphiques correspondants, ce qui nous

format d'enregistrement choisi était XAVC S-I 4:2:2 10 bits. Les images ont ensuite été traitées dans *DaVinci Resolve Studio 20* avec la LUT 709 dans l'espace ACES.

Ce mode Cine propose trois options de fonctionnement : Cine EI, Fast Cine EI et Flexible ISO. Les deux premiers modes enregistrent exclusivement avec des valeurs EI de base de 800 et 12800. Il est essentiel de comprendre que, dans les deux cas, l'image est toujours capturée avec la valeur EI de base sélectionnée. Bien que le mode Fast Cine EI permette d'ajuster la valeur EI pendant l'enregistrement, cette modification n'affecte que l'affichage de la table de correspondance à l'écran, sans altérer la séquence enregistrée. En revanche, l'option Flexible ISO modifie activement la valeur ISO appliquée, en fonction de la sélection de l'utilisateur. Comme nous le verrons plus loin, ces valeurs s'étendent de 160 à 409600 ISO.

Les images ont ensuite été traitées dans *DaVinci Resolve Studio 20* où, sans surprise, le rendu obtenu était complètement sombre. Pour visualiser le bruit sous-jacent, nous avons uniformément augmenté l'exposition et ajusté le contraste de tous les clips. Il est important de souligner que ces modifications sont purement illustratives : le bruit affiché n'apparaît pas de cette manière dans les images originales, mais est révélé par ce processus d'ajustement volontaire.

Afin d'établir une référence comparative pour le plancher de bruit, nous avons évalué l'écart type (qui mesure l'amplitude de variation des valeurs d'intensité lumineuse) pour chaque image (*Figure 2*). Compte tenu de la nature aléatoire des fluctuations de luminosité entre les pixels selon la valeur de l'EI, l'histogramme adopte une forme en cloche dont la base s'élargit progressivement à mesure que la sensibilité augmente. Les valeurs présentées ici sont donc relatives et nous permettent de comparer les différences entre les différentes valeurs d'EI ainsi que leur comportement face au bruit. Nous avons analysé le bruit à deux températures de couleur, 5600 K et 3200 K, ainsi qu'aux deux valeurs de base, 800 et 12800 ISO, en plus des valeurs ISO flexibles.

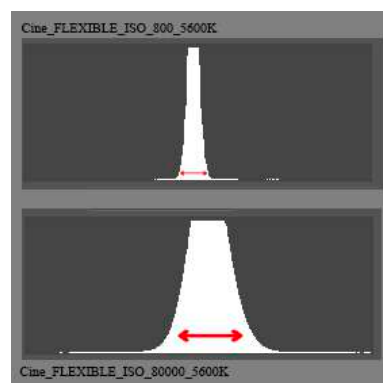


Figure 2. Ecart type

### Analyse du bruit de base (bruit sombre) en mode CINE EI à sa base EI, 800 et 12800 à 5600K en RVBY

Valeurs EI 5600K	R	V	B	Y
800	1,95	1,15	1,37	1,08
12800	1,7	1,2	1,31	1,16

Tableau 1

Le tableau 1 et la figure 3 présentent l'écart type mesuré pour les deux valeurs d'EI. Nous observons de légères variations dans les niveaux de bruit entre EI 800 et EI 12 800, tant dans les canaux de couleur individuels que dans la

luminance (Y). En Y (représentée par la barre grise), EI 800 enregistre une valeur de 1,08, tandis que EI 12 800 atteint 1,16, ce qui indique que ce dernier est 7,14 % plus bruyant que le premier.

Le canal rouge (barre rouge) présente la variation la plus significative, en raison de la balance des blancs réglée à 5600 K, qui amplifie particulièrement ce canal. Il est intéressant de noter que l'écart type du canal rouge est inférieur de 13,6 % à EI 12 800 par rapport à EI 800. Dans le canal vert, EI 800 est 4,2 % moins bruyant que EI 12 800, tandis que dans le canal bleu, EI 12 800 présente 4,4 % moins de bruit que EI 800.

En considérant les moyennes globales, nous constatons que la différence entre les deux valeurs d'EI n'est que de 2,9 %. Cela signifie que, bien qu'une différence de bruit puisse être perçue

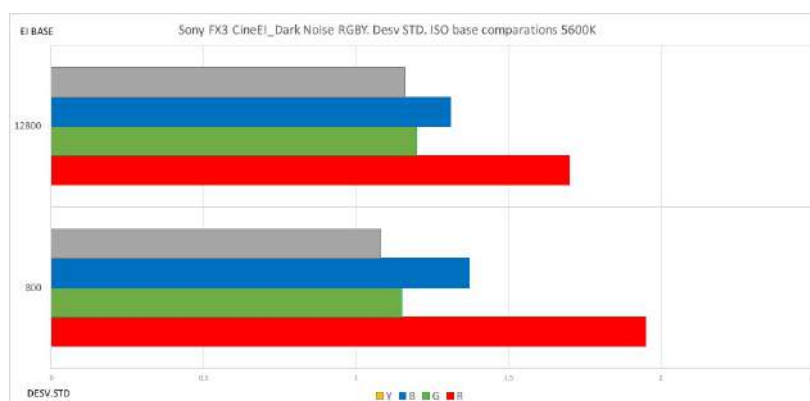


Figure 3

visuellement entre les deux niveaux de sensibilité, elle demeure marginale et peut être considérée comme négligeable sur le plan pratique.

Voyons voir à 3200K

Valeurs EI 3200K	R	V	B	Y
800	1,35	1,1	2,17	1,02
12800	1,3	1,15	1,73	1,11

Tableau 2

En Y (représenté par la barre grise), nous observons qu'à EI 800, l'écart type est inférieur de 8,4 % à celui mesuré à EI 12800. Le canal rouge présente désormais moins de déviation que le canal bleu, inversant ainsi le comportement observé à 5600 K, car à 3200 K, le canal bleu subit une amplification plus importante.

Dans le canal rouge, les valeurs restent proches, EI 12 800 étant 3,7 % moins bruyant que EI 800. Dans le canal vert, EI 800 enregistre 4,4 % de bruit en moins que EI 12 800, tandis que dans le canal bleu la différence est particulièrement notable : EI 12 800 est 22,5 % moins bruyant que EI 800.

La différence moyenne globale entre les deux valeurs de base atteint 6,5 % (tableau 2 et figure 4). Pour plus de clarté, nous présentons ensuite la comparaison pour chacun des canaux indépendants (figures 5 à 8).

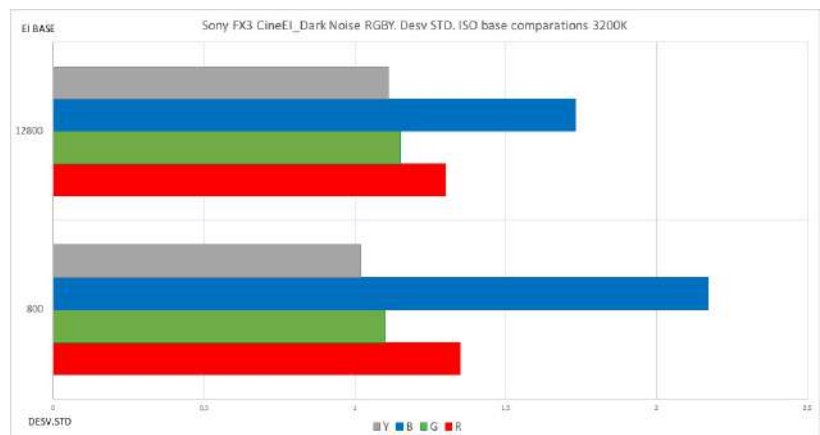


Figure 4

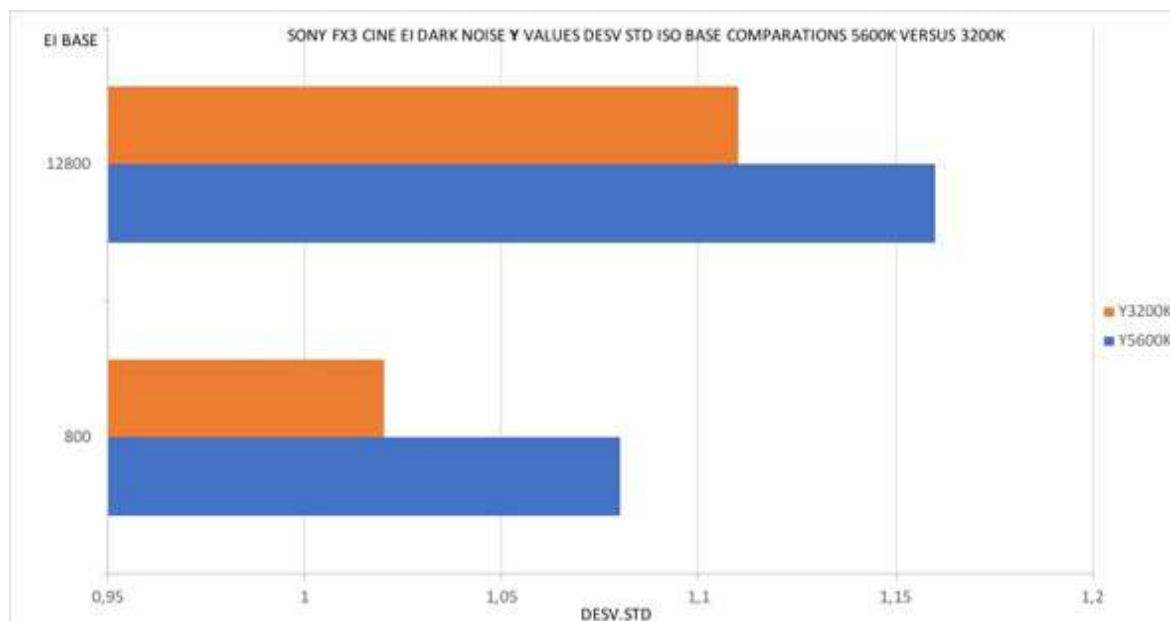


Figure 5. Écart Y par rapport à l'EI de base à 5600 K contre 3200 K

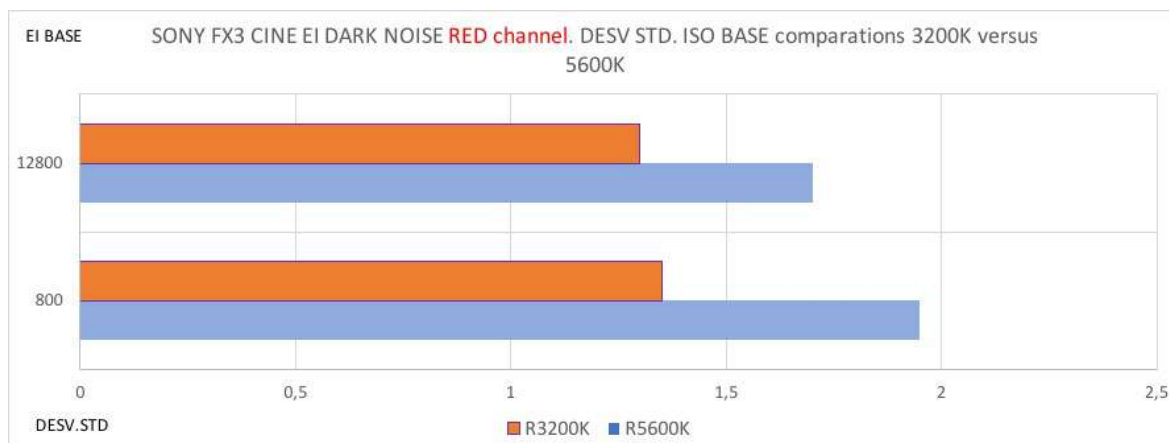


Figure 6. Écart de  $R$  par rapport à l'EI de base à 5600 K contre 3200 K

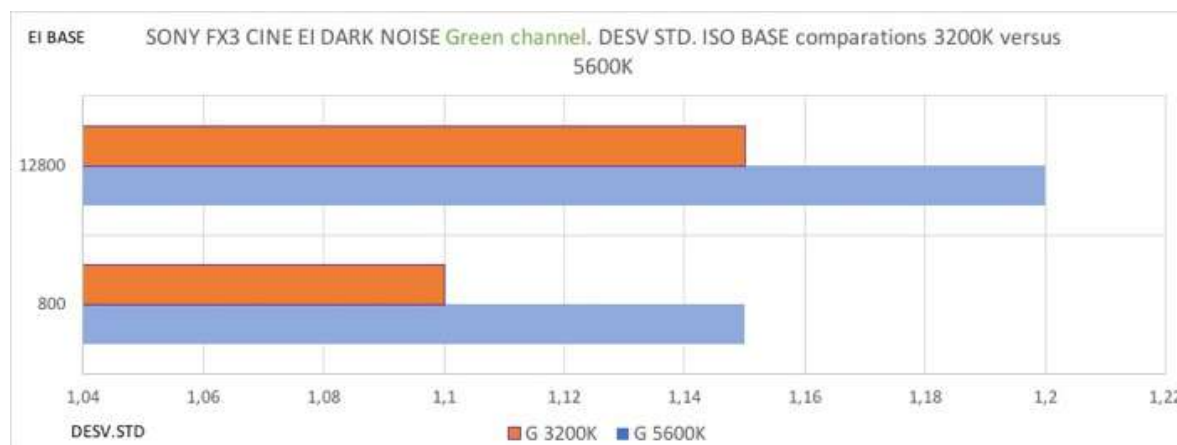


Figure 7. Écart de  $V$  par rapport à l'EI de base à 5600 K contre 3200 K

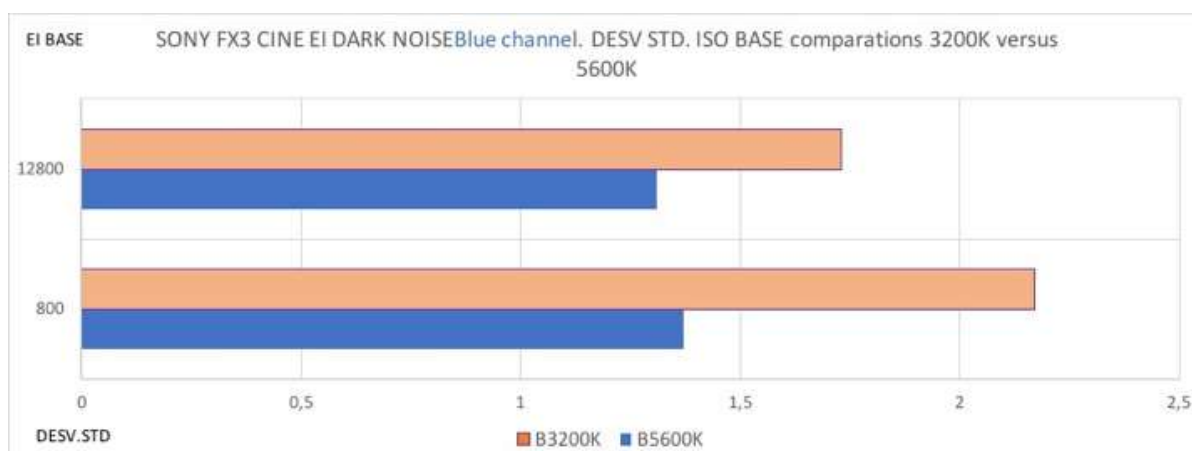


Figure 8. Écart de  $B$  par rapport à l'EI de base à 5600 K contre 3200 K



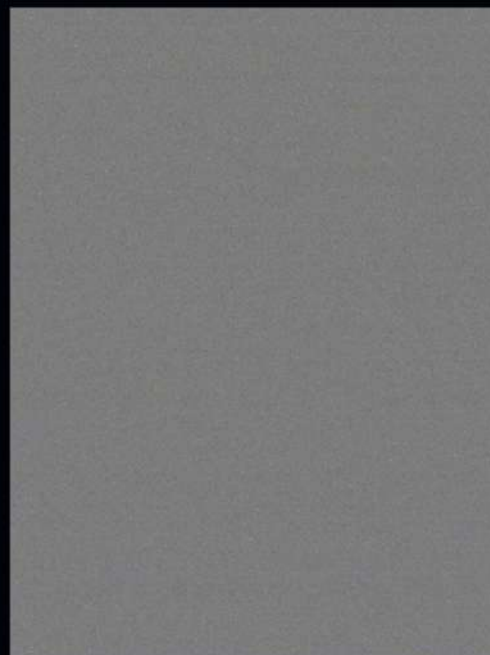
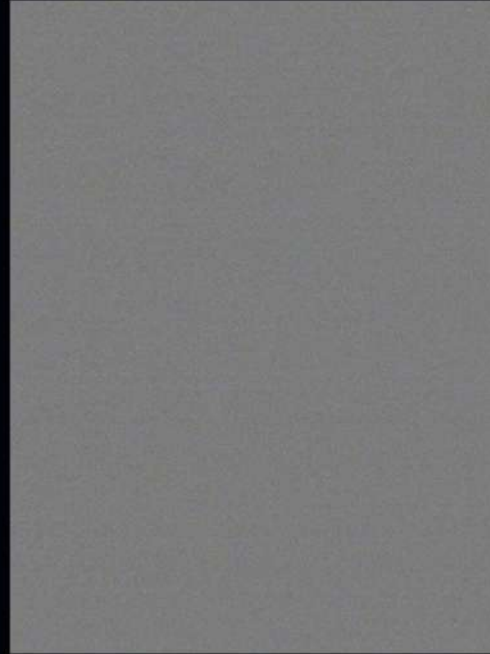
Alfonso Parra, AEC, ADFC, pendant le tournage du documentaire. Image tirée du making of.

En conclusion, nous pouvons affirmer qu'à 3 200 K, on observe une augmentation modérée du bruit de fond, principalement imputable à la contribution du canal bleu. Comme l'analyse le montre, le passage de l'EI 800 à l'EI 12800 n'entraîne pas une élévation uniforme du bruit sur l'ensemble des canaux. Au contraire, certains d'entre eux présentent une diminution significative, phénomène paradoxal qui s'explique par les caractéristiques propres de l'amplification appliquée à chaque canal dans des conditions de balance des blancs distinctes.

# DARK NOISE MODO CINE EI

BASE 800 5600K

BASE 800 3200K



BASE 12800 5600K

BASE 12800 3200K

Figure 9

Comme le montre la *figure 9*, la comparaison entre les deux valeurs de base EI (800 et 12 800) à 5 600 K et 3 200 K révèle des différences visuelles minimales en termes de bruit, ce qui confirme les observations précédentes.

Afin d'analyser les variations plus subtiles, nous avons examiné séparément les canaux rouge et bleu (*figure 10*) en recourant à un procédé de visualisation spécifique : le contraste a été accentué



et l'image agrandie jusqu'à ce que les écarts entre les deux niveaux de sensibilité deviennent perceptibles.

