

Taches d'Airy et vidéo

Nous datons des occultations en vidéo depuis 1991. Les diverses avancées techniques nous permettent maintenant une analyse quasi automatique des enregistrements avec pour résultat la manipulation de grandes quantités de données.

L'examen de ces données nous conduit à regarder les causes éventuelles de valeurs erratiques obtenues lors des analyses :

- dispositif d'enregistrement ;
- géométrie du capteur CCD ;
- tache d'Airy et influence sur les mesures ;
- influence de la position de la tache sur la matrice CCD.

Dispositif d'enregistrement

Les magnétoscopes sont générateurs de valeurs erratiques :

- par les sous porteuses « Chroma » ajoutées aux enregistrements qui donnent un bruit erratique sur les images ;
- par les positionnements des têtes de lectures par rapport à la bande enregistrée ;
- des lectures successives sur une bande donnent pour les mêmes points des valeurs à $\pm 15\%$.

Nous utilisons maintenant des enregistrements DVD qui n'ont plus ces défauts.

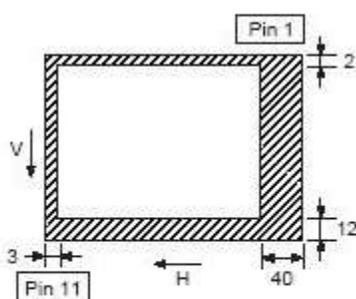
Géométrie du capteur CCD

Les caméras CCD vidéo existant actuellement sont de divers types et dépendent de l'âge de la caméra. Ce qui est important c'est la taille des pixels (éléments photosensibles) et leur séparation physique. Un autre élément qui ne paraît pas dans les notices techniques c'est la manière dont sont utilisés les pixels.

Par exemple : pour une caméra Watec 902k utilisant un CCD SONY ICX429ALL, à une question posée au fournisseur : « *La caméra est-elle à transfert de trame ? Est-ce que tous les pixels sont exposés en même temps ?* », nous avons obtenu la réponse suivante :

CCD à transfert interligne - Non, la moitié des pixels (verticale) est insolée pendant la trame paire (20 ms), puis l'autre moitié pendant la trame impaire (20 ms), les 2 trames sont affichées alternativement (40 ms pour une image entière).

Ceci entraîne des contraintes au niveau de la mesure en sortie de caméra qui devront être faites par image et non par trame, de plus l'image a 2 composantes situées dans le temps à 20 ms l'une de l'autre. Ce qui divise par 2 la précision de la mesure.



Optical black position
(Top View)

Positionnement de la partie active sur la CCD

Les parties hachurées correspondent à des pixels aveugles sur le CCD.

Horizontal : en tête 3 pixels, en fin 40 pixels

Vertical : en tête 12 pixels, en fin 3 pixels

Nombre total de pixels : $h = 796$, $v = 596 \sim 470$ K

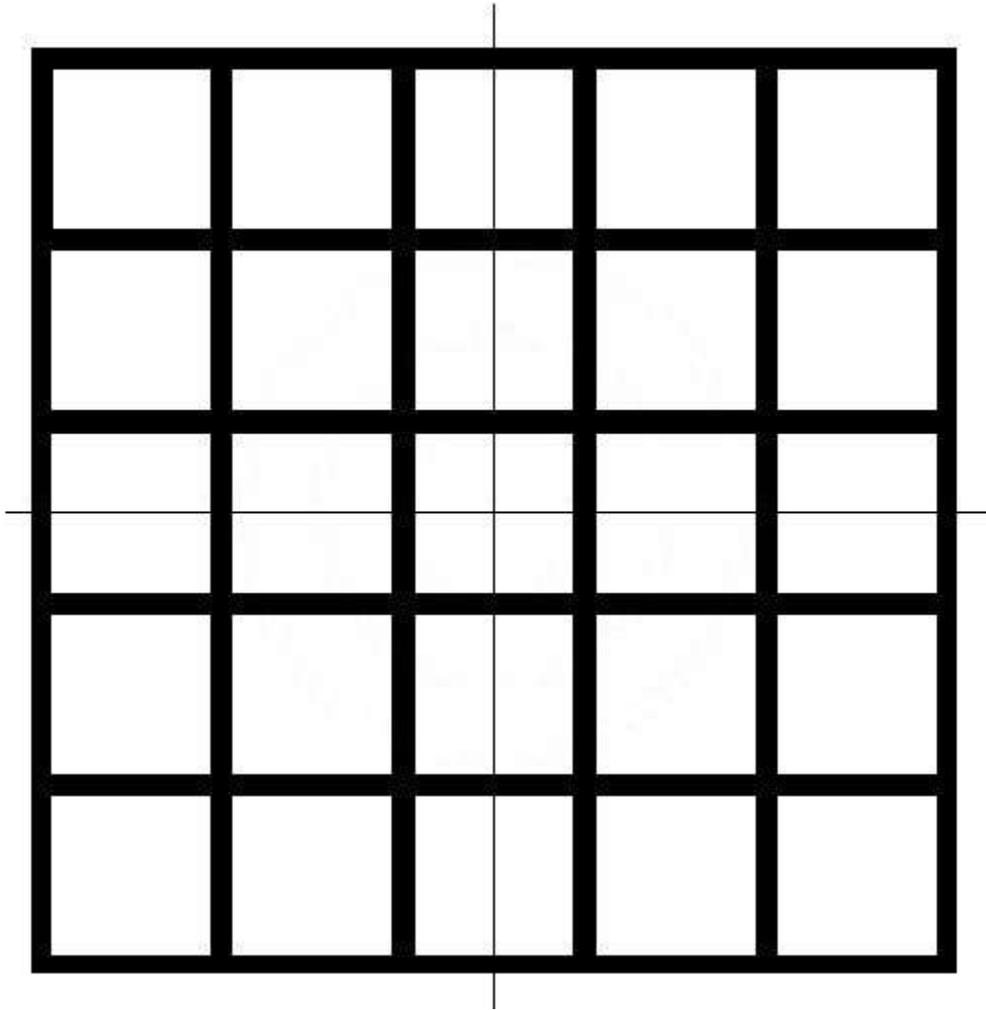
Nombre effectif de pixels : $h = 752$, $v = 582 \sim 440$ K