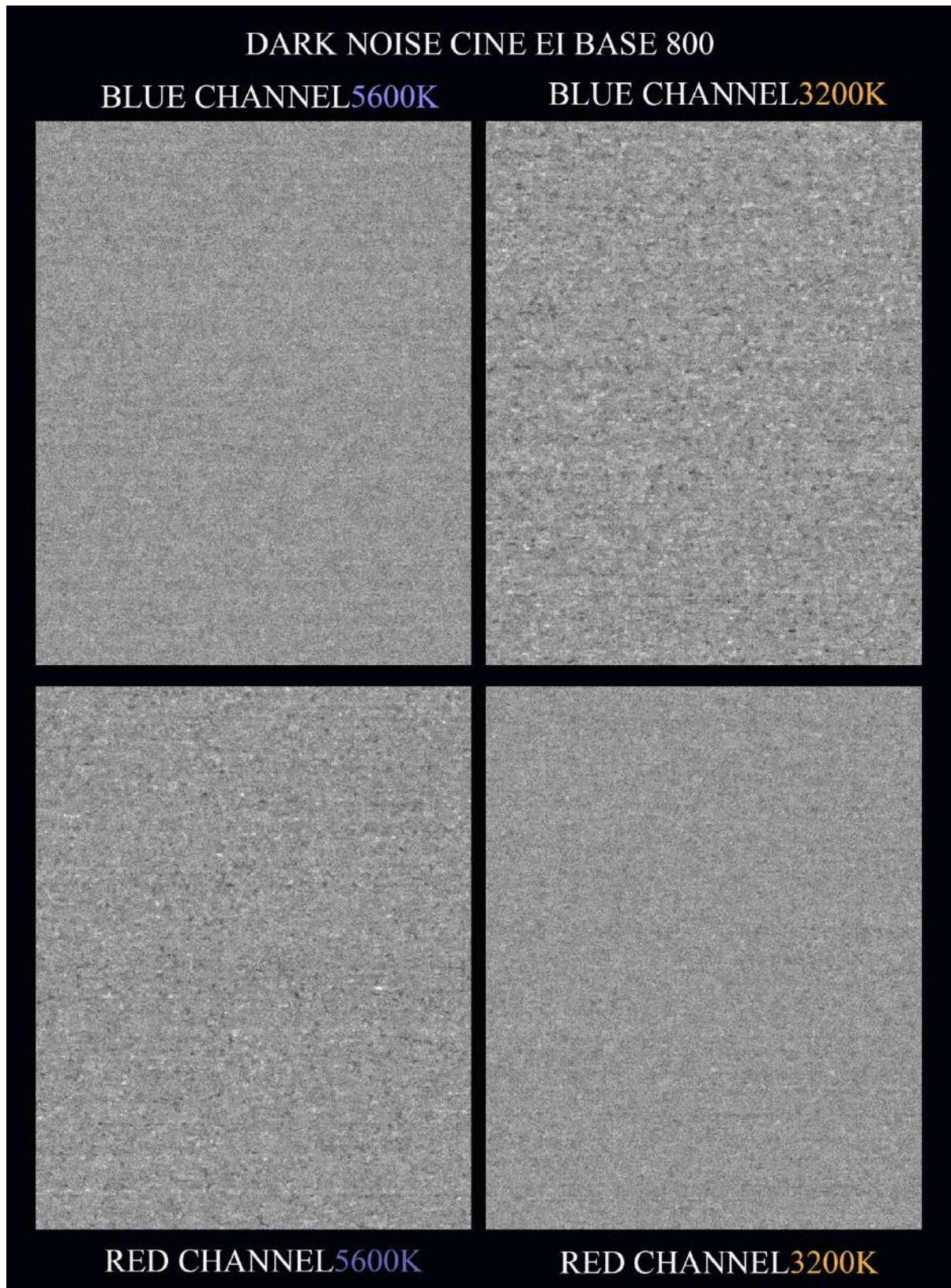


Figure 10

En effet, il est confirmé que le canal bleu présente un niveau de bruit plus élevé à 3200 K qu'à 5600 K, tandis que le canal rouge manifeste le comportement inverse, avec davantage de bruit à 5600 K qu'à 3200 K, comme l'illustrent les graphiques précédents. Ce même schéma se maintient de façon constante à la valeur EI 12800, bien que de manière moins marquée qu'à EI 800, comme le montre la figure 11.



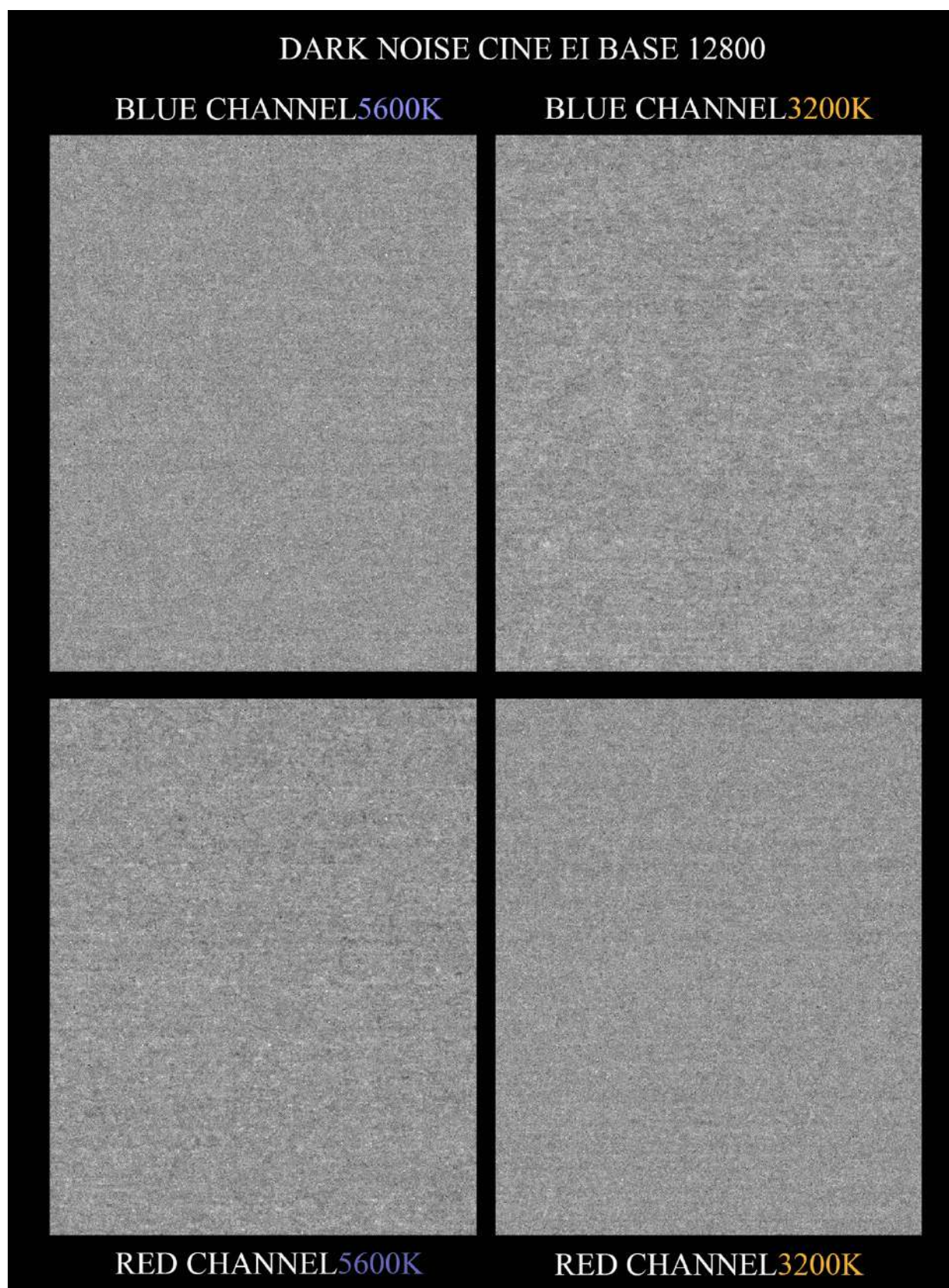


Figure 11

Après une analyse approfondie du bruit de fond, il est confirmé que l'augmentation de la valeur EI de base sur la Sony FX3 (de 800 à 12 800) ne se traduit pas par une hausse homogène du bruit sur l'ensemble des canaux, mais par des variations différentielles principalement liées à la température de couleur choisie. Ainsi, à 3 200 K, le canal bleu présente un niveau de bruit nettement plus élevé (jusqu'à +22,5 %), tandis qu'à 5 600 K, c'est le canal rouge qui atteint les valeurs les plus importantes (+13,6 %), révélant un comportement inverse des deux canaux selon la balance des blancs.

Malgré ces disparités entre canaux, la différence globale de bruit entre les deux valeurs EI demeure visuellement imperceptible dans des conditions d'observation normales, les variations moyennes se situant entre 2,9 % et 6,5 %. Seuls des procédés spécifiques d'amplification et d'accentuation du contraste ont permis de mettre en évidence ces écarts, dont la cohérence se maintient dans les deux valeurs EI, comme l'illustrent les figures 8 à 10.

Le facteur déterminant dans la distribution du bruit réside donc dans la température de couleur qui, en modifiant l'amplification relative de chaque canal RVB, redéfinit leur contribution au bruit total. Cela implique que, pour optimiser la gestion du bruit, le réglage de la balance des blancs – notamment dans les scènes dominées par des canaux sensibles comme le bleu ou le rouge – revêt une importance plus grande que le choix de la valeur EI de base.



Le bruit photonique, inhérent à la nature même de la lumière, constitue une variable incontournable dans tout système d'imagerie. Afin de l'évaluer de manière objective, nous avons analysé une charte de couleurs Macbeth à l'aide du logiciel *Imatest*. Le rapport signal/bruit (SNR) a été calculé selon la formule suivante :

$$SNR_{BW} = 20 \log_{10} \left( \frac{S_{White} - S_{BLACK}}{N_{MID}} \right)$$

Pour plus d'informations détaillées

<https://www.imatest.com/support/docs/23-1/colorcheck/>

**Analyse du rapport signal/bruit (SNR) en mode CINE EI**, avec ses deux EI de base et ses deux températures de couleur.

SNR DB EI BASE 800	R	V	B	Y
5600K	45	48,6	47,3	49,4
3200K	45,5	48	46,1	49,1

Tableau 3

Le tableau 3 et la figure 12 montrent que le rapport signal/bruit (SNR) mesuré dans les canaux RVB et Y à EI 800 demeure globalement stable entre les différentes températures de couleur évaluées. Les écarts observés restent minimes et sont directement corrélés au paramètre de température de couleur.

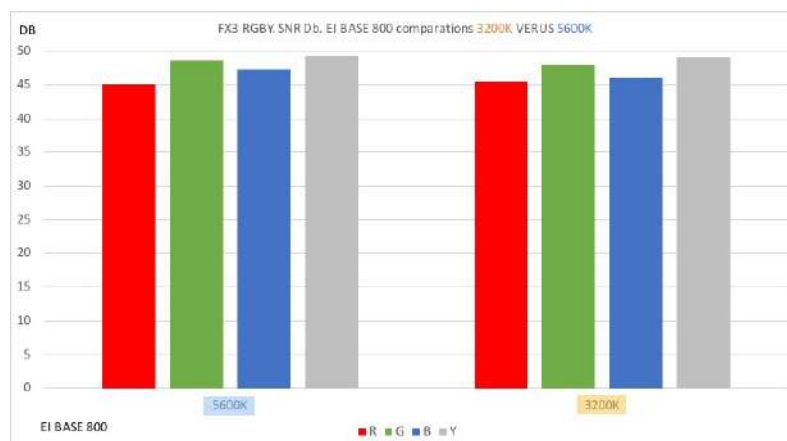


Figure 12



Adriana Bernal, ADFC, sur le tournage du documentaire. La ferme d'Atanasio Bernal.

En effet, la luminance (Y) présente un rapport signal/bruit (SNR) supérieur de 0,6 % à 5600K par rapport à 3200K, tandis que le canal rouge révèle un comportement inverse, avec une amélioration de 1,1 % en faveur de 3200K. Le canal vert enregistre quant à lui une augmentation modeste de 1,2 % du SNR à 5600K, alors que le canal bleu se distingue par une variation plus marquée, de l'ordre de 2,5 %, également en faveur de 5600K. Bien que ces écarts demeurent faibles, ils confirment le rôle déterminant de la température de couleur dans la modulation différentielle de la réponse des canaux, même lorsque la valeur EI reste

constante. La différence moyenne globale entre les deux températures de couleur n'atteint que 0,69 %, ce qui la rend négligeable d'un point de vue pratique.



Voyons maintenant la différence dans la valeur EI 12800

SNR EI BASE 12800	R	V	B	Y
5600K	38,8	39,3	39,1	39,5
3200K	36,2	37,5	37,2	37,7

Tableau 4

À la valeur EI de base de 12800, le rapport signal/bruit (SNR) révèle des écarts plus marqués entre les températures de couleur que ceux observés à EI 800. Le canal Y présente un SNR supérieur de 4,6 % à 5600K par rapport à 3200K, tendance qui s'accroît dans le canal rouge,

où la différence atteint 6,9 % en faveur de 5600K. Cette supériorité se maintient également dans le canal vert, avec un gain de 4,6 %, et se confirme dans le canal bleu, qui enregistre une amélioration de 4,9 % à 5600K (tableau 4 et figure 13). En moyenne, l'écart global atteint 5,29 %, ce qui confirme que la différence de performance entre les deux températures de couleur est nettement plus marquée qu'à EI 800, où 5600K offrait déjà systématiquement un meilleur rapport signal/bruit dans la plupart des canaux évalués. Ces résultats sont détaillés dans les diagrammes indépendants (figures 14 à 17).

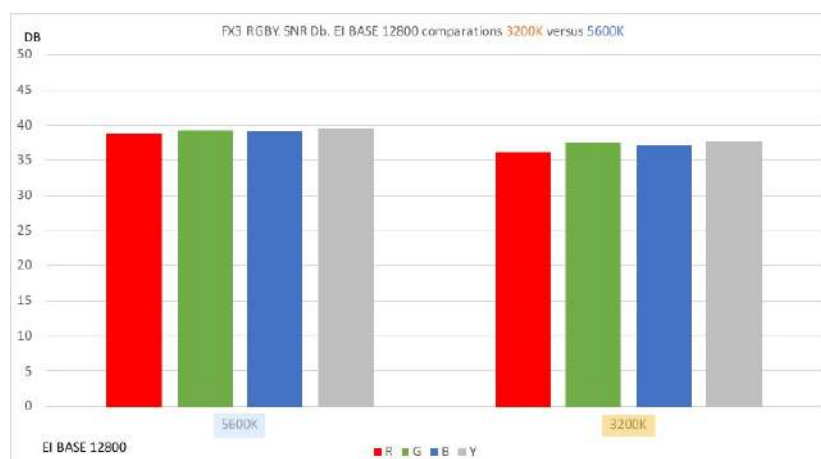


Figure 13

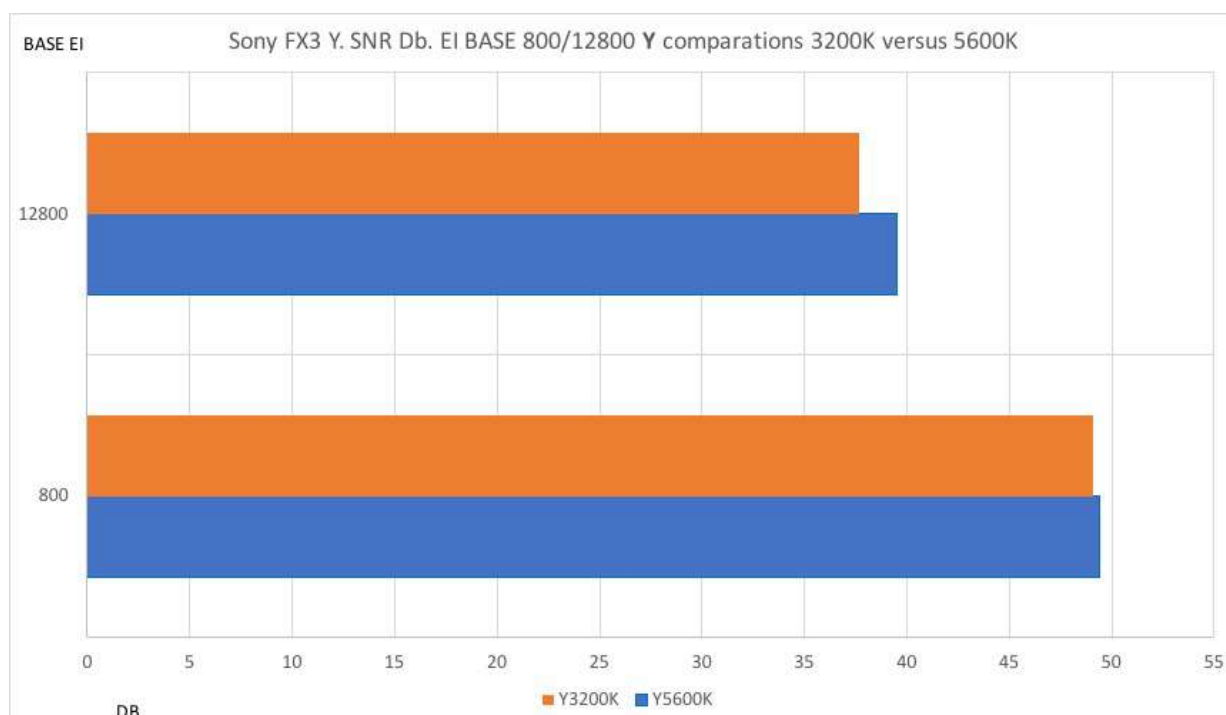


Figure 14. Écart SNR en Y par rapport à l'EI de base à 5600 K contre 3200 K

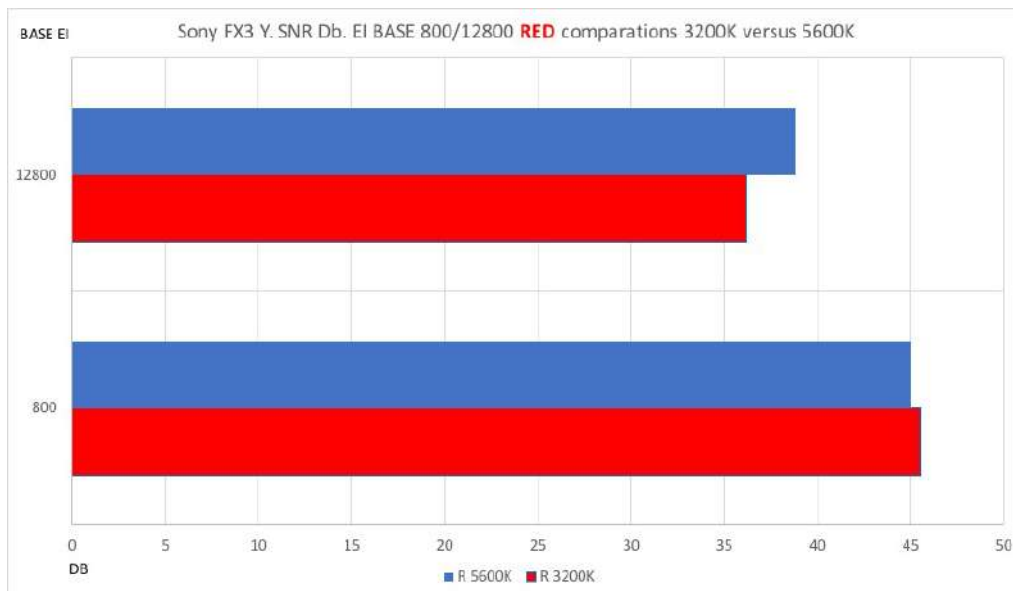


Figure 15. Écart SNR en **R** par rapport à l'EI de base à 5600 K contre 3200 K

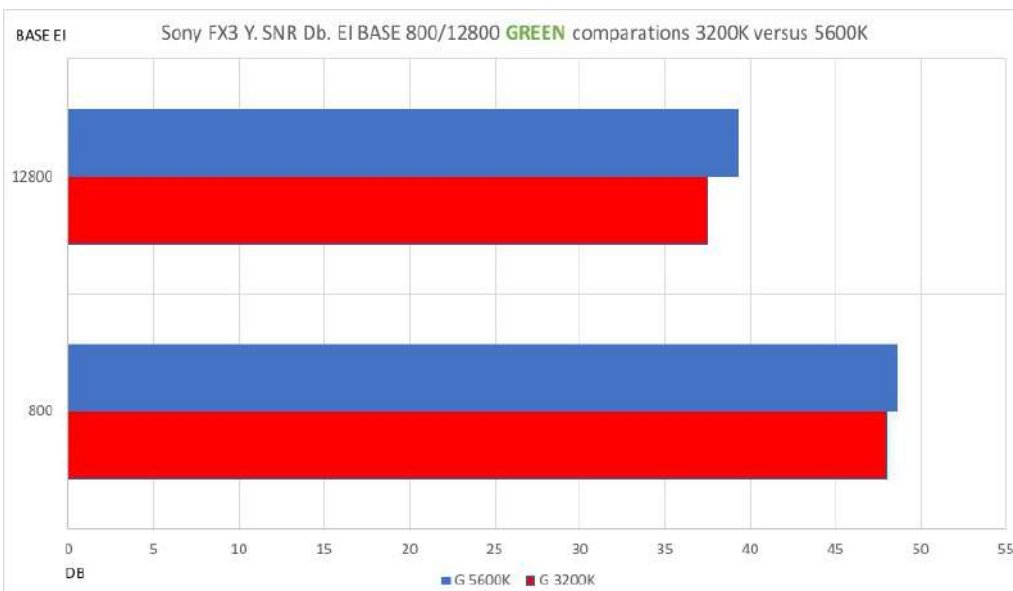


Figure 16. Écart SNR en **V** par rapport à l'EI de base à 5600 K contre 3200 K

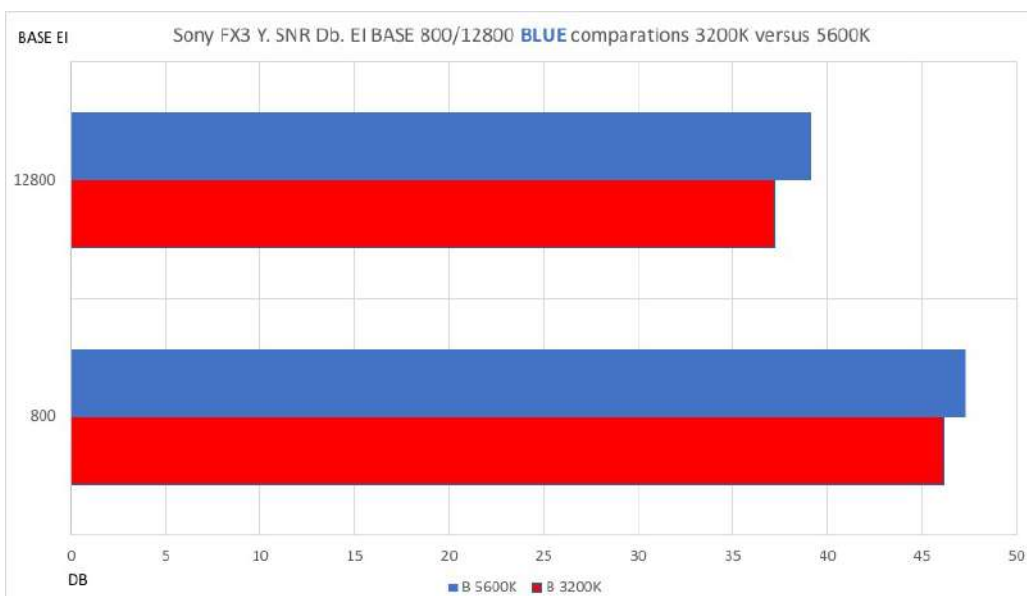


Figure 17. Écart SNR en **B** par rapport à l'EI de base à 5600 K contre 3200 K

Les figures 18 et 19 présentent un extrait de l'échantillon 22 (gris moyen) de la charte Macbeth, sur lequel un agrandissement important et des ajustements de contraste ont été appliqués afin de mettre en évidence visuellement les caractéristiques du bruit sous différentes températures de couleur et valeurs EI. Ces modifications sont purement illustratives et permettent d'apprécier deux phénomènes clés : les variations du bruit chromatique en fonction de la température de couleur, ainsi que la transformation tonale associée à la valeur EI de base sélectionnée.