Surface sensible : $h = 7,40$ mm, $v = 5,95$ mm

Taille pixel : $h = 8,6$ μm , $v = 8,3$ μm

De ces données, on peut estimer la taille des bandes de séparation inter-pixel :

$h \sim 1,7$ μm , $v \sim 0,7$ μm



Simulation d'une portion de la matrice CCD, la taille des séparations (v et h) est arrondie à 1 μm .

Tache d'Airy

L'image de l'étoile sur la CCD se présente sous la forme d'un faux disque entouré d'anneaux lumineux, sa position sur les pixels risque de donner des résultats assez déroutants. Intuitivement on conçoit que la taille de la tache liée, à la longueur d'onde de la lumière, au diamètre et à la focale du télescope, soient d'une très grande importance.

La formule de calcul du rayon de cette tache, limitée au 1^{er} 0 est :

$$a = 1,22 \times \lambda/D \text{ (en radian)}$$

avec **a**, rayon angulaire du faux disque ;

1,22, constante obtenue par la division de 3,832 (rayon en radian du 1^{er} anneau noir) par π ;

D, diamètre du télescope ;

λ , longueur d'onde de la lumière.

On voit que le rayon de la tache est proportionnel à la longueur d'onde et inversement proportionnel au diamètre. Le rayon linéaire de la tache x est égal à :

$$x = a \times F$$

où **F** est la focale du télescope. On peut encore écrire, si l'on fait $m = F/D$:

$$x = 1,22 \times \lambda \times m$$

(dans la même unité que λ).

On voit ainsi que x est proportionnel à la longueur d'onde et à l'ouverture du télescope.

Pour éviter la répétition de calculs longs et fastidieux, nous avons choisi d'effectuer le calcul de la tache d'Airy en utilisant l'argument en radians et non en μm .

Simulation avec une tache calculée

L'amplitude de la courbe d'une tache d'Airy sur un plan vertical est donnée par :

$$A = A_0 * 2 \frac{J_1(m)}{m}$$

L'intensité s'obtient par :

$$I = A^2$$

La valeur de la fonction de Bessel peut être facilement calculée dans un tableur en utilisant la formule :

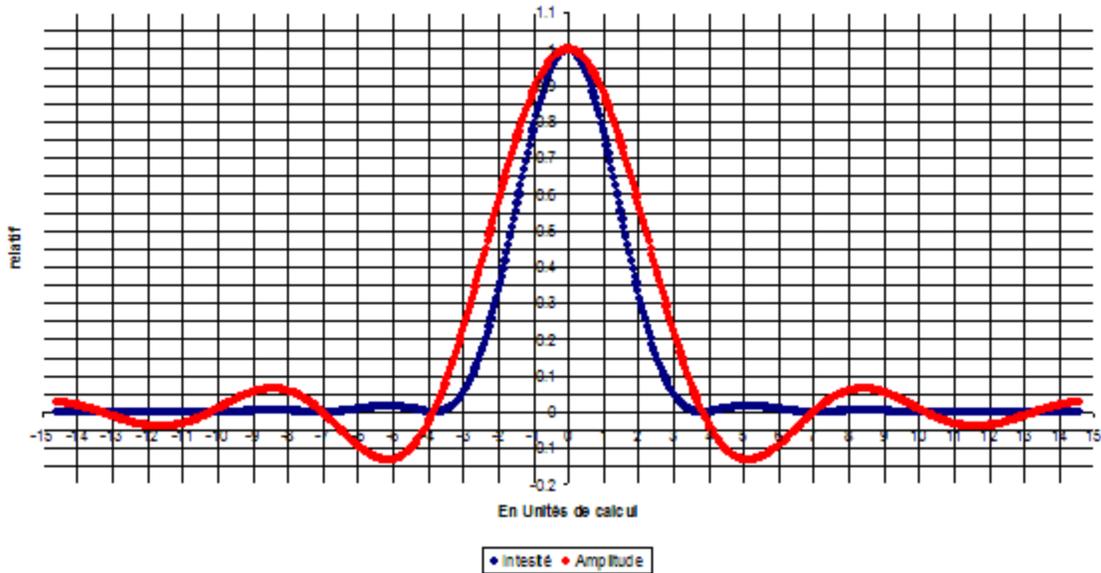
$$J_1(m) = m * \sum_{r=0}^{r=\infty} \frac{(-1)^r}{(r!(r+1)!)} \left(\frac{m}{2}\right)^{2r}$$

Dans ce cas particulier, il y a une simplification évidente et l'on trouve :

$$A = A_0 \sum_{r=0}^{r=\infty} \frac{(-1)^r}{(r!(r+1)!)} \left(\frac{m}{2}\right)^{2r}$$

Après calculs on trouve le graphique suivant :

Tache d'Airy



La puissance contenue dans la tache limitée au 1^{er} anneau est obtenue en calculant le volume de la tache centrale par rotation de la courbe autour d'un axe vertical passant par l'abscisse 0.

Nous avons procédé à ce calcul de deux manières :

- 1) des tuyaux de diamètres intérieurs et extérieurs égaux aux pas de calcul angulaire ;
- 2) des troncs de cônes empilés les uns sur les autres.

Les résultats étant les mêmes à la cinquième décimale près nous validons les deux procédés.

Si la puissance totale est 1, la répartition de l'énergie est la suivante (suivant DANJON et COUDER, Lunettes et Télescopes) :

		Cumul
Tache centrale	0.8378	0.8378
1er anneau	0.0721	0.9099
2e anneau	0.0277	0.9376
3e anneau	0.0147	0.9523, etc.

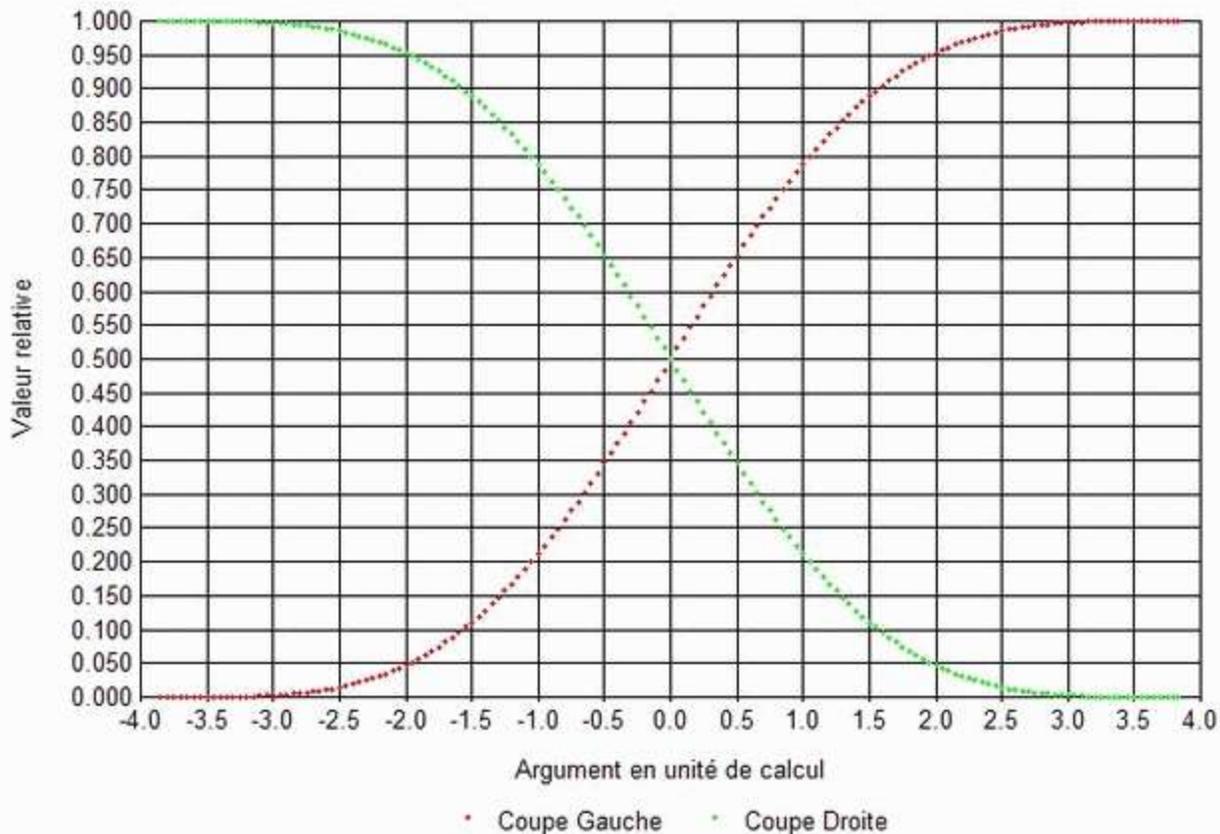
Les résidus étant répartis sur une grande surface donnent finalement peu de puissance. Nous ne traiterons que la tache centrale.

À l'aide du tableur, une simulation de la répartition de puissance en fonction de la position d'un plan de coupe vertical a été calculée. On calcule le volume engendré par le plan de coupe sur un côté de la tache en partant du milieu de la tache et en déplaçant à chaque fois le plan de coupe d'un pas de calcul angulaire ceci nous donne un volume qui divisé par le volume total, nous donne la valeur de la fraction de la puissance totale(x).

La valeur de l'autre partie est donnée par 1-x.

PARTAGE ENERGIE SUR UNE TACHE D'AIRY

Coupe verticale (Energie tache =1)



Le positionnement de la tache sur la matrice CCD se modifie en fonction du suivi et engendre des pertes d'énergie dues au passage des bandes aveugles dans la tache suivant les axes X et Y. Les deux phénomènes peuvent se produire simultanément, mais à des vitesses différentes.

Pour éviter de recalculer la totalité des éléments, le calcul principal est fait en unité de pas de calcul. La taille des éléments du CCD est calculée dans la même unité pour différentes valeurs de lambda de la lumière et de F/D du télescope.