En effet, à 5 600 K avec EI 800, le bruit chromatique présente une dominante froide (tonalités violet/bleu/magenta), tandis qu'à EI 12 800, les composantes vertes s'intensifient. À l'inverse, à 3 200 K avec EI 800, le bruit adopte une tonalité plus chaude (magenta/jaune avec présence de vert), un schéma qui s'inverse toutefois à EI 12 800, où le vert redevient prédominant dans le profil chromatique. Cette dualité illustre comment l'interaction entre la température de couleur et la sensibilité redéfinit la signature visuelle du bruit.



*Alfonso Parra, AEC, ADFC, pendant le tournage dans la propriété d'Atanasio Bernal. Image du making-of*

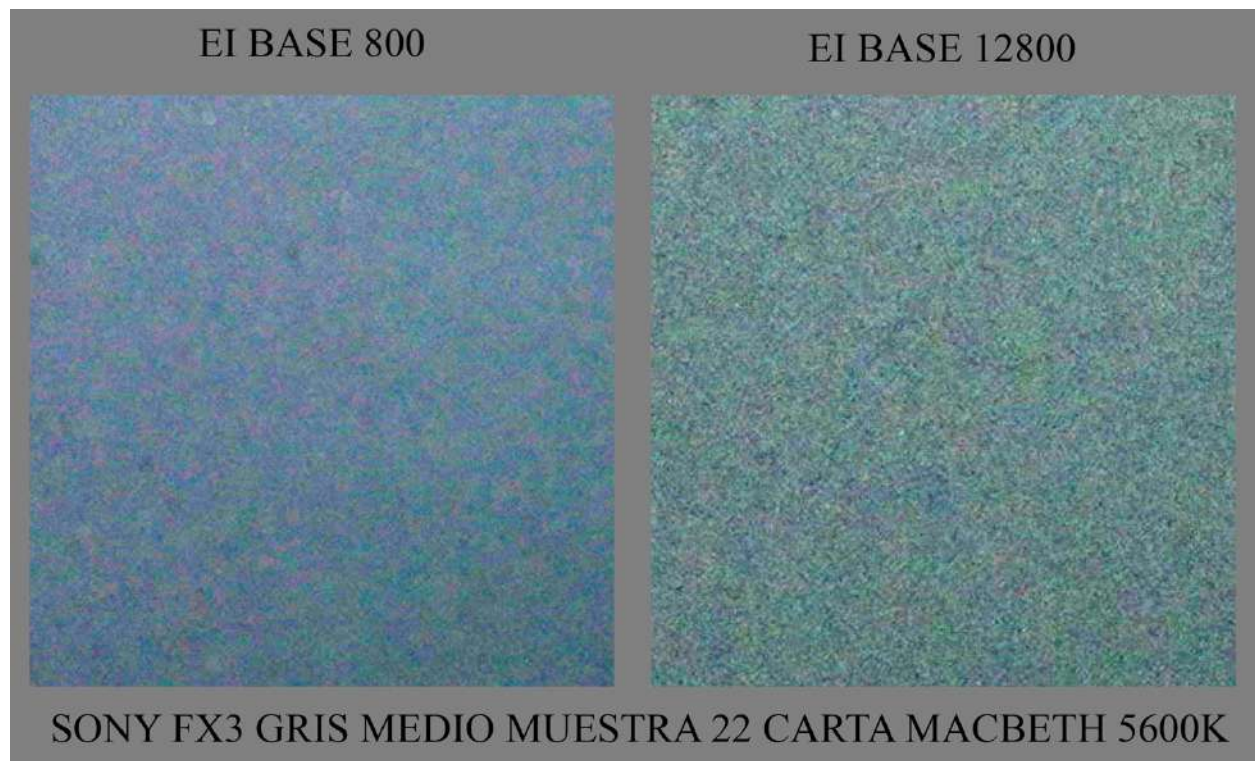


Figure 18



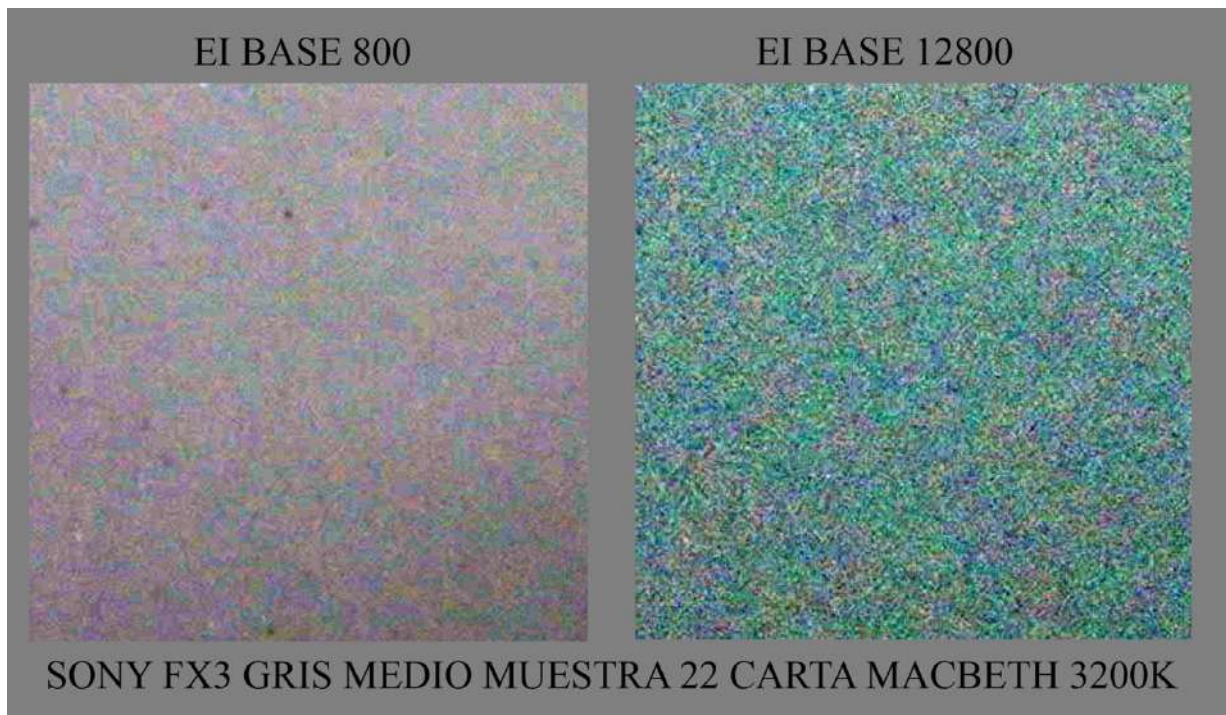


Figure 19

Après une analyse approfondie des données SNR en mode **CINE EI**, il est confirmé que la température de couleur exerce une influence décisive sur le rapport signal/bruit (SNR) de la Sony FX3, surpassant largement l'impact de la variation des valeurs EI de base.

À faible sensibilité (EI de base 800), les différences de SNR entre 3200 K et 5600 K restent minimales, avec un léger avantage pour 5600 K en luminance, vert et bleu (jusqu'à +2,5 %), tandis que 3200 K n'optimise que marginalement le canal rouge (+1,1 %). Cependant, cet équilibre est considérablement modifié lorsque la sensibilité augmente : à EI 12800, 5600 K domine l'ensemble des canaux (avec des améliorations de 4,6 % en luminance, 6,9 % en rouge, 4,6 % en vert et 4,9 % en bleu), et la différence moyenne globale s'élève à 5,29 %, montrant que une valeur EI élevée accentue l'écart de performance entre les températures de couleur. Le canal bleu apparaît comme le plus sensible, enregistrant des oscillations importantes selon la balance de température choisie, tandis que le rouge agit comme un contrepoint inverse. Cette dynamique canal-température de couleur explique pourquoi 5600 K se montre supérieur dans des environnements à haute sensibilité, malgré son léger désavantage sur le canal rouge à EI 800.

Une gestion optimale du rapport signal/bruit (SNR) nécessite de combiner la température de couleur et l'EI en fonction des tons dominants de la scène. Le seul choix de l'EI de base s'avère insuffisant pour contrôler le bruit sans prendre en compte la balance des blancs et l'éclairage spécifique de la scène. Fondamentalement, ces résultats contredisent l'idée selon laquelle une simple augmentation de l'EI dégraderait uniformément la qualité de l'image ; au contraire, ils révèlent que la synergie entre ces paramètres permet de gérer de manière proactive le bruit, dès lors que son comportement différentiel est compris. Observons enfin notre modèle *Sónya* à la seule lumière des bougies, où les longueurs d'onde chaudes (1800–2000 K) prédominent sur les longueurs d'onde froides (*figures 20 à 22*).



Figure 20 FX3. CINE EI Base 800 Mode Slog3-SG3cine. 3200k



FX3. Mode CINE EI Base 800. ACES 709. 3200k



Figure 21. FX3. CINE EI Base Mode 12800 Slog3-Sg3cin 3200k

FX3. CINE EI Base Mode 1.800. ACES 709. 3200k



Figure 22. Canaux *bleu* et *rouge* sur les deux bases EI en mode CINE EI. Nous avons augmenté la luminosité des canaux pour mieux illustrer les différences entre les deux.

À EI 800, dans le canal rouge, l'image apparaît sombre, avec peu de détails dans les ombres et un niveau de bruit élevé. Le canal rouge est sous-exposé car la sensibilité de l'appareil photo à ce gain n'est pas suffisante pour capturer efficacement les tons chauds des bougies. En revanche, à EI 12800, l'amélioration est significative : l'image devient plus lumineuse, le modelé de Sony se précise et le bruit est substantiellement réduit. Ce comportement confirme l'avantage du **Dual ISO**, le canal rouge fonctionnant beaucoup plus efficacement à EI 12 800 dans des environnements à lumière chaude.

Dans le canal bleu à EI 800, l'image présente un bruit important et un faible niveau de détails, le signal étant très faible en raison de la faible présence de lumière « froide » dans la scène. À EI 12 800, on observe une légère amélioration de la clarté, mais le canal continue de présenter un niveau de bruit notable. Malgré l'augmentation du gain, le manque d'informations spectrales dans le bleu limite ses performances. La valeur du SNR à EI 12800 dans le canal rouge dépasse de plusieurs dB celle du canal bleu, se traduisant par moins de bruit visuel.

Par ailleurs, à EI 12800, la plage dynamique (RD) s'améliore également, favorisant la conservation des détails dans les ombres et les hautes lumières, un aspect essentiel dans des conditions d'éclairage tamisé.

### Analyse du bruit de fond (dark Noise) en mode Flexible.

Dans ce mode, l'appareil photo permet de modifier les valeurs ISO sans avoir de valeur EI de base, de sorte que les images sont effectivement enregistrées avec l'ISO choisi. Cependant, comme nous le verrons plus loin, ce choix d'ISO affecte non seulement le bruit de l'image, mais aussi la distribution de la plage dynamique. Nous commençons par étudier le bruit de base (dark noise) à ces différentes valeurs ISO.

Observons les différentes valeurs ISO à 5600K.

Valeurs EI 5600K	Rouge	Vert	Bleu	Y
160	0,6	0,35	0,43	0,33
200	0,69	0,41	0,51	0,39
250	0,83	0,49	0,63	0,47
320	0,95	0,59	0,72	0,57
400	1,16	0,7	0,87	0,68
500	1,43	0,86	1,04	0,82
640	1,72	1,05	1,25	0,98
800	1,95	1,16	1,38	1,08
1000	2,3	1,31	1,54	1,23
1250	2,89	1,58	1,8	1,52
1600	3,16	1,71	1,92	1,64
2000	3,96	1,93	2,23	1,95
2500	4,17	2,12	2,4	2,09
3200	5,19	2,49	2,8	2,49
4000	6,17	2,8	3,14	2,96
5000	7,48	3,3	3,66	3,61
6400	8,5	3,92	4,29	4,29
8000	9,41	4,33	4,69	4,8
10000	10,46	4,97	5,49	5,5

Tableau 5

Valeurs EI 5600K	Rouge	Vert	Bleu	Y
12800	1,72	1,22	1,31	1,18
16000	2,06	1,35	1,47	1,31
20000	2,74	1,65	1,86	1,58
25600	3,09	1,92	2,12	1,85
32000	3,67	2,33	2,53	2,24
40000	4,41	2,68	2,94	2,64
51200	5,31	3,22	3,43	3,2
64000	6,16	3,71	3,96	3,72
80000	7,39	4,41	4,71	4,45
102400	9,14	5,23	5,59	5,37
128000	9,45	6,04	6,44	6
160000	10,94	7,24	7,74	7,12
204800	12,85	8,56	9,15	8,33
256000	14,56	9,85	10,55	9,63
320000	17,07	11,29	12,29	11,1
409600	19,32	12,98	13,83	12,5

Tableau 6

Les tableaux 5 et 6 présentent les valeurs d'écart type (bruit) dans les canaux RVBY à 5 600 K, tandis que la figure 23 illustre ces mêmes résultats en fonction des valeurs EI, représentées sur une échelle logarithmique pour l'axe horizontal, l'axe vertical restant en échelle linéaire. On observe que le canal rouge affiche



Le clap du documentaire



l'écart le plus élevé, indiquant un niveau de bruit supérieur à celui des autres canaux. Une conclusion intéressante se dégage : l'écart diminue considérablement lors du passage de 10 000 ISO à 12 800 ISO. Par exemple, dans le canal Y, le bruit chute de 5,5 à 1,18, soit une réduction spectaculaire, ce qui signifie que l'ISO 10 000 est 129 % plus bruyant que l'ISO 12 800, malgré une valeur de sensibilité nominale inférieure.

Le même schéma se répète sur tous les canaux : le rouge présente 143 % de bruit en plus à 10 000 ISO par rapport à 12 800, le vert 121 % de plus et le bleu 122,9 % de plus. Cette inversion contre-intuitive, où une sensibilité ISO plus élevée génère nettement moins de bruit, met en évidence l'effet du Dual ISO utilisé par la Sony FX3. En adoptant sa valeur EI native de 12 800, l'appareil optimise à nouveau le bruit de base par rapport à l'autre EI de 800.

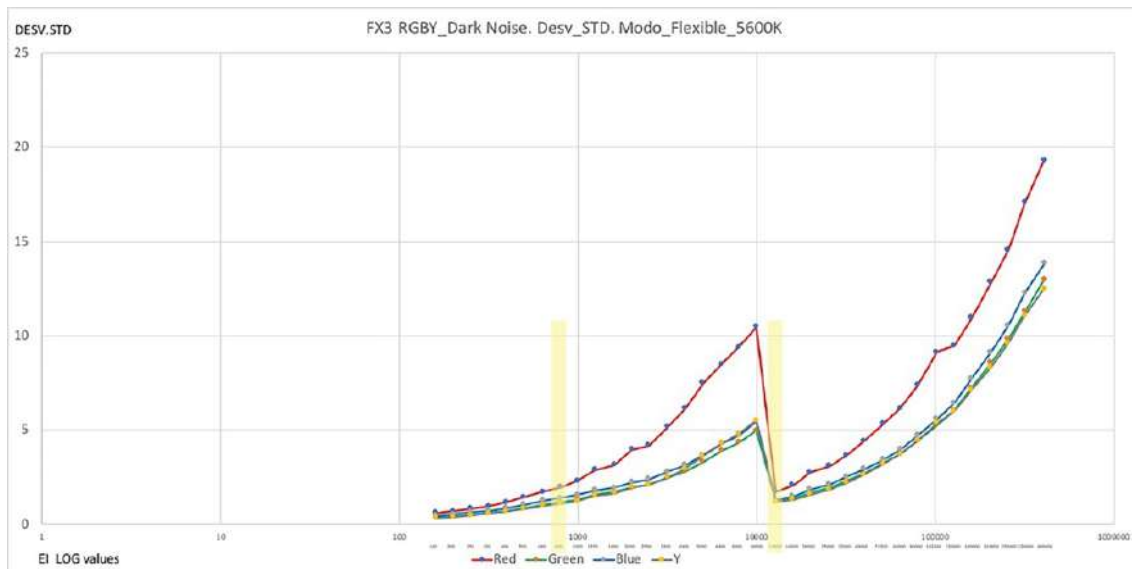


Figure 23. Bruit (écart type) en rugby à 5 600 K versus EI. Échelle logarithmique (EI) sur l'axe horizontal et échelle linéaire sur l'axe vertical.

En ce sens, le bruit de base à 12800 ISO reste légèrement supérieur à celui obtenu à 800 ISO, tandis que le bruit généré à 10000 ISO se rapproche de celui observé à 102400 ISO.