Taille pixel et séparation en unité de calcul (en fonction de l'ouverture F/D pour $\lambda = 0,65 \mu\text{m}$)

$a = m/\pi \times \lambda/D$ en radians, m argument de calcul

$d = m/\pi \times \lambda \times O$, $O = F/D$

$m = d \times \pi/\lambda/O$

Rayon de la tache : $m = 3,832$

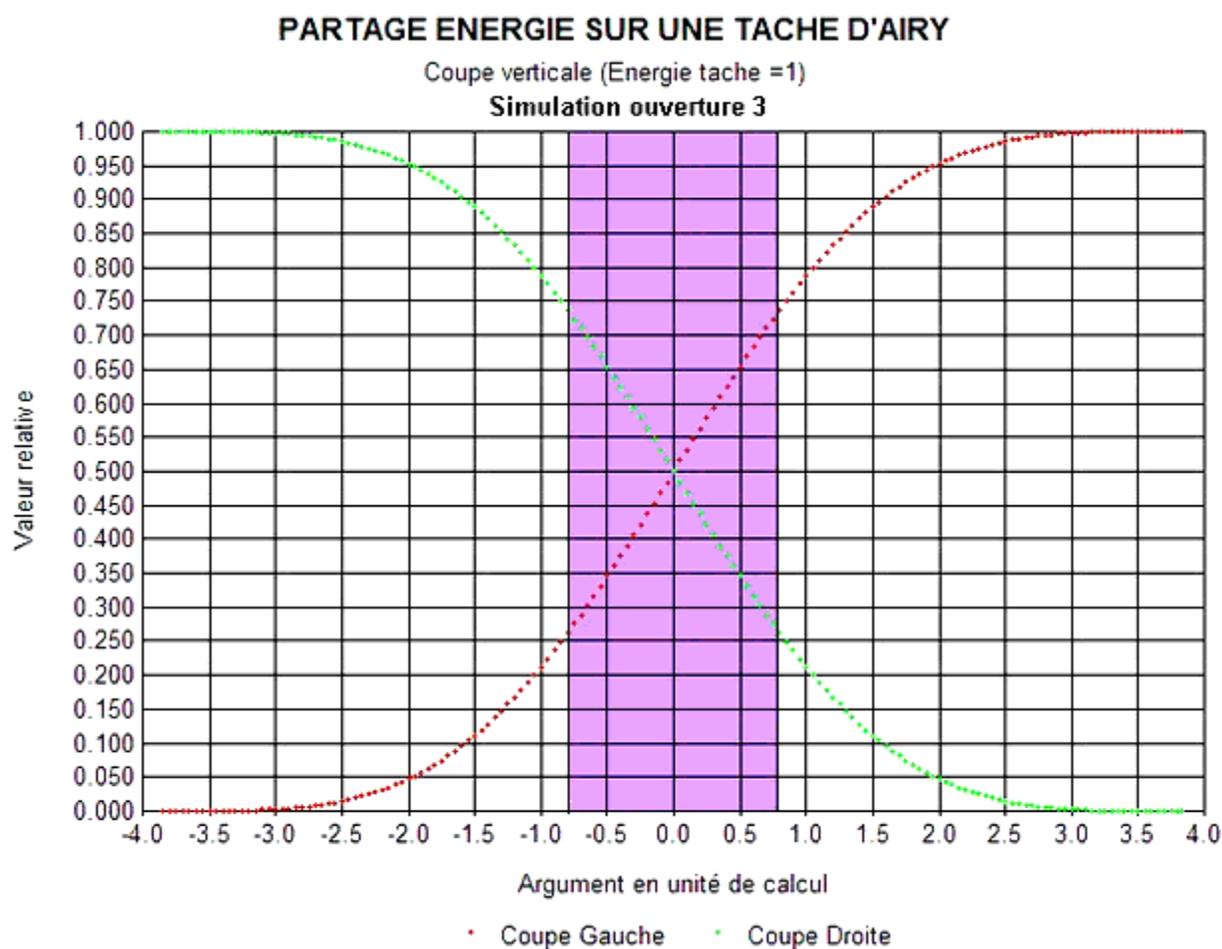
Diamètre de la tache : $7,664$

λ	pixel v	pixel h	sép. v	sép. h	D tache μm	F/D
0,65 μm	8.300 μm	8.300	1.000	1.000	--	--

Unit	Radian	Radian	Radian	Radian	μm	--
13,372	13,372	1,611	1,611	4,758	3	
11,462	11,462	1,381	1,381	5,551	3,5	
10,029	10,029	1,208	1,208	6,344	4	
8,023	8,023	0,967	0,967	7,930	5	

6,686	6,686	0,806	0,806	9,516	6
5,731	5,731	0,690	0,690	11,102	7
5,014	5,014	0,604	0,604	12,688	8
4,457	4,457	0,537	0,537	14,274	9
4,012	4,012	0,483	0,483	15,860	10
3,647	3,647	0,439	0,439	17,446	11
3,343	3,343	0,403	0,403	19,032	12
3,086	3,086	0,372	0,372	20,618	13
2,865	2,865	0,345	0,345	22,204	14
2,674	2,674	0,322	0,322	23,790	15

Ces valeurs servent pour établir les diagrammes suivants que l'on peut réaliser sur calque :



Utilisation des courbes

À $\lambda = 0,65 \mu\text{m}$, pour une ouverture de 3, la tache tient facilement sur un pixel, par contre si elle est positionnée au milieu de la séparation, le bord gauche se positionnera à $-0,805$ du centre. En se reportant à cette position sur la courbe rouge on voit que la valeur est de 0,26, c'est ce qui est recueilli par le pixel à gauche de la séparation. Le bord droit de la séparation est à $+0,805$ la lecture sur la courbe verte nous donne également 0,26. C'est ce qui concerne le pixel à droite de la séparation. La valeur totale est donc 0,52, l'énergie perdue par une bande de coupe est donc de 0,48.