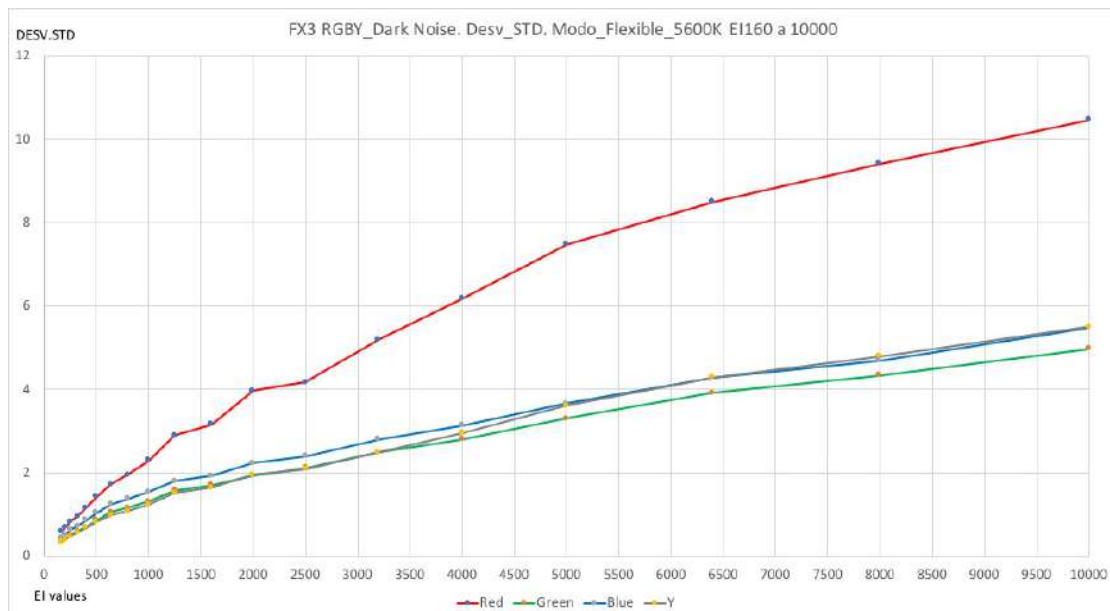


Figure 24. De ISO 160 à 10 000. Valeurs EI linéaires et écart type

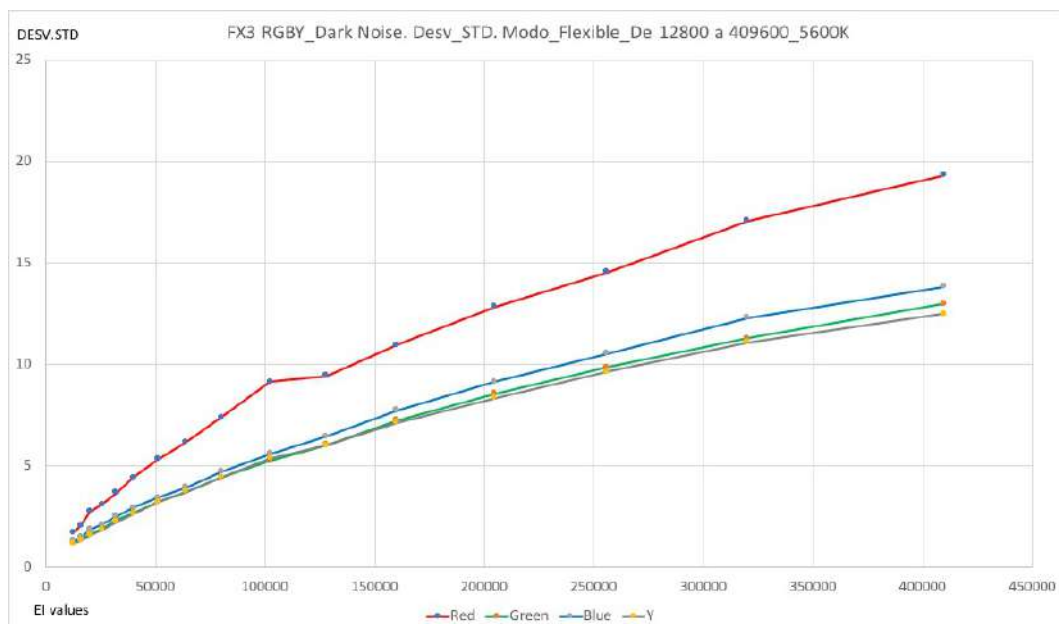


Figure 25. De ISO 12800 à 409600. Valeurs EI linéaires et écart type

Les figures 24 et 25 présentent les mêmes valeurs que celles analysées dans la figure 23, mais représentées sur une échelle linéaire plutôt que logarithmique. Cette perspective alternative permet de confirmer que la progression du bruit de fond suit des schémas similaires lorsque l'on compare les plages ISO 160 et ISO 12800 comme points de départ. Cependant, une différence dans la pente de croissance apparaît : l'augmentation du bruit entre les valeurs ISO reste relativement modérée de 160 à 10000, tandis qu'elle s'intensifie fortement à partir de 102 400 ISO (sur l'échelle 12800 ISO, figure 25), en particulier dans les canaux vert, bleu et dans la luminance (Y).

Ce comportement différentiel illustre comment l'architecture à double gain native du Sony FX3 fonctionne selon deux régimes distincts : le premier circuit (ISO 160–10000) maintient une progression du bruit contenue, tandis que le second circuit (ISO 12800–409600) montre une augmentation plus prononcée à mesure que la sensibilité s'élève, notamment dans la partie supérieure de la plage où le bruit de base devient plus perceptible.

Voyons maintenant le bruit de fond avec une température de couleur de 3200K.

Valeurs EI 3200K	Rouge	Vert	Bleu	Y
160	0,41	0,3	0,66	0,29
200	0,48	0,38	0,75	0,35
250	0,6	0,47	0,92	0,45
320	0,68	0,57	1,07	0,55
400	0,83	0,67	1,28	0,65
500	1,02	0,82	1,57	0,78
640	1,23	1,01	1,96	0,95
800	1,37	1,1	2,18	1,03
1000	1,54	1,25	2,48	1,16
1250	1,84	1,48	3,07	1,39
1600	1,96	1,59	3,06	1,47
2000	2,33	1,75	3,49	1,63
2500	2,47	1,94	3,75	1,79
3200	2,99	2,24	4,29	2,07
4000	3,29	2,44	4,52	2,3
5000	3,9	2,77	5,08	2,69
6400	4,45	3,2	5,78	3,17
8000	5,07	3,67	6,53	3,73
10000	5,45	4,23	6,8	4,21

Tableau 7

Valeurs EI 3200K	Rouge	Vert	Bleu	Y
12800	1,32	1,16	1,74	1,12
16000	1,48	1,29	2,07	1,23
20000	1,89	1,56	2,8	1,47
25600	2,13	1,8	3,11	1,71
32000	2,56	2,18	3,67	2,05
40000	2,96	2,5	4,24	2,37
51200	3,43	2,98	4,87	2,83
64000	4,06	3,45	5,73	3,32
80000	4,83	4,07	6,69	3,93
102400	5,75	4,8	8	4,67
128000	6,47	5,64	9,05	5,44
160000	7,78	6,79	10,71	6,54
204800	9,45	8,08	13,18	7,84
256000	10,5	9,24	14,45	8,92
320000	11,92	10,54	16,42	10,1
409600	13,74	12,12	18,98	11,52

Tableau 8

À cette température de couleur spécifique, les *tableaux 7 et 8* montrent que le canal bleu conserve systématiquement l'écart type le plus élevé. Parallèlement, le phénomène déjà observé réapparaît : le bruit de fond subit une réduction drastique lors du passage de 10000 ISO à 12800 ISO, avec des intensités variables selon les canaux. Dans la luminance (Y), l'écart diminue de 4,21 à seulement 1,12, ce qui rend l'ISO 10000 116 % plus bruyant que l'ISO 12800. Le canal rouge affiche une différence de 122 %, le vert de 114 % et le bleu de 118,5 %, illustrant une amélioration substantielle sous la valeur ISO 12800.

La *figure 26* (valeurs EI représentées sur une échelle logarithmique pour l'axe horizontal, tandis que l'axe vertical reste en échelle linéaire) confirme non seulement l'ampleur de cette discontinuité, mais met également en évidence l'efficacité du **second circuit de gain natif** du Sony FX3, activé précisément à 12800 ISO, où le bruit de fond est radicalement optimisé par rapport aux valeurs inférieures opérant hors de sa plage optimale.

Cette cohérence entre les données numériques et leur représentation graphique souligne un principe opérationnel clé : pour minimiser l'impact du bruit de fond, que ce soit à 3200 K ou 5600 K, le mode Flexible ISO avec 12800 ISO est toujours préférable à 10000 ISO. Non seulement il réduit le bruit de fond de 114 % à 122 % sur tous les canaux, mais il préserve également la qualité de l'image, en particulier sur les canaux bleu et rouge, où le gain différentiel de l'architecture Dual ISO native déploie son efficacité maximale. De plus, il est avantageux d'utiliser des valeurs jusqu'à 80000 ISO, où le bruit de fond reste inférieur à celui observé à 10000 ISO.

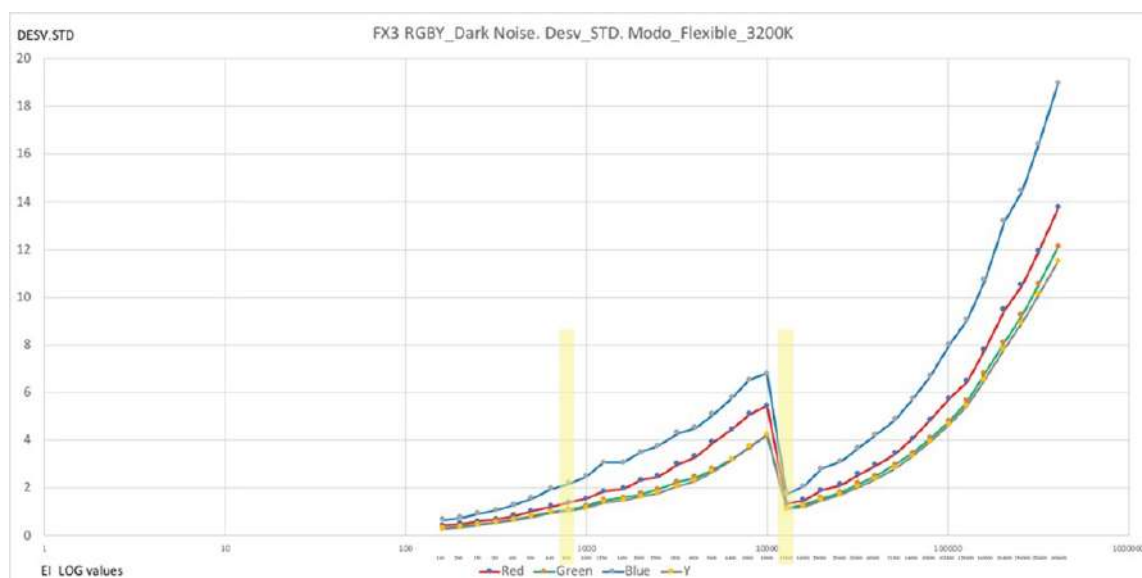


Figure 26. Bruit (écart type) dans RGBY à 5600K vs EI. Échelle logarithmique (EI) sur l'axe horizontal et échelle linéaire sur l'axe vertical.

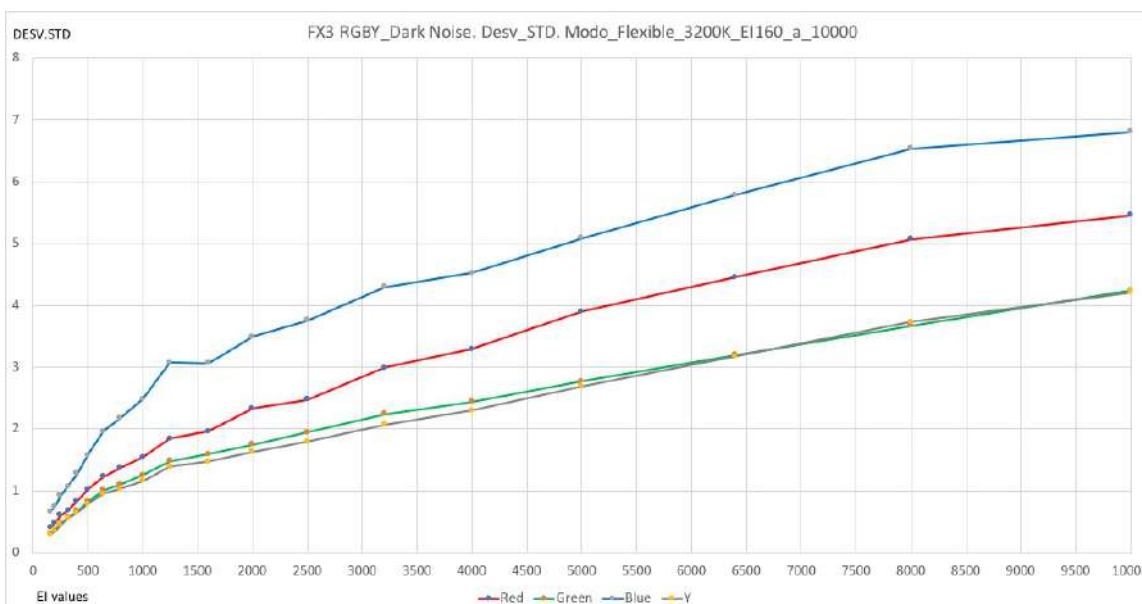




Figure 27. De ISO 160 à 10 000. Valeurs EI linéaires et écart type

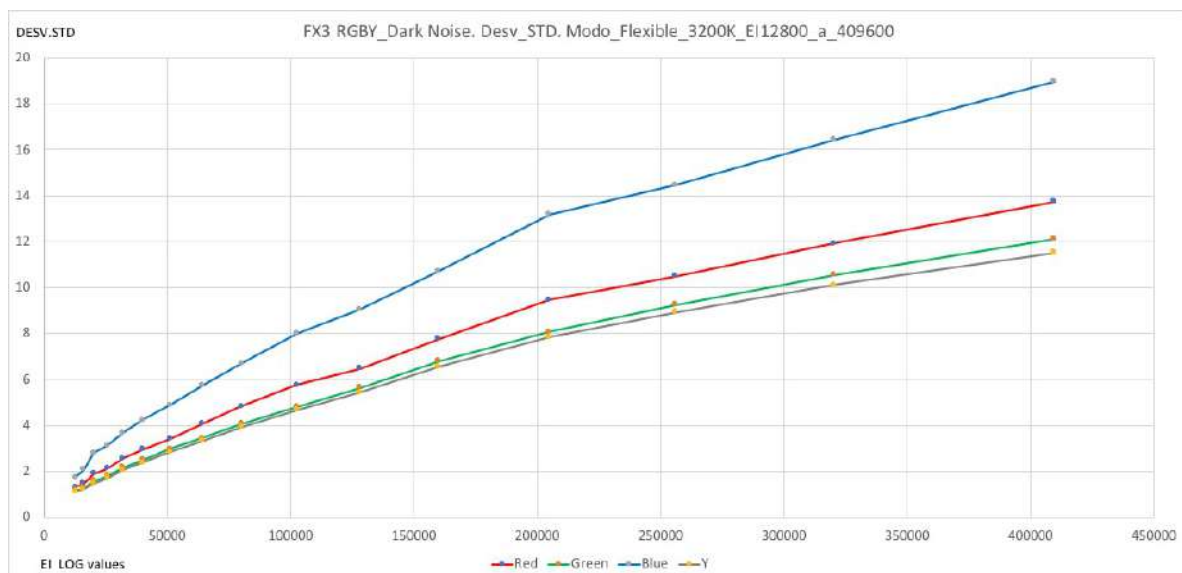


Figure 28. De ISO 12800 à 409600. Valeurs EI linéaires et écart type

Les figures 27 et 28 présentent les mêmes données de bruit que la figure 26, mais avec les deux axes en échelle linéaire au lieu des valeurs EI logarithmiques. Cette représentation permet de confirmer des tendances clés : le canal bleu montre une augmentation du bruit nettement plus marquée (avec une pente plus prononcée de la courbe) entre ISO 320 et 4000 que dans la même plage à partir de ISO 12800, soulignant sa plus grande variation dans les sensibilités moyennes. Ce comportement se retrouve également dans le canal rouge, mais avec une intensité moindre. Le canal vert et la luminance (Y), quant à eux, présentent des pentes similaires jusqu'à 3200 ISO, puis leur progression s'accroît par rapport aux courbes issues de 12800 ISO.

Cette divergence met en évidence deux principes opérationnels : premièrement, les plages ISO moyennes (400–6400) entraînent des augmentations de bruit plus significatives, notamment dans le canal bleu et, dans une moindre mesure, dans le canal rouge ; deuxièmement, le passage à 12 800 ISO réduit non seulement considérablement le bruit de base, comme nous l'avons déjà montré, mais génère également une progression modérée des différentes valeurs ISO (les courbes présentent une pente plus douce), exploitant pleinement l'efficacité du second circuit de gain natif du FX3 (Dual ISO).

Nous présentons ci-dessous la comparaison des canaux rouge et bleu entre les deux températures de couleur.

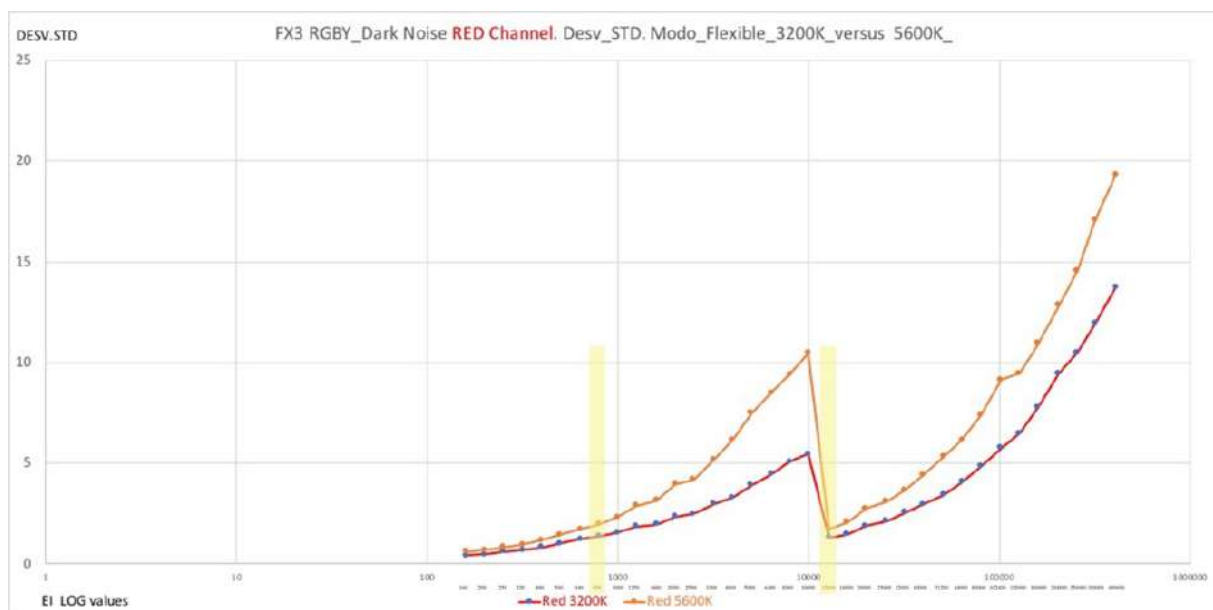


Figure 29. Comparaison dans le canal Rouge (R) des différentes valeurs ISO aux deux températures de couleur, 5600K et 3200K. Échelle logarithmique (EI) sur l'axe horizontal et échelle linéaire sur l'axe vertical.

La figure 29 compare le comportement du bruit dans le canal rouge de la caméra sous deux conditions de température de couleur différentes : 3200 K et 5600 K, en mode Flexible ISO, sur une échelle de valeurs ISO représentée logarithmiquement sur l'axe horizontal. L'axe vertical montre l'écart type du bruit (Desv Std), indicateur direct de la quantité de bruit présente dans l'image.

La première observation correspond à une tendance attendue : à mesure que la sensibilité ISO augmente, le niveau de bruit s'accroît dans les deux configurations de température de couleur. Cependant, la comparaison révèle un comportement inégal entre les deux réglages de balance des blancs. Sur presque toute la plage de sensibilité, la courbe correspondant à 5600 K — représentée en orange — présente un niveau de bruit plus élevé que la courbe à 3200 K — tracée en bleu. Cette différence devient particulièrement notable à partir de 2000 ISO, indiquant que, dans des conditions de lumière du jour (5600 K), le canal rouge est davantage affecté par l'augmentation du bruit.

D'un point de vue pratique, cette information est très utile : la présence moindre de bruit dans le canal rouge lors de l'enregistrement à 3200 K constitue un avantage dans les situations où l'on souhaite préserver la richesse chromatique des tons chauds, en particulier sous éclairage tungstène. En revanche, lorsqu'on travaille à 5600 K (condition typique de lumière du jour), le canal rouge nécessite une amplification numérique plus importante pour s'équilibrer avec les autres canaux, ce qui explique l'augmentation relative du bruit.

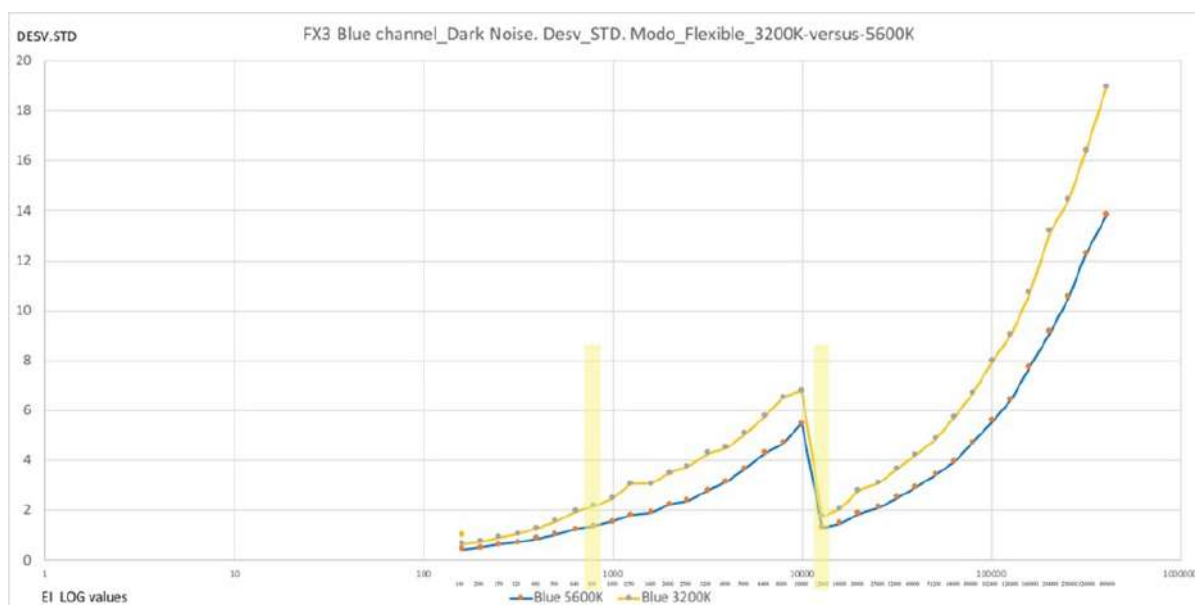


Figure 30. Comparaison dans le canal Bleu (B) des différentes valeurs ISO aux deux températures de couleur, 5600K et 3200K. Échelle logarithmique (EI) sur l'axe horizontal et échelle linéaire sur l'axe vertical.