Si la tache est centrée sur un croisement de séparation vertical et horizontal sur le CCD, on a la même coupure

dans l'autre axe, mais il y a un tronçon commun de perte dont on peut calculer la valeur :

- la base est la surface correspondant au carré défini par le croisement des bandes ;
- la hauteur est estimée comme étant la valeur de 1 au point de coupe, plus le 1/3 de la différence entre le point de coupe et 1 (pour tenir compte de la forme conique de la tache).

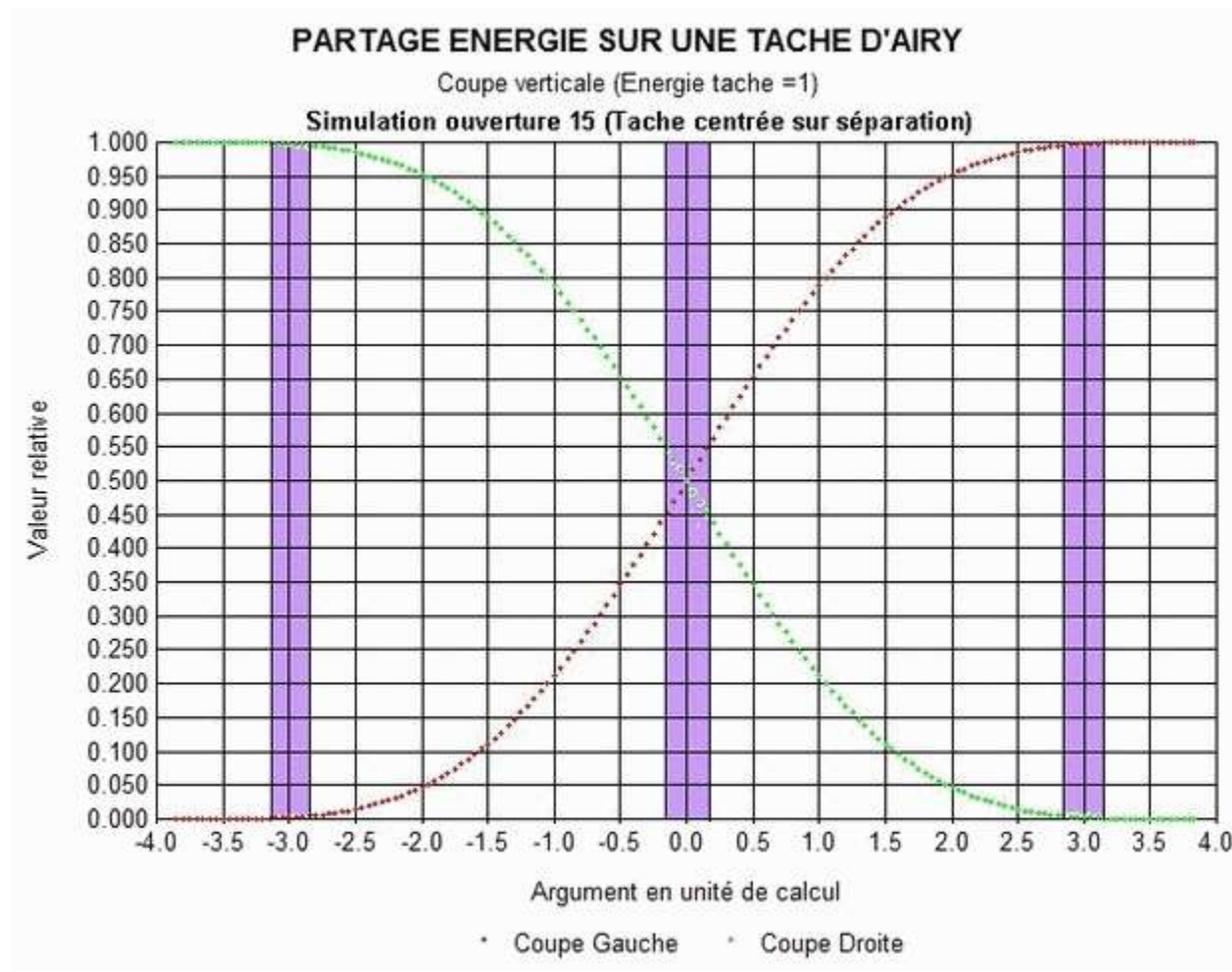
Le volume ainsi trouvé est divisé par le volume total et ceci représente la part d'énergie perdue commune. Le calcul effectué sur le tableur donne 0,22.

Ce qui sur les deux axes donne une perte de : $0,48 + 0,48 - 0,22 = 0,74$.

L'énergie récupérée est donc de 0,26, répartie à égalité sur 4 pixels. Par contre, la valeur recueillie sur un pixel avec une tache dont la totalité est sur le pixel est 1. Le signal de sortie varie de 1 à 0,26 suivant le positionnement de la tache sur le CCD. On peut tracer les bornes des pixels et des séparations sur papier calque pour les valeurs de l'ouverture à une longueur d'onde donnée et faire glisser ceci sur la courbe et ainsi avoir l'énergie reçue pour chaque position de la tache sur la surface du CCD et tracer une courbe (mais nous ne sommes pas des Bénédictins).

Pour les déplacements horizontaux, il n'y a pas de problème car l'exposition se fait sur une trame. Par contre, pour les déplacements verticaux, les expositions se font sur des trames différentes.

Simulation à $F/D = 15$, les deux cas extrêmes suivants peuvent se produire :

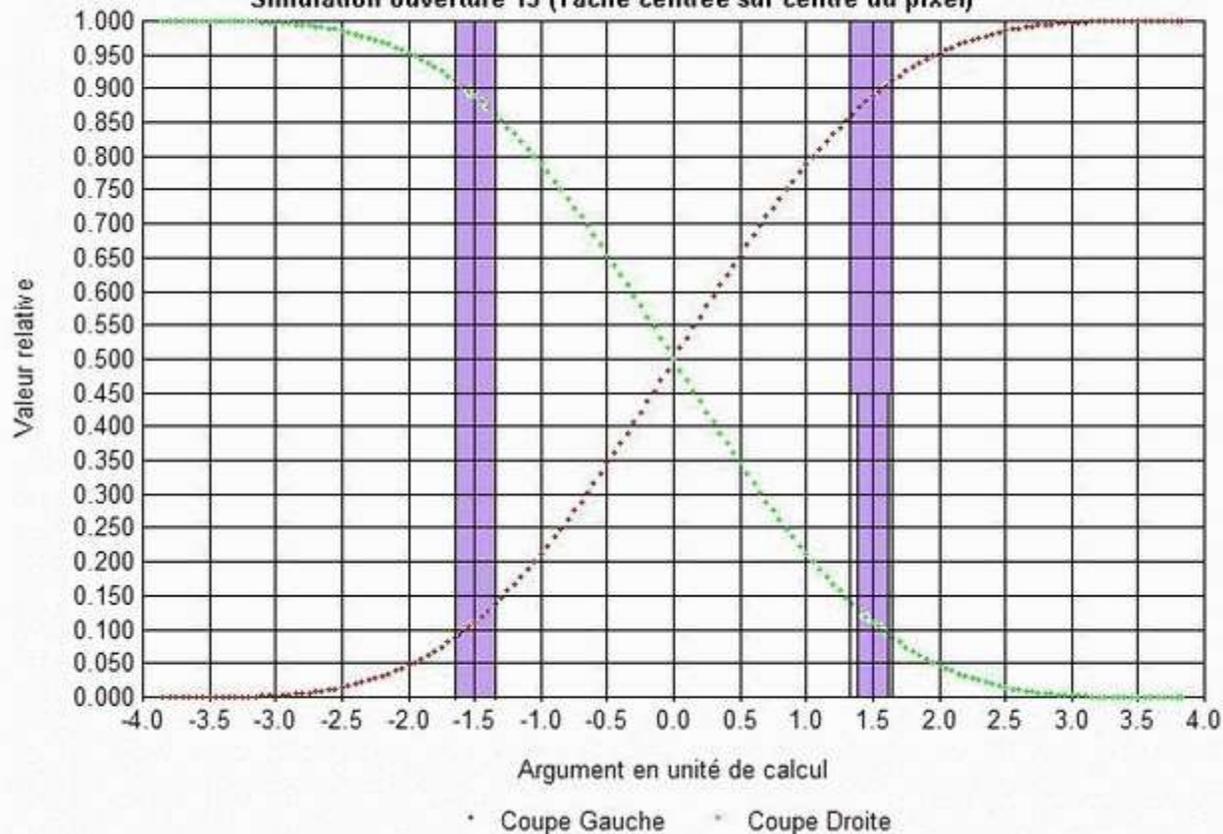


Dans ce cas les coupures, à droite et à gauche, se font à 0,45, la puissance récupérée est de 0,9 dont il faut soustraire les parties résiduelles au contact des bandes à droite et à gauche de la bande centrale. Pour les deux axes, il faut doubler la perte en tenant compte de la partie commune.

PARTAGE ENERGIE SUR UNE TACHE D'AIRY

Coupe verticale (Energie tache =1)

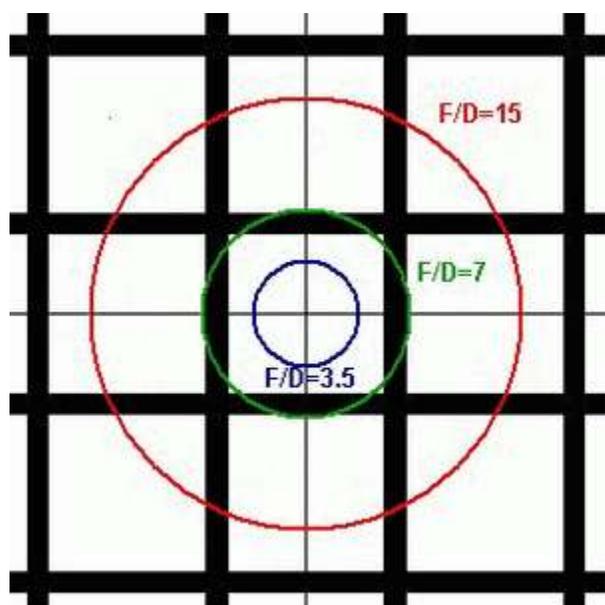
Simulation ouverture 15 (Tache centrée sur centre du pixel)



Avec cette dernière figure le mode opératoire est un peu différent. Prenons la bande de gauche, son bord droit coupe la courbe rouge à 0,130. Sur la bande de droite, le bord gauche coupe la courbe à 0,130.