Making-of du documentaire "Si je lui dis la vérité, je lui mens (Hétérodoxies cinématographiques colombiennes)"

La figure 30 offre une vue comparative du comportement du bruit de fond dans le canal bleu du Sony FX3 lorsque l'on travaille avec deux températures de couleur différentes : 3200 K et 5600 K. Comme dans le graphique précédent du canal rouge, l'axe horizontal représente les valeurs de sensibilité (ISO) sur une échelle logarithmique, tandis que l'axe vertical montre l'écart type linéaire du bruit (Desv Std), c'est-à-dire la quantité de fluctuations ou de bruit de fond présent dans le canal bleu. Dans ce cas, on constate à nouveau que le bruit augmente de manière progressive à mesure que l'ISO croît, ce qui est conforme au comportement typique des capteurs numériques.

Cependant, des différences subtiles mais significatives apparaissent dans le comportement du canal bleu par rapport au canal rouge.

La courbe jaune, représentant les données à 3 200 K, montre un niveau de bruit de fond systématiquement plus élevé que la courbe bleue correspondant à 5 600 K. Cette différence se maintient sur l'ensemble de la plage de sensibilités, mais devient particulièrement notable aux valeurs ISO élevées. Cela s'explique techniquement : à des températures de couleur chaudes comme 3 200 K, le canal bleu nécessite une amplification numérique plus importante pour s'équilibrer avec les autres canaux, car la lumière chaude contient moins de composante bleue.



*Studio utilisé pour filmer les tests de l'émulsion vierge trouvée dans l'ancienne maison d'Atanasio Bernal (1915-1997). Image du documentaire filmée avec la FX3*

Cette amplification supplémentaire se traduit par une augmentation du bruit de fond dans ce canal spécifique.

Comme dans le graphique précédent, on observe une discontinuité nette autour de 12800 ISO, où les deux courbes présentent une chute brutale avant de remonter. Ce point coïncide avec un changement de base ISO dans l'appareil photo, caractéristique typique des capteurs à **double architecture ISO native**, comme c'est le cas du FX3. Cette transition

marque une modification dans le traitement interne du capteur, impactant directement la quantité de bruit perçue.

Il est intéressant de noter que, contrairement au canal rouge — où 3200 K produisait moins de bruit —, c'est l'inverse qui se produit dans le canal bleu : 5600 K constitue le réglage le plus favorable pour limiter le bruit.

En résumé, en comparant le comportement des canaux rouge et bleu sur le Sony FX3 — tous deux évalués en conditions de bruit de fond (dark noise) en mode **Flexible ISO** et à deux températures de couleur différentes, 3200 K et 5600 K —, des différences significatives apparaissent, révélant la sensibilité chromatique inégale du capteur face aux différentes sources lumineuses.

Tout d'abord, le canal rouge présente de meilleures performances dans des conditions de lumière chaude (3200 K), avec des niveaux de bruit plus faibles sur presque l'ensemble de la plage ISO. Cela s'explique par la prédominance naturelle de la composante rouge sous éclairage tungstène, permettant au capteur d'appliquer moins de gain à ce canal et réduisant ainsi le bruit. En revanche, à 5600 K (lumière du jour), le canal rouge nécessite une amplification plus importante, ce qui augmente considérablement son bruit, en particulier à partir des ISO moyens. Le canal bleu montre le comportement inverse : ses performances s'améliorent nettement à 5600 K, où la lumière contient une composante bleue plus importante. Dans ces conditions, le canal bleu requiert moins d'amplification, offrant un signal plus propre. À 3 200 K, la composante bleue étant plus faible, la caméra doit compenser numériquement, ce qui accroît le bruit dans ce canal.

Les deux canaux présentent une discontinuité marquée autour de 12 800 ISO, correspondant au changement de base ISO du capteur. Ce saut confirme le comportement typique des capteurs Dual ISO, affectant à la fois le rouge et le bleu, bien que l'impact sur la quantité de bruit varie en amplitude.

Ces observations confirment que le choix de la température de couleur influence différemment chaque canal, en fonction de la distribution spectrale de la lumière et de l'architecture du capteur.



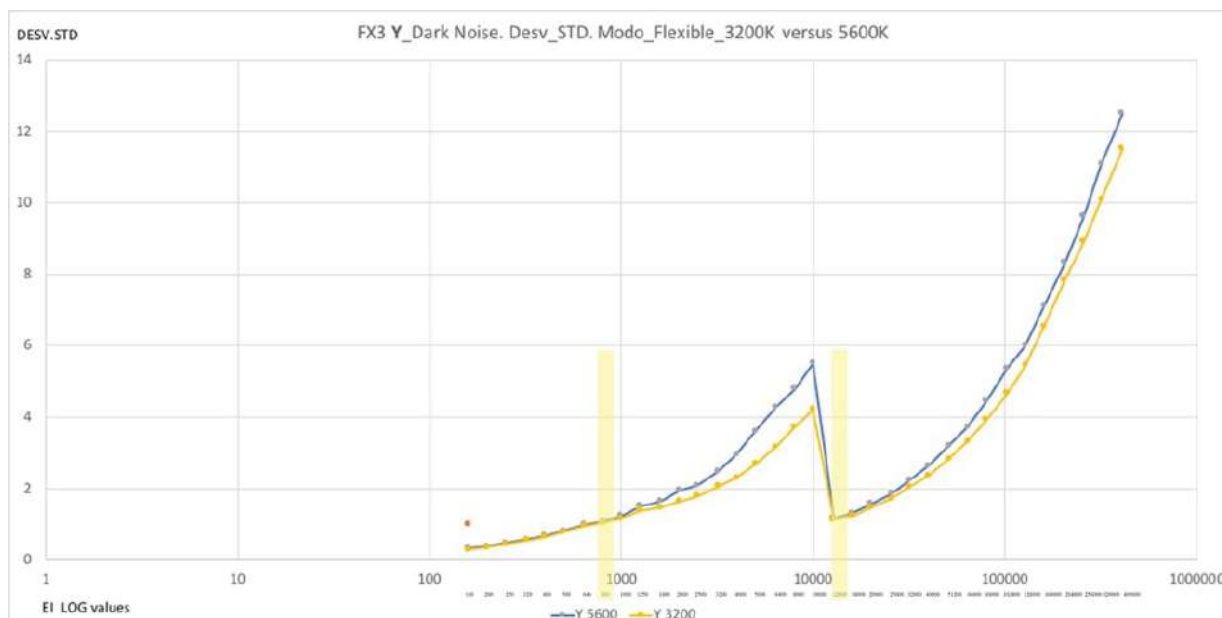


Figure 31. Comparaison dans  $Y$  des différentes valeurs ISO aux deux températures de couleur, 5600K et 3200K. Échelle logarithmique (EI) sur l'axe horizontal et échelle linéaire sur l'axe vertical.

La figure 31 analyse le comportement du bruit dans la luminance ( $Y$ ), qui correspond à une combinaison pondérée des trois canaux RVB et caractérise ainsi la luminosité perçue de l'image. Ce canal revêt une importance particulière, car le système visuel humain est nettement plus sensible aux variations de luminance qu'à celles de chrominance. En pratique, le bruit le plus perceptible se manifeste donc très souvent dans cette composante.

L'examen des courbes correspondant à 3200 K (jaune) et 5600 K (bleu) met en évidence un schéma cohérent : à mesure que la sensibilité ISO augmente, l'écart type du bruit de fond progresse de façon régulière et continue, à l'exception d'une baisse marquée autour de 12800 ISO. Cette discontinuité coïncide avec le passage à la valeur ISO native de l'appareil, phénomène déjà observé dans les canaux rouge et bleu.

Cependant, contrairement aux canaux chromatiques, la luminance présente des écarts beaucoup plus subtils entre les deux températures de couleur. Jusqu'à environ 2500 ISO, les courbes à 3200 K et 5600 K demeurent pratiquement indiscernables. Au-delà de ce seuil, le bruit mesuré à 5600 K commence à croître légèrement par rapport à celui observé à 3200 K, et cette divergence s'accroît progressivement aux sensibilités les plus élevées. Dans ce régime, la luminance à 5600 K affiche un écart type supérieur, traduisant une perception plus marquée du grain ou des fluctuations dans l'image.

Ce comportement reste cohérent avec les résultats obtenus sur les canaux individuels. Étant donné que la composante  $Y$  correspond à une combinaison pondérée des trois canaux RVB — avec une influence prédominante du vert mais également des contributions du rouge et du bleu —, il est logique que les écarts constatés dans le canal rouge (plus bruyant à 5600 K) et dans le canal bleu (plus bruyant à 3200 K) se compensent partiellement. Le résultat global se traduit par une augmentation légère mais constante du bruit en conditions de lumière du jour (5600 K).



Alfonso Parra AEC, ADFC lors du tournage du long-métrage documentaire avec la caméra Sony FX3

En complément, la figure 32 illustre empiriquement les motifs du bruit de fond (*dark noise*) à 5600K pour chaque valeur ISO. Ces échantillons — obtenus à partir d’images capturées dans l’obscurité totale selon la méthodologie initialement décrite — permettent d’analyser la densité, la distribution et la dimension chromatique du bruit généré par le capteur. Il convient de souligner que des réglages extrêmes d’exposition et de contraste ont été appliqués pour leur visualisation ; ces images revêtent donc uniquement une valeur illustrative.

Jusqu’à 400 ISO, le bruit de fond demeure à peine perceptible, avec seulement de faibles fluctuations chromatiques à partir de 500 ISO, ce qui permet de maintenir une netteté d’image acceptable. Entre 800 et 1000 ISO, la texture du bruit devient plus évidente avec l’apparition de composantes chromatiques, bien que dans des proportions encore tolérables. Aux sensibilités intermédiaires, le bruit RVB se manifeste de façon plus marquée, notamment dans les tonalités rouges et magenta, en corrélation avec l’activité accrue du canal rouge observée précédemment. À partir de 3200–4000 ISO, le bruit se densifie progressivement et adopte un caractère aléatoire et multicolore, où les dominantes rouges tendent à prévaloir.

À partir de 6400 ISO, l’accroissement de la pente de l’écart type du canal Y confirme la perte d’uniformité tonale. Aux sensibilités élevées (8000–12800 ISO), les noirs acquièrent une texture



Adriana Bernal, ADFC, teste l’émulsion vierge trouvée et fabriquée par Atanasio Bernal. Image tirée du documentaire tourné avec la FX3.

« sale », principalement imputable à la contribution du canal rouge, un phénomène cohérent avec les graphiques précédents de l’écart type. Les valeurs très élevées (16000–128000 ISO) accentuent des motifs de bruit saturé particulièrement agressifs, avec une prédominance de magenta et de vert résultant d’un déséquilibre intercanal, où même la relative stabilité du bleu ne suffit plus à compenser la dégradation de la luminance. Enfin, aux sensibilités extrêmes (160000–

409600 ISO), le capteur génère un véritable chaos visuel : la perception du noir est compromise, les détails des ombres disparaissent et des artefacts chromatiques accompagnés de motifs linéaires viennent altérer l’image.

La figure 33 illustre le comportement visuel du bruit dans l’obscurité totale (*dark noise*) à une température de couleur de 3200K. Dans la plage ISO 160–640, le bruit demeure à peine perceptible et se révèle légèrement plus contenu qu’à 5600K. Entre 800 et 1250 ISO, un grain chromatique progressif apparaît, sans transitions abruptes, restant maîtrisable et offrant un léger avantage par rapport à 5600K. Aux sensibilités moyennes à élevées (1600–6400 ISO), des motifs colorés deviennent visibles, tandis qu’entre 8000 et 12800 ISO, le bruit s’impose de manière nettement intrusive. Il convient de souligner que les deux températures présentent un changement de motif lors du passage de 10000 à 12 800 ISO. Enfin, aux valeurs extrêmes, les tons violets se substituent aux rouges dominants observés à 5600K, traduisant l’amplification relative différente des canaux rouge et bleu en fonction de la température de couleur.



Une partie du collectif Fendetestas lors des essais du film vierge retrouvé chez Atanasio Bernal.



CINE EI MODO FLEXIBLE  
DARK NOISE  
5600K

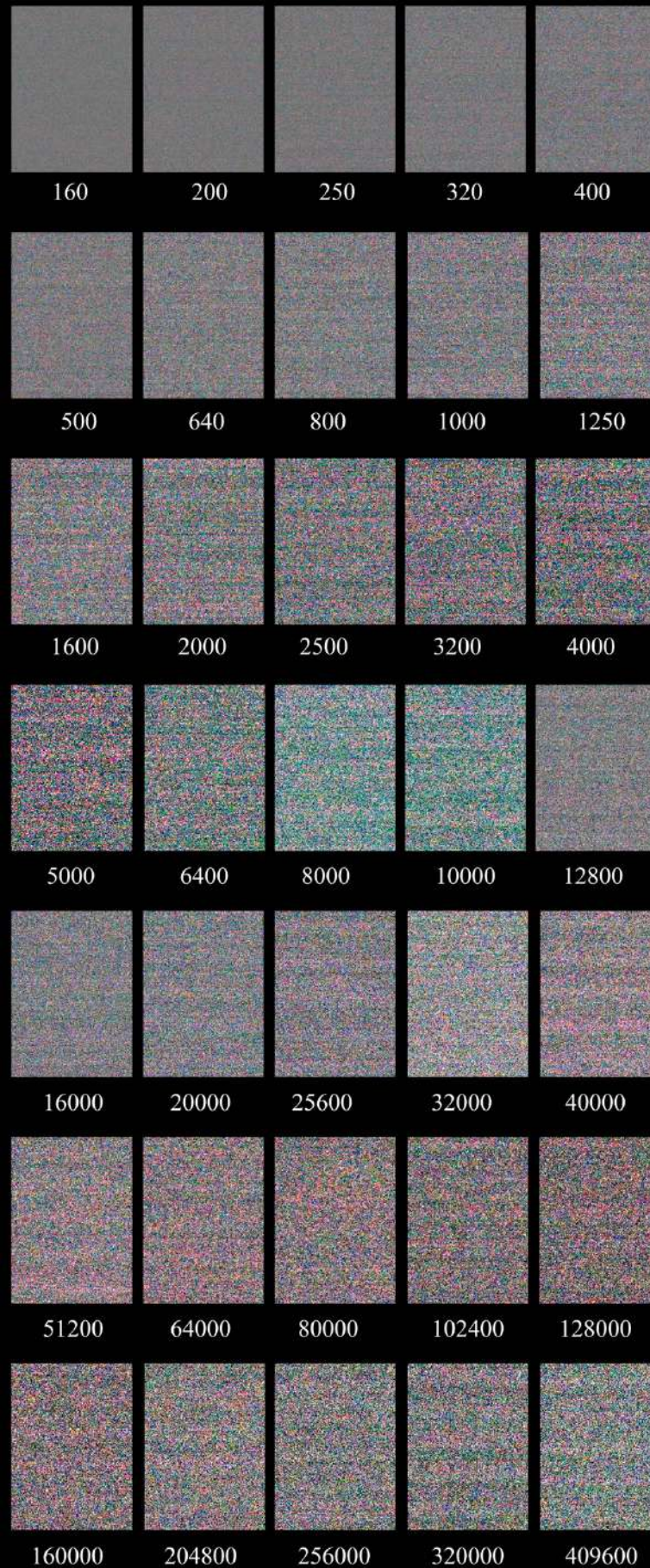


Figure 32



CINE EI MODO FLEXIBLE  
DARK NOISE  
3200K

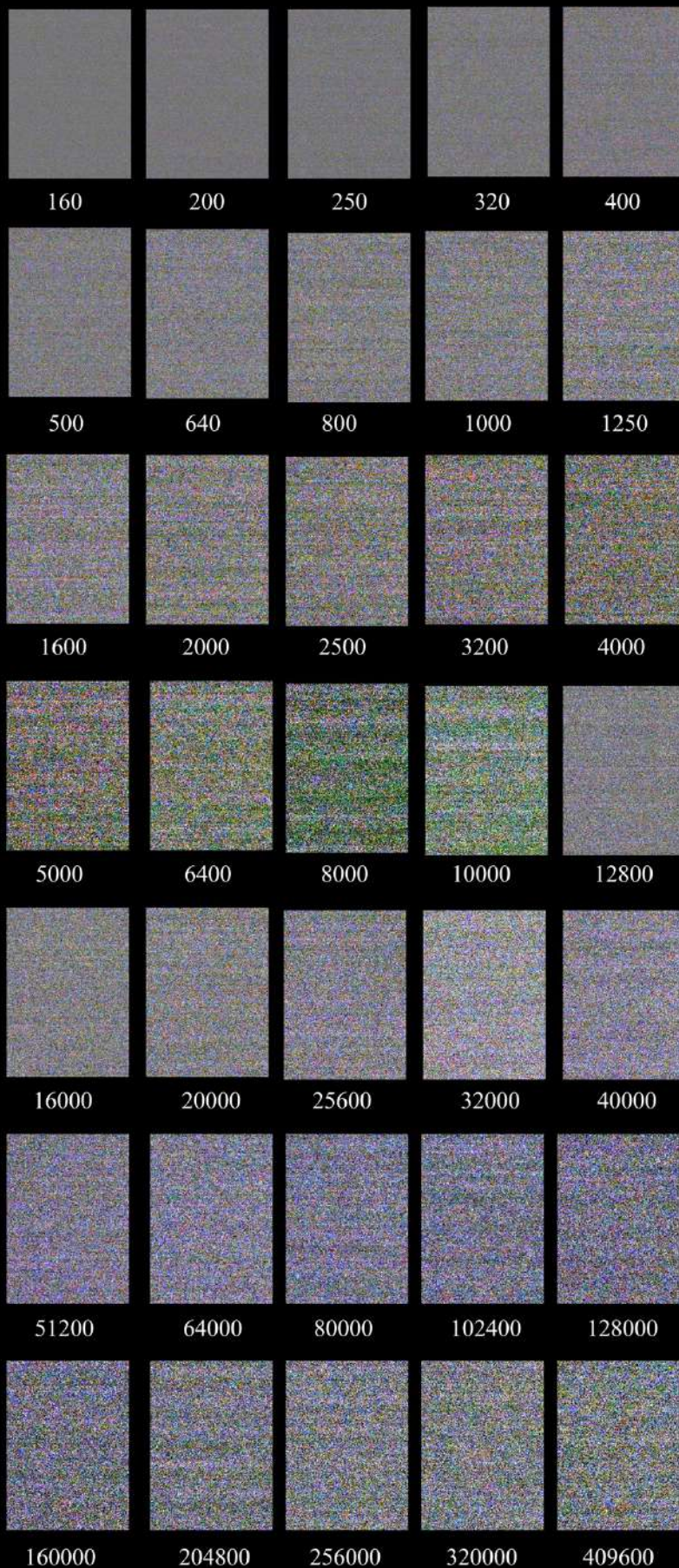


Figure 33

Rappelons que toute cette analyse en mode Flexible concerne le bruit de fond et que nous procéderons ensuite à l'évaluation finale en tenant compte du rapport signal/bruit, comme cela a été fait en mode Cine EI.

### Analyse du rapport signal/bruit (SNR) en mode CINE FLEXIBLE

Dans le rapport SNR, l'ensemble des bruits est pris en compte, y compris le bruit de fond. Nous utilisons à nouveau la charte Macbeth ainsi que le logiciel Imatest pour procéder à l'analyse.

Commençons par l'examen de la charte à 5600 K pour les différentes valeurs ISO.



Valeurs EI 5600K	R	V	B	Y
200	49,3	50,7	50,5	51,1
400	45,8	49,4	49,1	50,3
800	44,2	47,6	46,8	48,4
1600	42,7	46,1	45,3	47
3200	40,8	44,4	43,6	45,1
6400	38,7	40,09	41,1	41,1
12800	37,9	38,8	38,7	38,9
25600	34,2	36,3	36,6	36,6
51200	31,1	33,4	33,5	33,7
102400	28,5	30,9	30,09	31,1
204800	28,5	30	30,2	30,2
409600	26	26,6	26,7	26,7

Tableau 9

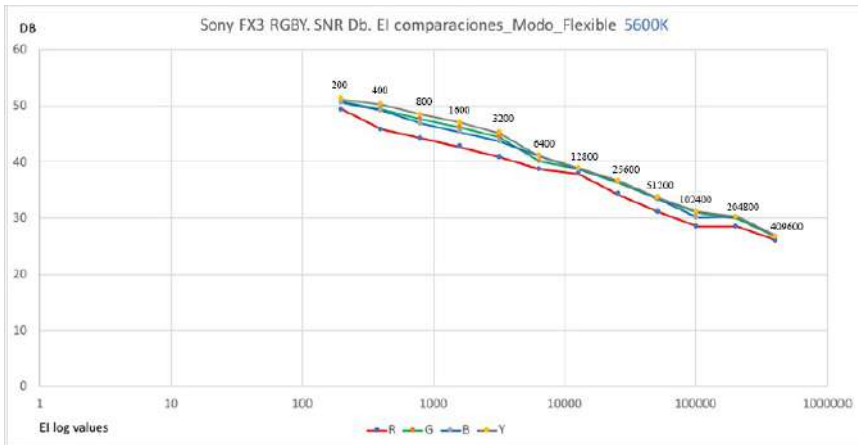


Figure 34

La *figure 34* et le *tableau 9* présentent le rapport signal/bruit (SNR en dB) pour les canaux R, V, B et Y en mode Cine EI Flexible à 5600 K. Ils révèlent que la luminance (Y) — moyenne pondérée des canaux RVB — ainsi que le canal vert (G) conservent systématiquement les meilleurs rapports SNR. Cette performance s'explique par la conception du capteur avec le motif Bayer, qui privilégie les photodiodes vertes. À l'inverse, le canal rouge (R) enregistre les valeurs de SNR les plus faibles sur l'ensemble de la plage ISO, tandis que le canal bleu (B) suit une tendance similaire avec des écarts plus réduits.

En comparant ISO 800 et 12800, les différences apparaissent significatives : à ISO 800, le canal bleu affiche un SNR supérieur de 18,9 %, le rouge de 15,3 %, le vert de 20,3 %, et la luminance atteint un avantage de 21,7 %. Cette progression confirme la dégradation constante du SNR à mesure que la sensibilité augmente, bien que les baisses ne soient pas linéaires et deviennent particulièrement abruptes entre 6400–12800 et 102400–204800 ISO, intervalles où le bruit affecte plus sévèrement la qualité de l'image.

Il convient également de noter que le canal rouge présente des variations plus marquées aux sensibilités élevées, tandis que la luminance conserve une plus grande stabilité avec des transitions plus douces. Ces résultats sont synthétisés dans le *tableau 10*, qui établit les seuils en dB associés à une qualité optimale : celle où le bruit demeure imperceptible, n'érode pas les détails dans les ombres, ne réduit pas la plage dynamique et ne compromet pas la fidélité chromatique.

Plage ISO 5600K	Observations
100-3200	≥ 40Db Excellente qualité.
6400-12800	[35, 40] DB Très bonne qualité
25600-51200	[30, 35] DB Qualité toujours acceptable avec un peu de bruit perceptible
102400-409600	≤ 30 DB bruit très perceptible

Tableau 10

Voyons maintenant le comportement à 3200K.

Valeurs EI 3200K	R	V	B	Y
200	51,4	51,1	47,6	51,8
400	49	50,2	47,8	51
800	46,2	48,4	46,3	49,2
1600	44,8	47,4	44,8	48,3
3200	42,3	44,8	42,1	45,4
6400	41,2	42,8	41,6	43,1
12800	38,5	39,6	39	39,8
25600	35,5	36,8	35,7	37,2
51200	33,7	34,8	34,1	35,1
102400	31,1	31,6	31	31,7
204800	28,9	29	28,7	29,1
409600	25,3	25,6	25,5	25,7

Tableau 11

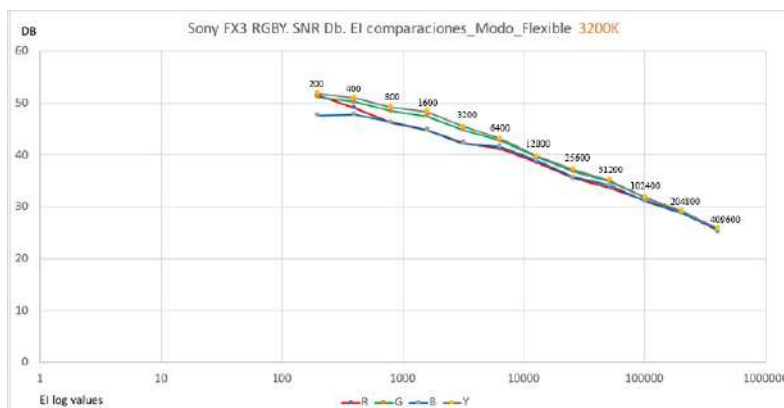


Figure 35

Le tableau 11 et la figure 35 illustrent le comportement des canaux RVBY à 3200 K. Dans ce profil, les canaux bleu (B) et rouge (R) présentent des valeurs de SNR très proches à partir de 800 ISO, toutes deux inférieures à celles du vert (G) et de la luminance (Y). Leurs courbes affichent des variations inférieures à 0,2 dB entre les différentes valeurs ISO, ce qui traduit un excellent équilibre chromatique dans des conditions de lumière chaude.

En comparant directement les valeurs ISO 800 et 12 800 à 3200 K, on observe un avantage constant de la valeur ISO la plus basse sur l'ensemble des canaux de l'image : la luminance (Y) enregistre une amélioration de 21 % du rapport signal/bruit, le canal rouge (R) de 18 %, le vert (G) de 20 % et le bleu (B) de 17 %.

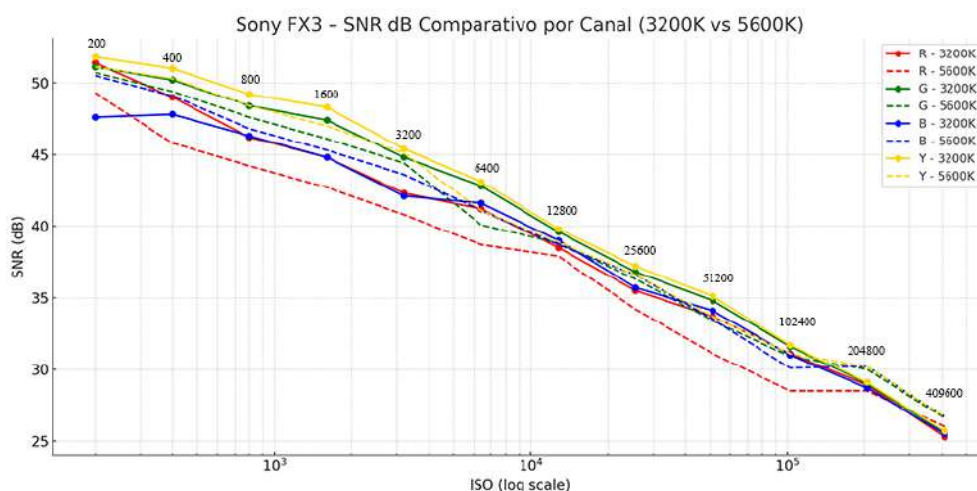


Figure 36

La figure 36 met en évidence les différences entre les canaux RVBY pour les deux températures de couleur, tandis que la figure 37 et le tableau 12 présentent une analyse quantitative des courbes de SNR (exprimées en dB) pour les canaux rouge (R), vert (G), bleu (B) et luminance (Y) en fonction des valeurs EI. Afin d'évaluer le comportement global, nous avons calculé l'aire sous la courbe de SNR pour chaque canal au moyen de la formule suivante :

$$\text{Zone} = \sum \text{SNR}(\text{EI}) * \Delta \text{ISO}.$$

Canaux	Aire sous la courbe 3200K	Aire sous la courbe 5600K	Différence absolue	Différence %
Rouge (R)	12,164,120	11,823,630	+340,490	+2.88%
Vert (G)	12,344,810	12,459,722	-114,912	-0.92%
Bleu (B)	12,170,960	12,448,492	-277,532	-2.23%
Luminance (Y)	12,403,960	12,542,680	-138,720	-1.11%

Tableau 12



Cette méthode quantifie le rendement cumulé du rapport signal/bruit sur toute la plage de sensibilités.

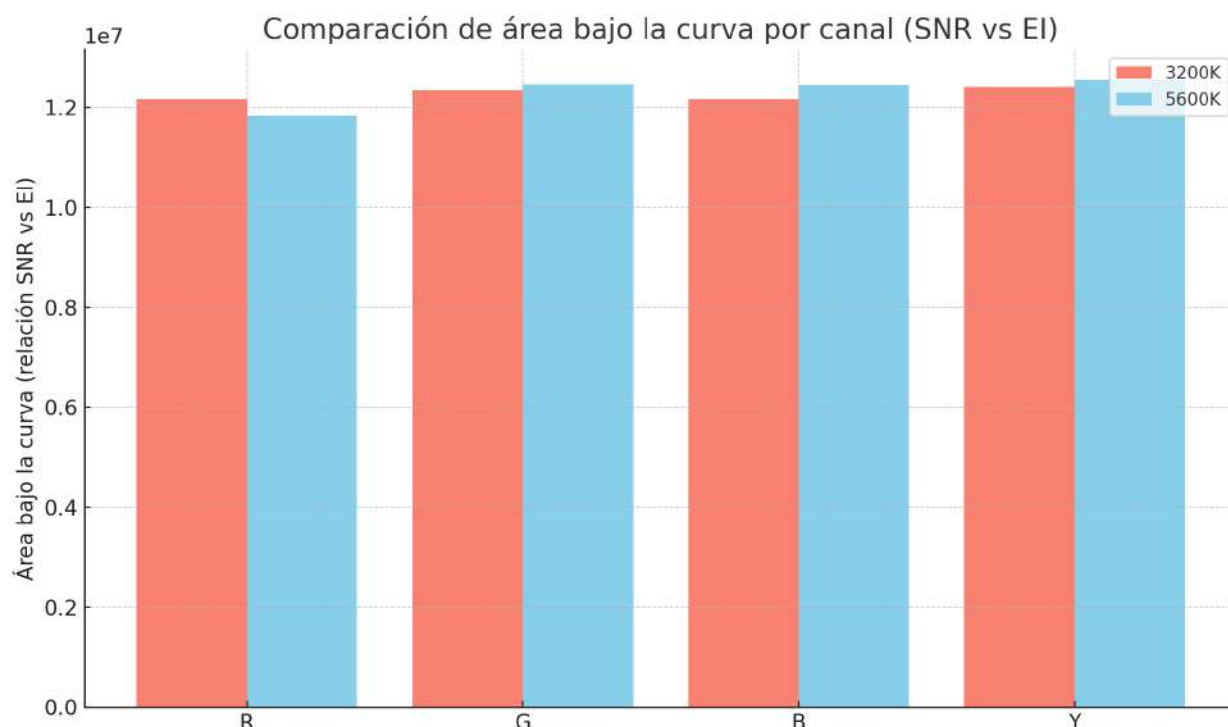


Figure 37. Comparaison de l'aire sous les courbes par canal (SNR vs EI)

Le canal vert (G) et la luminance (Y) conservent le meilleur rapport signal/bruit global, tandis que le canal rouge (R) est le seul à présenter une amélioration significative à 3200K, avec un rapport signal/bruit moyen supérieur de 2,88 %. Ce comportement correspond à la réponse spectrale du capteur face à des sources de lumière chaude. En revanche, les canaux vert (G), bleu (B) et luminance (Y) affichent un meilleur SNR à 5600K, le bleu se distinguant par la différence relative la plus marquée (-2,23 % par rapport à 3200K).

Bien que ces variations ne soient pas drastiques, elles illustrent la manière dont la température de couleur influe sur l'efficacité de capture par canal et sur le rapport signal/bruit. Ces différences apparaissent plus nettement dans les figures 38 et 39, qui proposent des comparaisons spécifiques pour les canaux rouge et bleu.

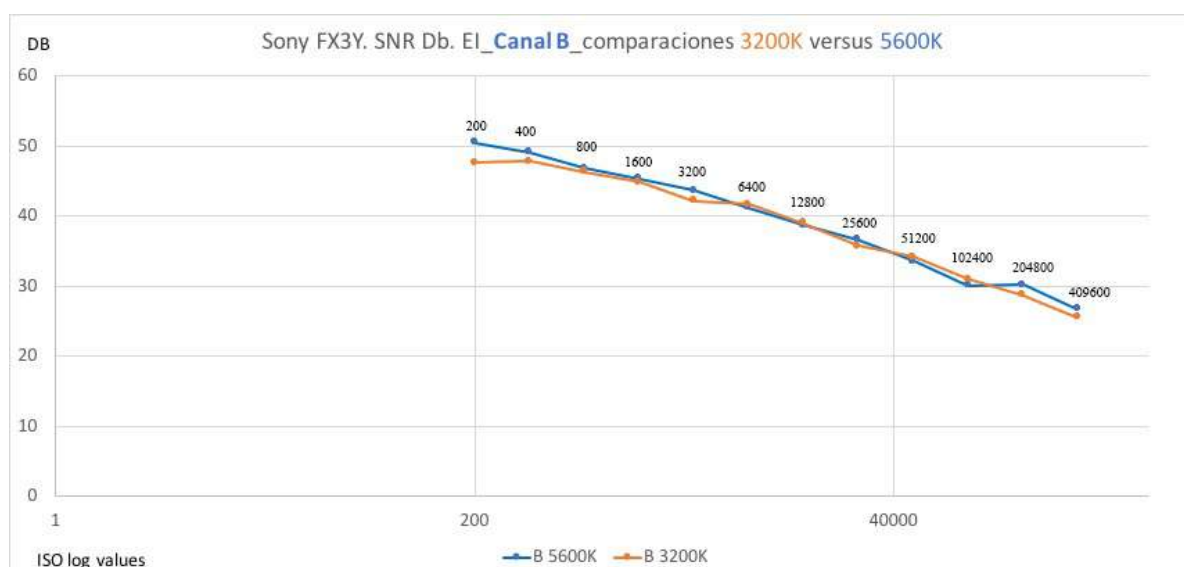


Figure 38. Comparaison du rapport signal/bruit (SNR) des valeurs ISO avec les deux températures de couleur dans le canal Bleu.

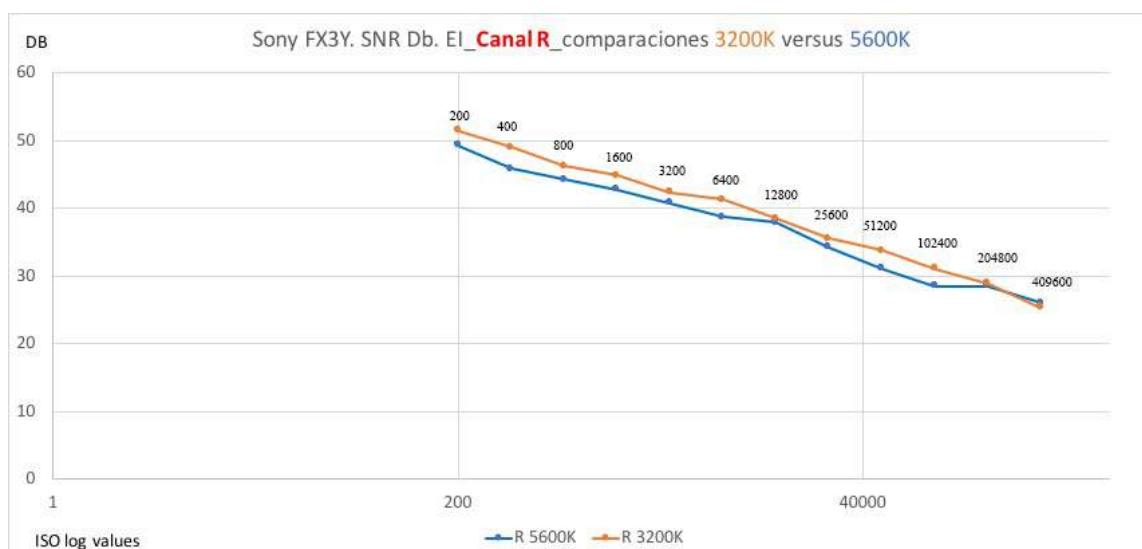


Figure 39. Comparaison du rapport signal/bruit (SNR) des valeurs ISO avec les deux températures de couleur dans le Canal rouge.

En résumé, dans les deux profils de couleur, on observe que le SNR atteint ses valeurs les plus élevées à faibles sensibilités (200–800 ISO), garantissant une image plus nette. À mesure que l'ISO augmente, le SNR diminue progressivement dans tous les canaux, avec une chute marquée jusqu'à environ 12800 ISO, seuil à partir duquel les courbes se stabilisent et n'affichent plus que des écarts mineurs entre les canaux.

Le canal rouge affiche un SNR systématiquement supérieur à 3200K, cohérence attribuable à sa présence spectrale plus marquée dans la lumière chaude. L'aire sous la courbe confirme l'avantage de ce profil dans la plage des ISO faibles à moyens. Le canal vert présente un SNR légèrement plus élevé à 5600K, en particulier entre ISO 800 et 12800, et demeure le plus performant en termes absolus en raison de son poids dans le motif Bayer. Le canal bleu, pour sa part, offre de meilleures performances à 5600K, avec une différence notable entre ISO 400 et 6400, avant de s'aligner sur le rouge à partir de 800 ISO.

La luminance (Y) assure les meilleures performances globales : un rapport signal/bruit élevé et stable sur toute la plage ISO, avec un léger avantage pour 5600K, ce qui en fait une référence solide dans des conditions neutres ou diurnes. À des fins pratiques, la caméra se montre tout aussi compétente dans les deux températures de couleur, avec une gestion du bruit acceptable entre 160 et 51200 ISO.

Pour ce voyage, il n'était pas nécessaire d'emporter tant de bagages !

Revenons à *Sónya* et à son regard à la lueur des bougies (figures 40 à 42). Aux valeurs les plus faibles (EI 200 à 800), l'image logarithmique demeure fortement sous-exposée, dominée par des noirs profonds où les détails restent à peine perceptibles. Dans la conversion ACES 709, les hautes lumières des flammes émergent, mais au prix d'un visage et d'un corps entièrement absorbés par des ombres irrécupérables. En passant à EI 1600–3200, la courbe logarithmique commence à révéler les textures du visage et des vêtements ; la version ACES 709 améliore la séparation tonale, mais le bruit reste notable dans les arrière-plans, reflétant un SNR encore limité qui privilégie les hautes lumières au détriment des ombres. EI 6400 marque un tournant : l'équilibre logarithmique rend le sujet pleinement reconnaissable, et ACES 709 permet d'obtenir un contraste efficace, avec des ombres et des lumières différenciées malgré un bruit résiduel dans les zones sombres. Cette valeur représente un compromis acceptable entre le contrôle du bruit et la conservation de l'information.



Adriana Bernal ADFC, pendant le tournage du documentaire « Si je vous dis la vérité, je vous mens (hétérodoxies cinématographiques colombiennes) » du collectif Fendetestas.