L'énergie existant sur le pixel central est donc : $1 - 0,130 \times 2$, soit 0,74. Il faut y ajouter ce qui existe sur les pixels adjacents, soit $0,09 \times 2 = 0,18$, le total est donc : $0,74 + 0,18 = 0,92$ sur un axe. Sur deux axes, il faut évidemment doubler la perte en tenant compte des pertes communes aux 4 bandes concernées.

Pour mieux représenter ce qui se passe, voici deux figures représentant les taches sur la matrice CCD pour les cas évoqués ci-dessus pour différentes ouvertures.

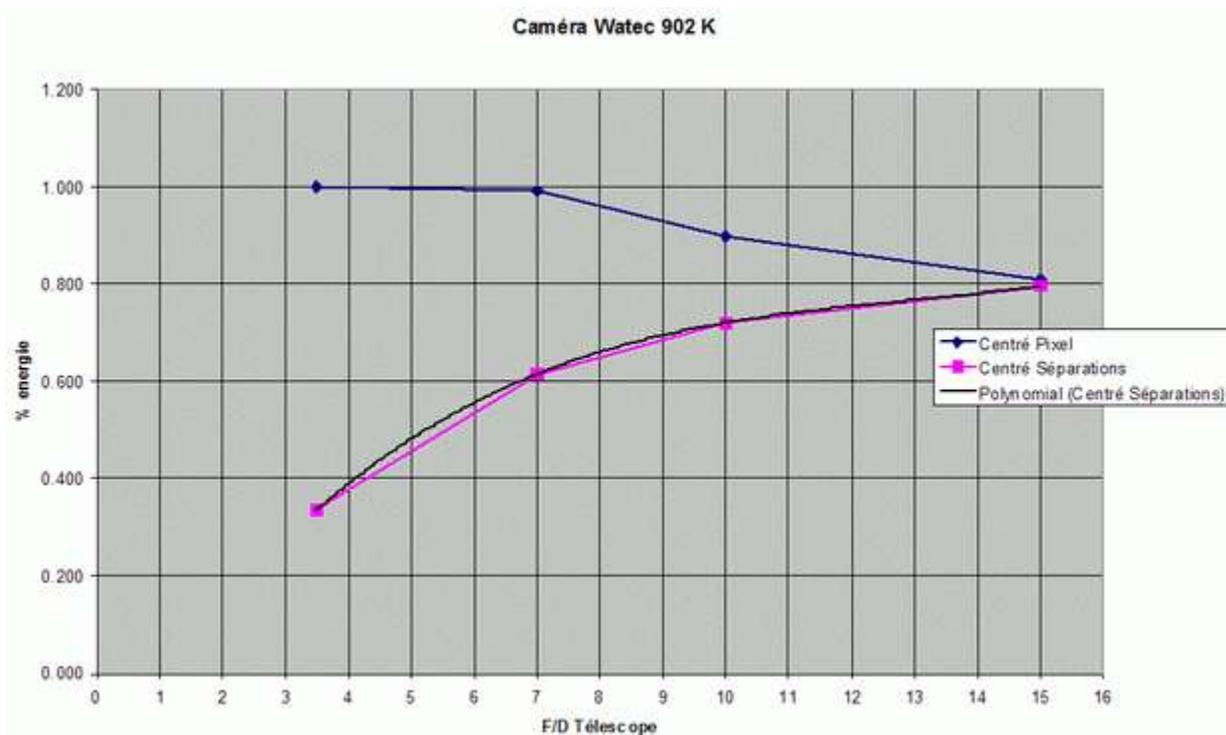


Ces deux cas représentent les cas extrêmes pour l'énergie obtenue sur la caméra.

Une série de calculs a été faite sur le tableur en interpolant les valeurs (extrait de diffractairy.xls, 599 ko) :

$\lambda = 0,65 \mu\text{m}$	$F/D = 3,5$	$F/D = 7$	$F/D = 10$	$F/D = 15$
centré sur 1 pixel	1,000	0,991	0,896	0,810
centré sur séparations	0,336	0,615	0,720	0,796

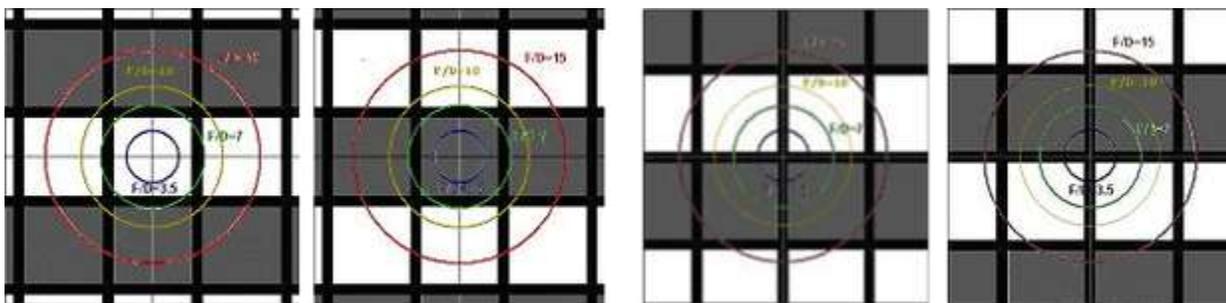
Les résultats de calcul pour les différents F/D sont résumés dans le tableau ci-dessus et la courbe jointe donne une idée de la réponse qui tend vers environ 80% pour les fortes valeurs de F/D.