## SONY FX3.MODO CINE EI FLEXIBLE

ORIGINAL CAMARA SLOG3-SG3.CINE

ACES CCT ITU 709

EI 200



EI 400



EI 800



EI 1600



EI 3200



EI 6400



Figure 40. Comparaison du mode flexible Ciné EI à différentes valeurs ISO



**EI 12800**



**EI 25600**



**EI 51200**



**EI 102400**



**EI 204800**



**EI 409600**



*Figure 41. Comparaison du mode flexible Ciné EI à différentes valeurs ISO*

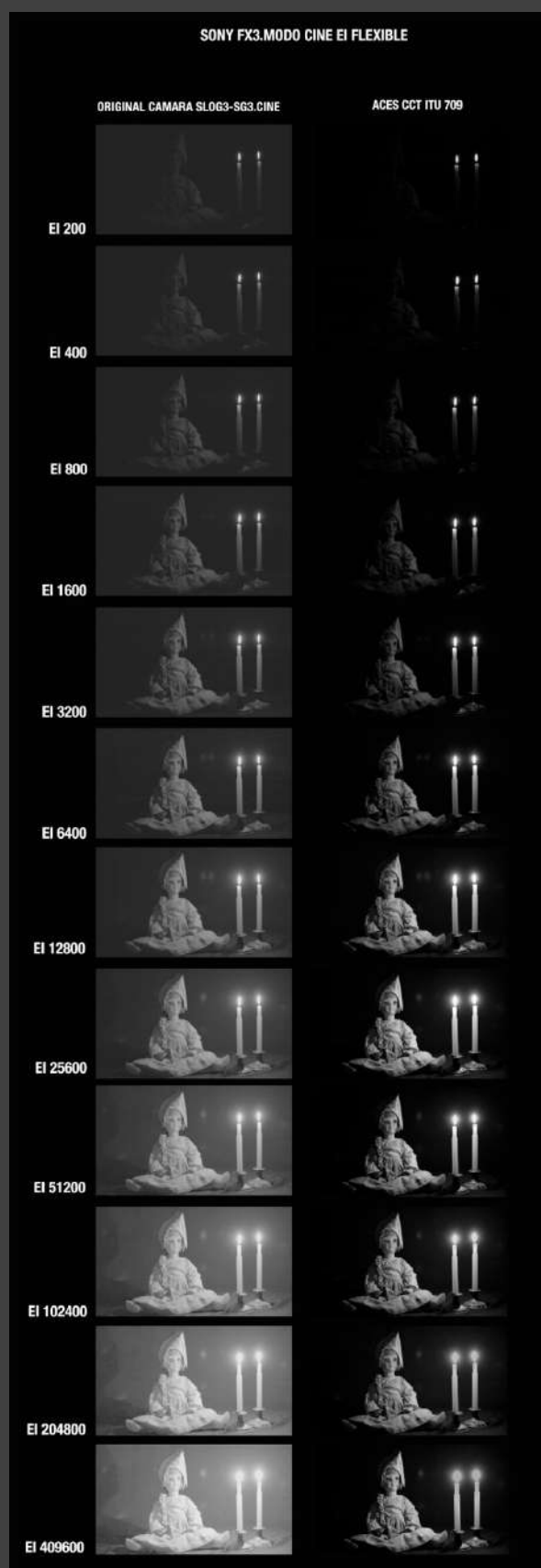
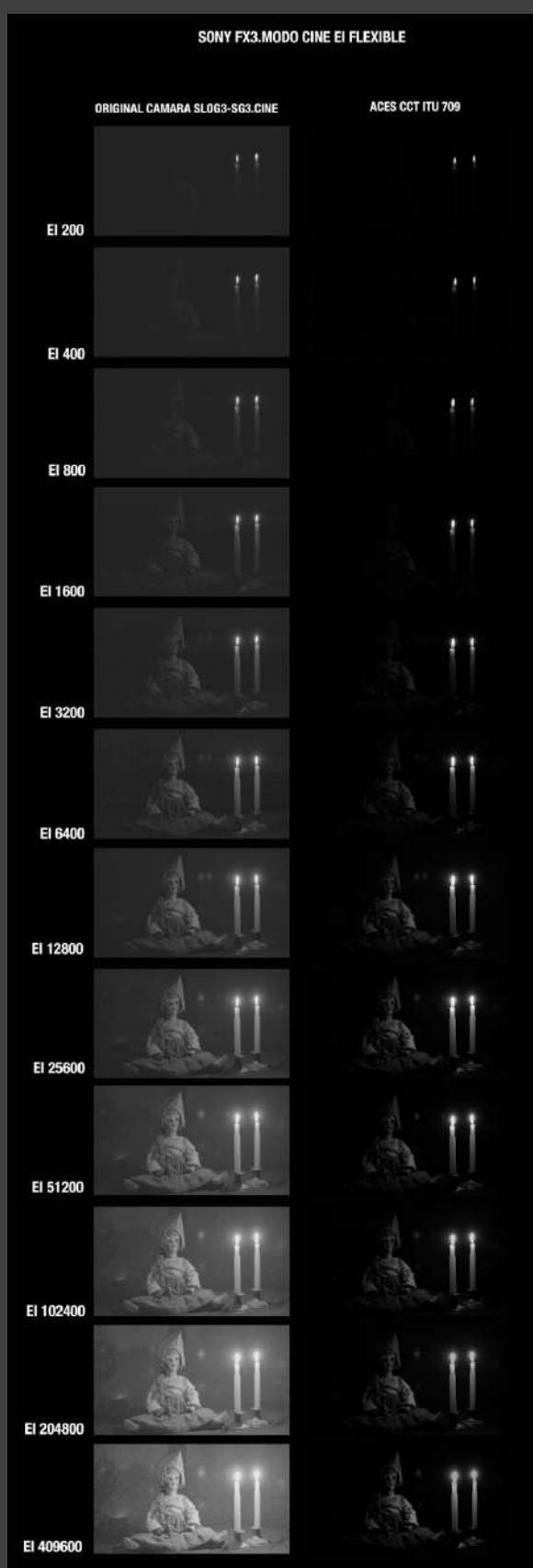


Figure 42. **Canal rouge (R)**



*Canal Bleu (B)*

La véritable optimisation se produit à EI 12800 (base ISO élevée), où l'exposition logarithmique atteint une netteté, une gamme tonale et une dynamique optimales, traduites en ACES 709 par des couleurs équilibrées avec un bruit à peine perceptible, confirmant cet EI comme idéal pour les scènes à éclairage critique, telles que celles éclairées à la bougie. Au-delà, entre EI 25600 et 102400, l'exposition logarithmique devient excessive, accompagnée d'un bruit chromatique croissant. Bien que l'ACES 709 restitue une luminosité correcte, la dégradation du SNR demeure manifeste, ce qui en limite l'usage à des situations extrêmes nécessitant une post-production lourde. Enfin, aux valeurs EI 204800 – 409600, l'image logarithmique apparaît surexposée et délavée, avec une perte des détails dans les hautes lumières, tandis que l'ACES 709 révèle un bruit ingérable et une perte d'informations, invalidant pratiquement ces réglages extrêmes, sauf dans le cas d'un emploi intentionnel à des fins narratives par le directeur de la photographie.

### Analyse de la plage dynamique (RD) en mode CINE EI.

Nous analysons ensuite comment le bruit affecte la plage dynamique, en tenant compte du fait que sa distribution varie en fonction de la valeur ISO sélectionnée et du bruit observé. Pour cette étude, nous avons photographié la charte P.I.L.I. (Precision Imaging & Lighting Institute) à 21 niveaux de densité, inspirée de la charte Xyla de DSC Lab, et avons traité les données avec Imatest. Parmi les mesures générées par le logiciel, nous avons spécifiquement retenu la valeur de bruit moyenne (medium), car elle correspond, selon notre expérience, aux conditions de travail réelles.

Voici les résultats pour les valeurs EI de base (800 et 12800) en mode CINE EI (figures 43 et 44).

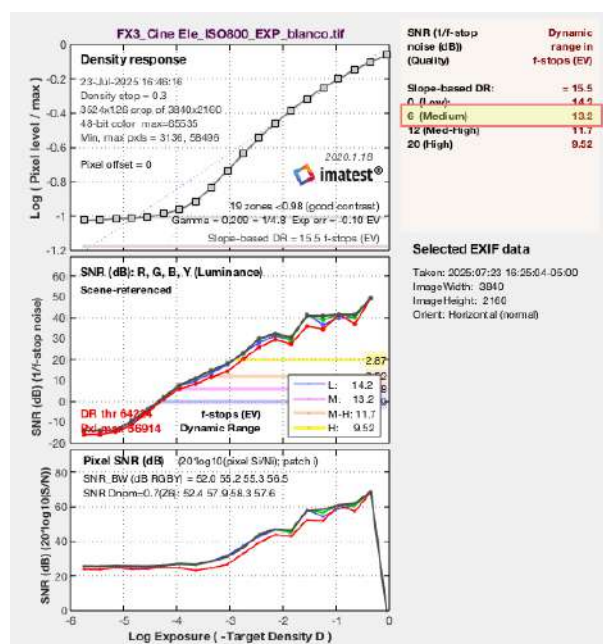
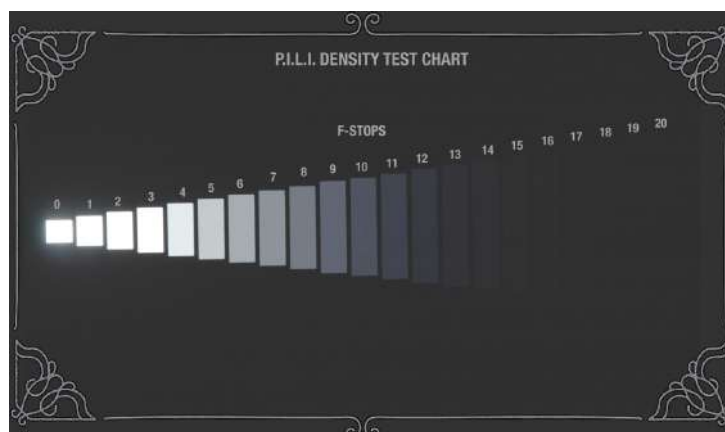


Figure 43 Cine EI base 800

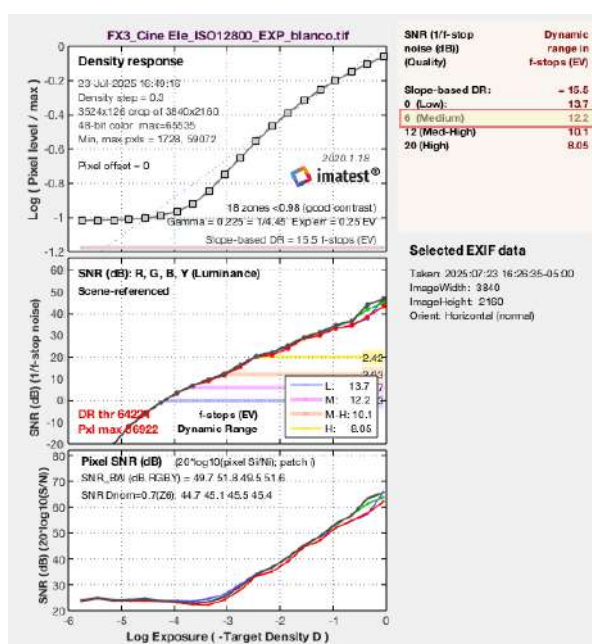


Figure 44 Cine EI Base 12800

À EI 800, la plage dynamique est de 13,2 diaphragmes en tenant compte du niveau de bruit, tandis qu'à EI 12800, la plage dynamique calculée avec la même valeur de bruit est de 12,2. Cette différence d'un diaphragme contraste avec la plage dynamique totale, sans prise en compte du bruit, qui demeure identique dans les deux cas : 15,5 diaphragmes.

L'affichage des formes d'onde (wfm) sur le moniteur corrobore ces données : bien que l'on distingue pratiquement les mêmes niveaux aux deux EI, on observe qu'à EI 12800 les niveaux inférieurs au gris moyen présentent une plus grande largeur, ce qui traduit une augmentation du bruit dans les ombres. C'est pour cette raison qu'Imatest réduit la plage dynamique de l'EI 12800 par rapport à l'EI 800. La figure 45 montre les images en 3D de la charte P.I.L.I. aux deux valeurs EI.

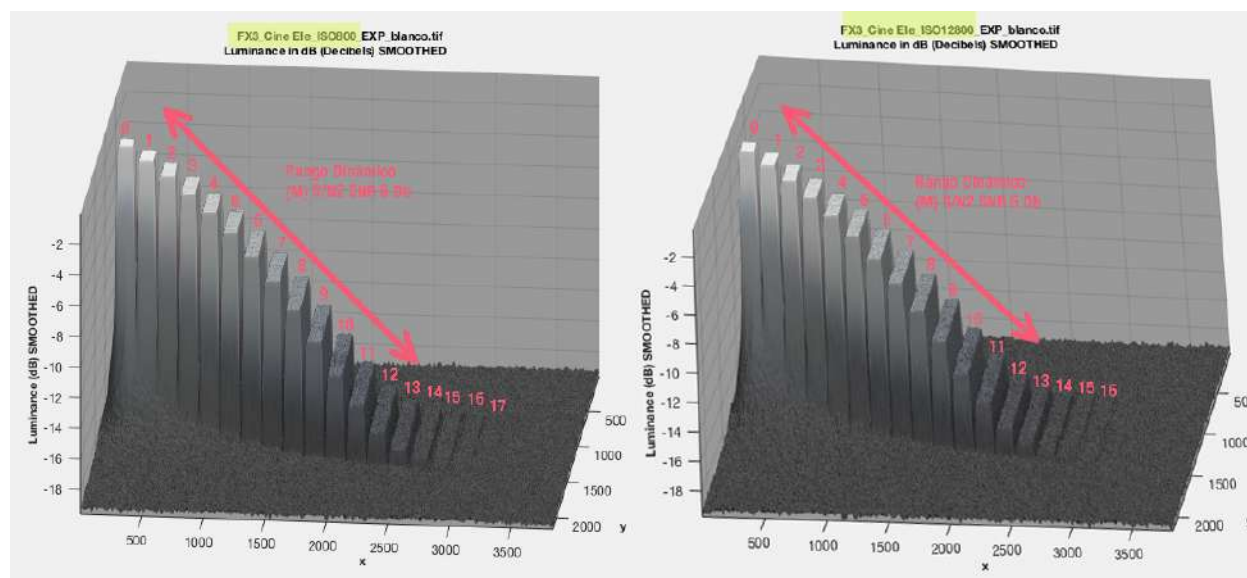


Figure 45

### Analyse de la plage dynamique (RD) en mode CINE Le FLEXIBLE.

En mode Flexible, nous avons évalué différentes valeurs ISO, présentées dans le *tableau 13* et la *figure 46*, en prenant comme référence la valeur RD *medium* calculée par Imatest.

Valeurs EI 5600K	Plage dynamique f-stops (medium)
200	13,1
400	13,3
800	13,2
1600	12,3
3200	11,5
6400	10,5
12800	12,6
25600	11,4
51200	10,5
102400	9,56
204800	8,66
409600	7,4

Tableau 13

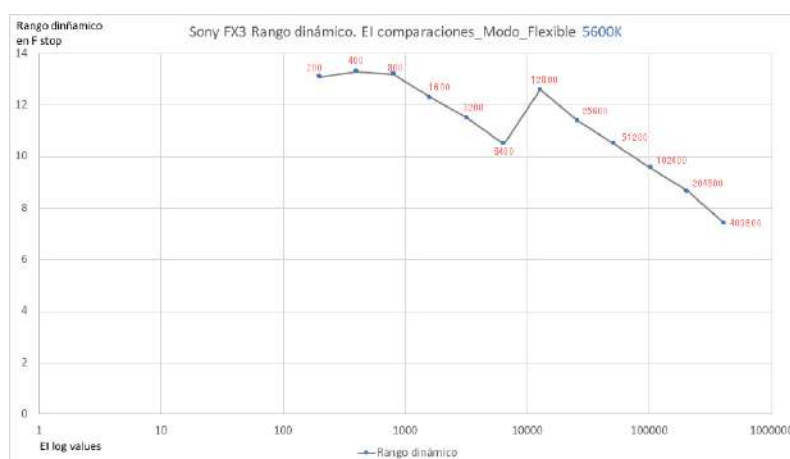


Figure 46

Entre 200 et 800 ISO, l'appareil photo atteint ses performances optimales, avec une plage dynamique comprise entre 13,1 et 13,3 diaphragmes. Cette faible variation traduit une excellente restitution tonale et un niveau de bruit réduit, bien que, comme l'illustre la *figure 47*, la répartition de cette plage varie : en deçà de EI 800, on observe une perte de détails dans les hautes lumières. À partir de 800 ISO et pour les valeurs supérieures, la plage dynamique des hautes lumières se stabilise à 6 diaphragmes, tandis que la diminution globale est imputable à l'accroissement du bruit dans les basses lumières. Dès 1600 ISO, une décroissance progressive s'amorce : 12,3



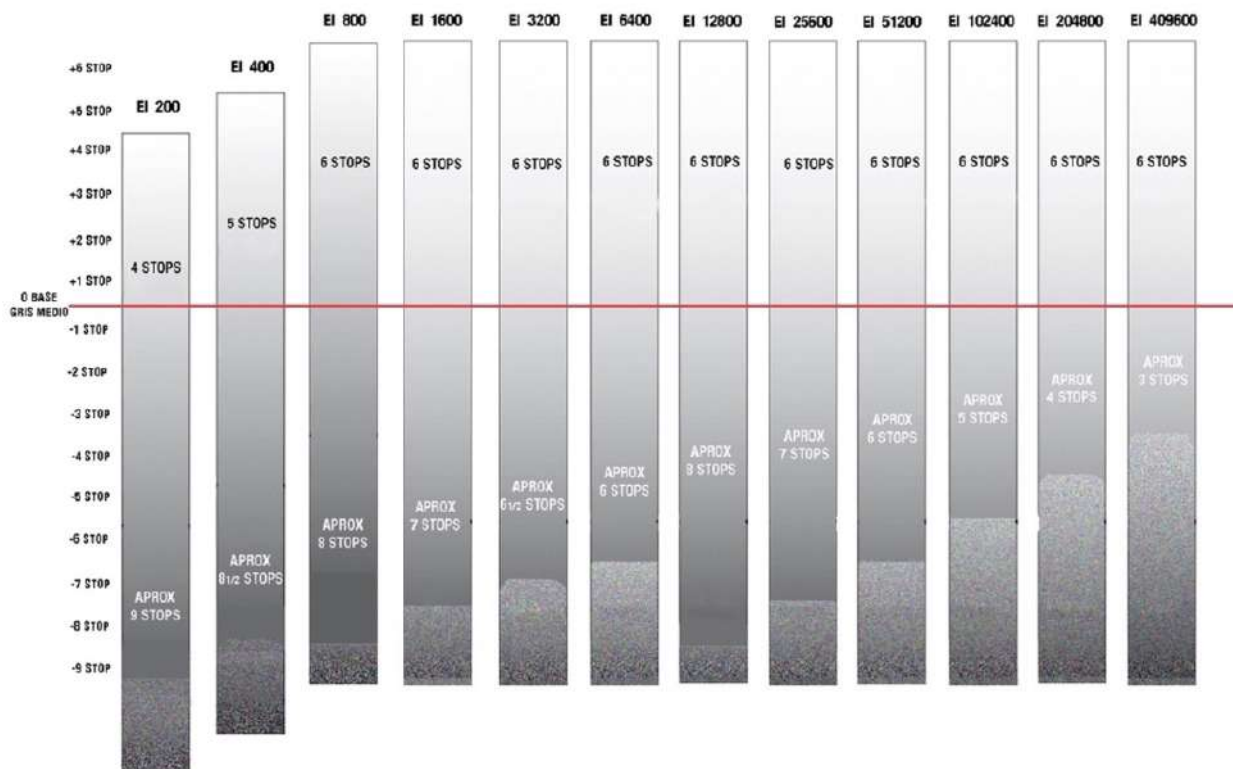
diaphragmes à 1600, 11,5 à 3 200 et 10,5 à 6400, confirmant que l'élévation de la sensibilité induit une perte significative de latitude d'exposition. Cette réduction est directement liée à l'augmentation du bruit électronique, qui affecte particulièrement les zones d'ombre et compromet la capacité de restitution des nuances subtiles de luminance.

Cependant, à 12800 ISO, on retrouve le comportement déjà documenté, avec une récupération notable de la plage dynamique atteignant 12,6 diaphragmes. Ce phénomène illustre le recours au double gain natif (dual ISO) du capteur du FX3 : à partir de ce seuil, le système ajuste électroniquement la conversion du signal, réduisant significativement le bruit et optimisant l'exploitation de la plage dynamique, y compris en conditions de faible luminosité.

Toutefois, cette amélioration ne se maintient pas aux sensibilités supérieures. Dès 25600 ISO, la dégradation devient manifeste : 11,4 diaphragmes à 25600, 10,5 à 51200, 9,56 à 102400 et seulement 7,4 diaphragmes à 409600. Ces performances, relevées aux valeurs ISO extrêmes, traduisent une perte qualitative substantielle. Leur usage ne saurait donc être envisagé qu'en situations où la sensibilité prime sur la fidélité visuelle, comme lors de prises de vue d'urgence, de documentaires nocturnes ou de l'enregistrement d'événements uniques, ou encore lorsque le bruit est recherché intentionnellement comme texture expressive.



*Essai de mesure de la plage dynamique (RD) effectué à l'aide de la charte P.I.L.I. (Precision Imaging & Lighting Institute) dans les studios EFD, Colombie.*



*Figure 47. Disposition de la plage dynamique en mode Cine EI Flexible analysée à partir de la carte P.I.L.I dans le wfm*

Si l'on se réfère à la *figure 47*, on constate qu'aux sensibilités ISO 200 et 400, les hautes lumières présentent une perte de détails.

La *figure 48* illustre, pour sa part, la comparaison des moniteurs d'ondes correspondant aux trois valeurs ISO.

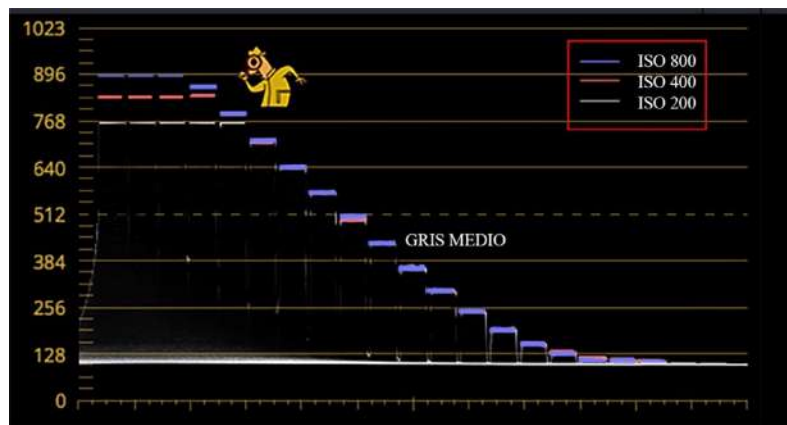


Figure 48. Comparaison des trois valeurs ISO

De même, la *figure 49* présente une comparaison sur le moniteur d'ondes (wfm) entre deux valeurs ISO plus élevées, afin de vérifier la préservation des diaphragmes situés au-dessus du gris moyen.

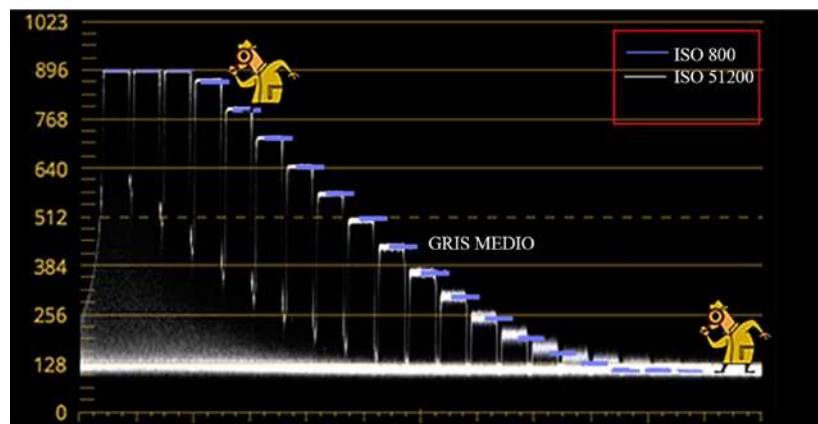


Figure 49. Comparaison des trois valeurs ISO

Ce que l'on observe, comme déjà signalé, est une accentuation du bruit dans les zones d'ombre: à 51200 ISO, les pas apparaissent nettement plus larges qu'à 800 ISO, où ils se manifestent sous forme d'une ligne plus fine et compacte. La *figure 50* illustre cette différence au moyen de la représentation en 3D générée par Imatest pour les sensibilités 800 et 51200 ISO.

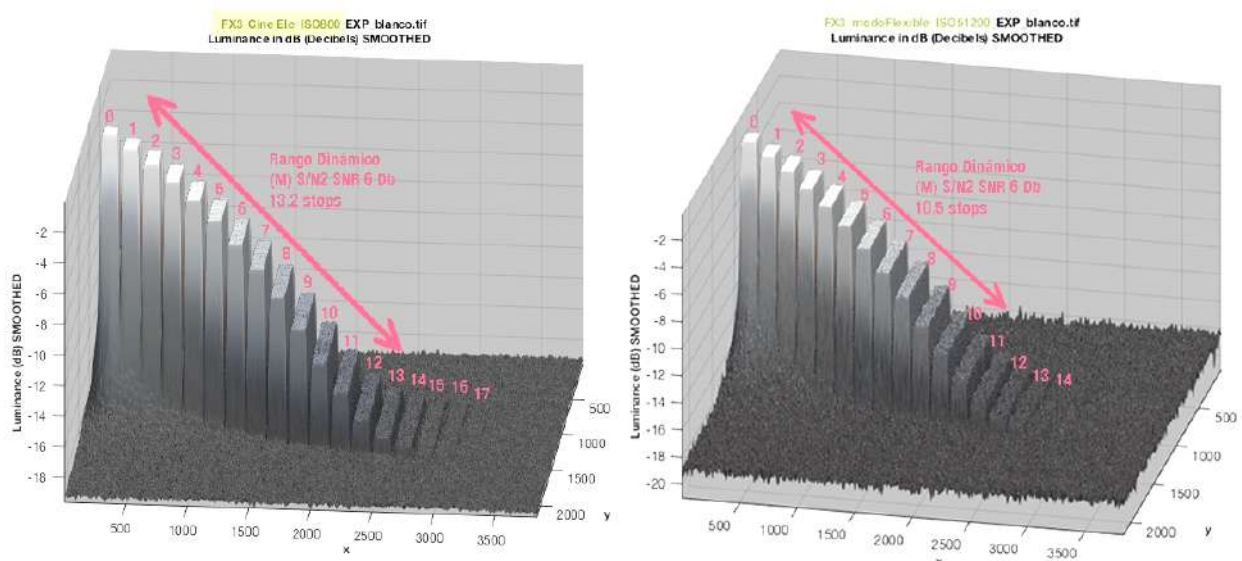


Figure 50. Comparaison de la plage dynamique à ISO 800 et 51200

Le bruit a un impact direct sur la plage dynamique. Ainsi, bien que le comportement à 51200 ISO reste remarquablement bon, avec une plage effective de 10,5 diaphragmes, les ombres présentent davantage de bruit qu'à 800 ISO, où ces zones apparaissent nettement plus propres, malgré des conditions d'exposition identiques en dessous du gris moyen.

La courbe de luminance met en évidence des différences substantielles entre les deux sensibilités: à 51200 ISO, on observe une chute abrupte des détails dans les ombres, tandis qu'à 800 ISO cette transition est plus progressive et contrôlée. Cela permet de conserver des informations utiles jusqu'à environ 6 diaphragmes sous le gris moyen, contre seulement 4 diaphragmes réellement exploitables à 51200 ISO, où, bien que quelques nuances supplémentaires puissent être distinguées, le bruit réduit considérablement leur utilité pratique.

Cette comparaison illustre clairement la relation inverse entre la sensibilité ISO et la qualité d'image dans les basses lumières, le bruit agissant comme facteur limitant la performance dynamique globale du capteur.

Je tiens à souligner ici le paradoxe qui existe entre le rapport signal/bruit (SNR) et la plage dynamique (RD) lorsque l'on compare ISO 6400 et ISO 12800 en mode Cine EI Flexible à 5600K. Les données montrent que le SNR, par exemple en luminance (Y), diminue de 41,1 dB à ISO 6400 à 38,9 dB à ISO 12800, soit une réduction de 5,3 %. À l'inverse, la plage dynamique augmente de 10,5 stops à 12,6 stops pour le même écart ISO. Cette apparente contradiction s'explique par le fonctionnement de l'architecture à double gain native du capteur. Lorsque l'on sélectionne ISO 12 800, la caméra passe en mode de gain élevé du capteur —il ne s'agit pas simplement d'une amplification numérique sur la même échelle de valeurs ISO— mais bien de l'utilisation d'un mode de conversion analogique à gain supérieur, qui présente plusieurs avantages observables tant dans les tests techniques que dans le flux de travail. Premièrement, il réduit le bruit de lecture dans les ombres par rapport à la lecture au précédent ISO natif, passant de  $1,133 \text{ e}^-$  à  $0,901 \text{ e}^-$  (1), ce qui représente une réduction d'environ 20,5 %. Deuxièmement, il accroît la capacité de captation en faible luminosité, en ajoutant environ 2,1 diaphragmes utilisables dans les zones proches du noir. En réalité, le basculement du DCG (Dual Conversion Gain) se produit autour de l'ISO 1600, où le bruit de lecture chute de  $\sim 4\text{--}5 \text{ e}^-$  à  $\sim 1 \text{ e}^-$ , selon les tests de *PhotonsToPhotos* sur l'A7S III, qui partage le même capteur que la FX3. Même si ce ne sont pas exactement les mêmes caméras, on peut extrapoler ces résultats. La FX3 déplace ce changement matériel réel vers des valeurs de sensibilité plus élevées ( $\approx$  ISO 12 800) afin de maintenir la cohérence de la linéarité de la courbe log et de la plage dynamique perçue. Par conséquent, on peut dire que le capteur conserve son architecture à double gain natif autour de l'ISO 1600, mais que, pour l'utilisateur, le saut perceptible de réduction de bruit se manifeste en pratique à l'ISO 12 800. En d'autres termes, les valeurs EI de base de la caméra ajustent en réalité ces valeurs ISO par rapport à la courbe log, afin de préserver la cohérence de l'exposition et de la plage dynamique (Figure 51).

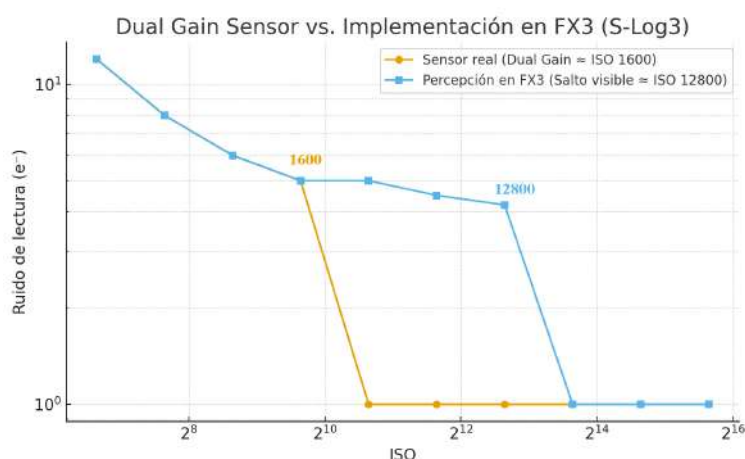


Figure 51

Voyons maintenant une image d'un plan-séquence tiré du documentaire « *Si je lui dis la vérité, je lui mens (Hétérodoxies cinématographiques colombiennes)* ».

Après avoir compris comment fonctionne le bruit, Adriana Bernal a choisi de l'utiliser comme texture dans cette scène dramatisée qui se déroule dans un sous-sol où fut retrouvé une grande partie du matériel d'un des cinéastes hétérodoxes : Cipriano Andrade (1920-2001). Adriana nous explique : « *En reconstituant de manière dramatique cette découverte, je voulais lui donner ce ton improvisé, urgent, plus proche du documentaire, qui laisse apparaître le bruit, un peu comme le maniement d'une caméra à l'épaule* ».



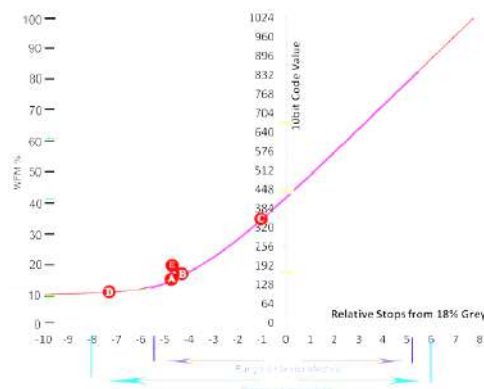


Figure 52. Scène reconstituant la découverte des documents et des mémoires de Cipriano Andrade. Sony FX3. MODE CINÉMA El Base 12800 Slog3-Sgamut3.Cine. XAVCS-I 4:2:2 10 bits. Sous-exposé de 2 diaphragmes.

Le point **A** est situé à 4,5 diaphragmes en dessous du gris moyen, soit environ 15 % sur le moniteur à ondes. Autrement dit, il se trouve très proche de la zone des ombres profondes, tout en conservant encore des détails ; en le rehaussant en post-production, on obtient précisément le grain auquel fait référence Adriana. Le point **B** présente une valeur très proche de celle du point A, mais avec une teinte légèrement plus froide. Le point **C**, le plus lumineux de l'échantillon, se situe à 1 diaphragme en dessous de la référence du gris moyen pour cette courbe (41 % sur le WFM). Le point **D** est le plus sombre, un peu plus de 7 diaphragmes en dessous du gris moyen : bien qu'il affiche beaucoup de bruit, il conserve néanmoins une part de détail perceptible. Le point **E** se situe environ 4 stops en dessous (Figure 52).

La figure 53 illustre, sur le graphique en 3D de la carte P.I.L.I., les valeurs relevées dans le plan. Le graphique de gauche correspond à une exposition normale, destinée à obtenir une image nette et quasiment exempte de bruit, tandis que celui de droite montre les mêmes valeurs lorsque le plan a été sous-exposé de deux diaphragmes. En « remontant » ensuite ces niveaux lors du processus de colorisation, on génère précisément le type de bruit qu'Adriana Bernal a voulu exploiter comme texture expressive.

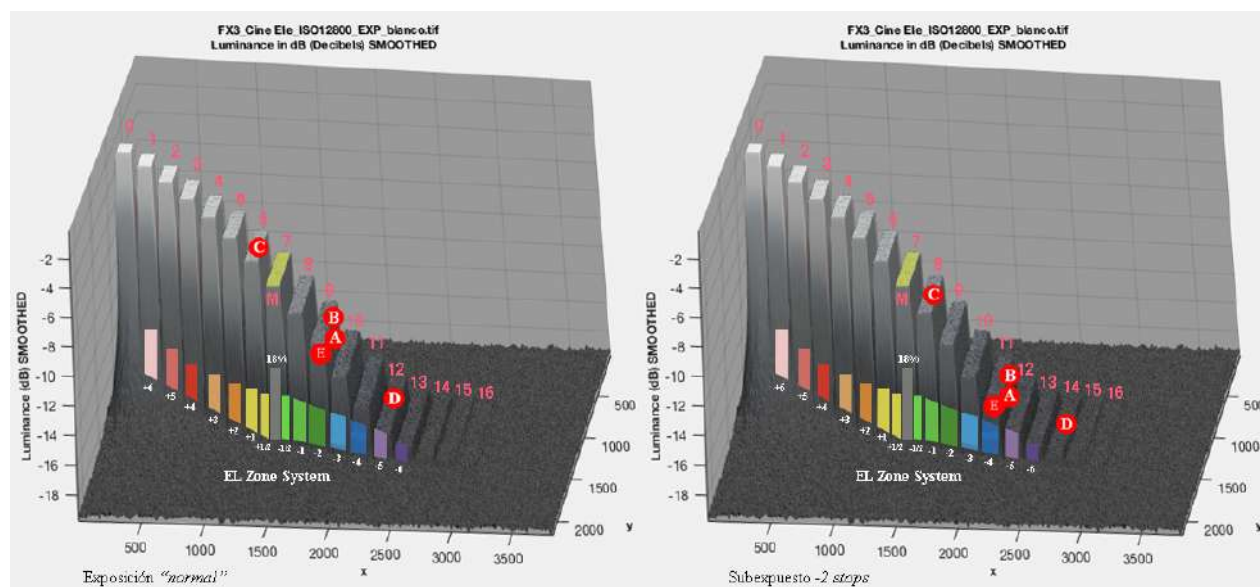


Figure 53. À gauche, l'exposition normale ; à droite, l'exposition sous-exposée de 2 diaphragmes.

Avec une exposition normale, la plage dynamique effective atteint 12 stops, tout en maintenant un rapport signal/bruit satisfaisant. Le bruit présent dans les échantillons situés entre 12 et 16 stops ne compromet pas de manière perceptible l'image finale, ce qui permet d'obtenir une restitution nette, avec un contrôle chromatique précis et un bon niveau de détail. En revanche, lorsque l'on sous-expose de deux diaphragmes, les points **A**, **B**, **D** et **E** passent sous le seuil de -12 dB, ce qui entraîne une augmentation notable du bruit lorsqu'ils sont relevés en post-production. La plage dynamique effective se voit alors réduite d'au moins deux stops.

L'image qui en résulte présente une texture plus « rugueuse », évoquant les caractéristiques des émulsions Super 16 mm : un grain fin, aléatoire et d'apparence organique.

Il convient de souligner que le bruit généré par ce procédé se distingue par sa structure plus organique et régulière, très différente de celui observé avec des valeurs ISO extrêmement élevées, ou encore du bruit artificiel introduit lors d'une correction colorimétrique numérique. Dans ce cas précis, en sous-exposant puis en « remontant » le signal, le bruit se répartit de façon plus homogène et plus douce, produisant une texture visuelle proche du grain photochimique, particulièrement lorsqu'on travaille avec des profils logarithmiques tels que le S-Log3 et un signal correctement maîtrisé.

Les images suivantes, corrigées en Rec.709, montrent le rendu obtenu sur les trois canaux RVB. (Figures 54 à 57)



Figure 54. Scène reconstituant la découverte des documents et mémoires de Cipriano Andrade. Sony FX3. MODE CINÉMA EI Base 12800 Slog3-Sgamut3.Cinema. XAVCS-I 4:2:2 10 bits. Sous-exposé de deux diaphragmes, puis corrigé en Rec.709 dans l'espace ACES à l'aide de DaVinci Resolve Studio 20.



Figure 55. *Canal rouge (R)* de l'image déjà corrigé pour 709



Figure 56. *Canal vert (G)* de l'image déjà corrigé pour 709



Figure 57. *Canal bleu (B)* de l'image déjà corrigé pour 709

Le comportement différentiel des canaux RVB sous une sous-exposition de deux pas devient ici un choix à la fois technique et esthétique, destiné à construire une image d'apparence documentaire. Lors de l'étalonnage, ce déséquilibre chromatique est volontairement accentué afin de produire une texture visuelle chargée de sens. Le canal bleu, marqué par un bruit plus épais et une texture délavée, renvoie à l'esthétique des archives cinématographiques détériorées, évoquant une impression d'immédiateté et de fragilité. Le canal rouge, pour sa part, introduit une granulosité et des interférences dans les ombres qui rappellent directement le cinéma observationnel des années 70, où l'organique et l'imprévisible faisaient partie intégrante du dispositif expressif. À l'inverse, le canal vert, moins affecté par la sous-exposition, préserve la lisibilité générale de la scène, évitant que le chaos perceptif ne compromette la clarté narrative.



Adriana Bernal transforme ainsi les particularités techniques de la Sony FX3 en ressources expressives. En travaillant à EI 12800 avec une sous-exposition délibérée, elle exploite la réponse inégale des canaux, accentuant la détérioration visuelle du bleu et du rouge pour créer une texture volontairement déséquilibrée, presque improvisée, qui reproduit l'esthétique d'une captation non préméditée. La préservation des informations essentielles dans le canal vert maintient la reconnaissance du sujet principal, tandis que l'arrière-plan se dissout dans le bruit, recentrant l'attention sur l'essentiel du plan.

Comme l'affirme la directrice de la photographie elle-même : « *Le résultat visuel de cette scène n'est pas un accident, mais une émulation consciente de certaines caractéristiques du documentaire latino-américain hétérodoxe, utilisant le bruit propre à la caméra numérique. Le bruit, d'une certaine manière, imite le grain des copies en 16 mm, voire en 8 mm, comme dans L'heure des fourneaux <sup>(2)</sup> ou dans de nombreux documentaires des années 70 et 80. Et cette combinaison de hautes lumières nettes et d'ombres chaotiques rappelle une certaine esthétique urgente, d'improvisation, que nous voulions pour cette scène recréée.* »

En ce sens, l'utilisation intentionnelle du bruit dépasse la simple maîtrise technique pour devenir une véritable stratégie narrative, renforçant à la fois la tension émotionnelle et le caractère documentaire de l'image.

(1) Les notations  $1,133 e^-$  à  $0,901 e^-$  font référence aux valeurs de bruit de lecture mesurées en électrons ( $e^-$ ), l'unité fondamentale pour quantifier les performances du capteur.  $e^- = (ADU / \text{Gain})$  ADU : Unités analogiques-numériques (valeurs brutes). Gain : Facteur de conversion du capteur ( $e^-/ADU$ ). Livre blanc Cinealta

(2) Film argentin de 1968 réalisé par Pino Solanas et Octavio Getino

## Remerciements

Adriana Bernal ADFC, Daniel Cadavieco, Juan Pablo Bonilla, Jorge Igual, Dany P. Perilla, David Stump, Philippe Ros et toute l'équipe de l'EFD.

Ils ont collaboré