Le tracé supérieur est dû au fait qu'au début le pixel est plus grand que la tache à cette longueur d'onde, ensuite il y a une symétrie par rapport à une valeur asymptotique qui se situe aux alentours de 80%. Quand on est en $F/D = 7$, la variation de l'un à l'autre des cas est de près de 40%.

Heureusement qu'il y a de la turbulence !

Au niveau réponse de la caméra, deux cas extrêmes (soit centré sur pixel ou séparations) sont montrés ci-dessous :



Dans un cas on voit que le partage par trame est inégal, dans l'autre symétrique mais de valeur moitié. Comme il y a peu de chance de se retrouver sur l'une ou l'autre de ces positions, on peut, tout au plus, savoir que l'étoile au

moment de la disparition était ou non sur les deux trames. On voit que la photométrie dans ce cas ne peut pas être très précise et en tout cas pas sur les trames séparées.

Problèmes posés lors des occultations

Lorsque le diamètre d'un instrument est faible, pour avoir de la luminosité on travaille avec des courtes focales, le seul risque est d'avoir des variations de l'ordre de 70% sur le niveau de sortie selon la position de la tache sur les pixels et de 0 à 80% d'une trame à l'autre. L'utilisation d'une Barlow atténue les variations mais fait perdre sur les magnitudes des étoiles.

Pour un diamètre plus important on peut utiliser une focale plus importante et bénéficier d'une meilleure stabilité de mesure tout en gardant une bonne sensibilité. Il y a tout de même une perte d'énergie de l'ordre de 20%.

De toutes façons les mesures de photométrie doivent se faire sur une image et non sur les trames séparées, la seule amélioration possible dans la mesure du temps est la présence ou non du corps occulté sur l'une ou l'autre trame, mais la valeur photométrique trouvée n'est pas représentative du phénomène.

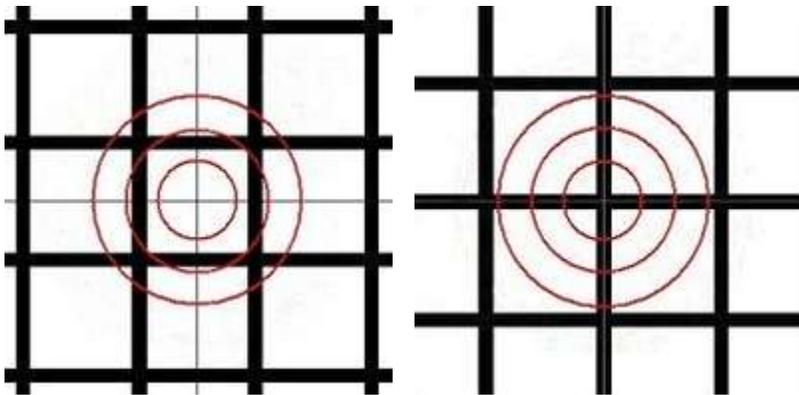
La dernière mesure avant occultation doit être interprétée comme étant liée au temps d'exposition, une valeur égale à la moitié de la précédente indique un temps de pose de 10 ms, si le niveau est plus faible l'occultation a eu lieu pour un temps de pose inférieur à 10 ms, s'il est plus fort la durée est plus grande. Ceci peut être masqué par la diffraction importante dans cette zone.

06/11/2010 18 h 27

Mesure de l'influence de la position de la tache d'Airy sur la matrice CCD

Si l'on veut effectuer une mesure, il faut réunir les éléments suivants :

- étoile artificielle de taille égale ou inférieure à celle d'un pixel ;
- possibilité de positionner correctement cette étoile sur la matrice CCD ;
- possibilité d'ajustement rapide de la tache et anneaux sur la matrice pour les deux positions ci-après.



Pour une étoile de 6,17 μm de diamètre, tache centrale 1^{er} et 2^e anneaux.

La réalisation se décompose en deux éléments :

- une LED rouge, réglable en intensité enfermée dans une boîte ;
- une plaquette percée de trous de 0,6, 1, 1,5 et 2 mm guidée par des glissières se déplace devant la LED sur des positions prédéfinies par verrouillage.

La boîte est fixée sur un mouvement micrométrique en X et Y (les chariots d'un tour d'horloger). Le tout est monté sur une équerre rigide fixée sur un coin d'étagère à l'aide d'un serre-joint.

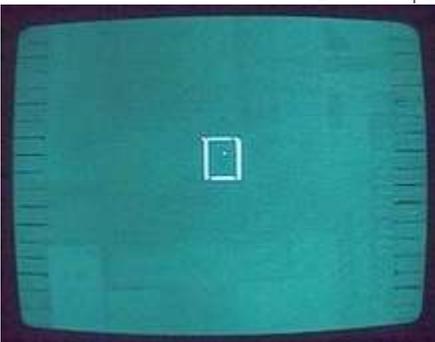


La caméra est placée à 3,54 m de l'étoile (distance maximale possible dans la pièce utilisée pour les mesures).

Calibrage de l'ensemble

Une image fixe est réalisée à l'aide de ce dispositif, puis un enregistrement DVD, qui après traitement donne une image qui permet la mesure de la hauteur en pixels de la boîte LED :

Taille réelle	:	70 mm
Taille en pixels	:	72
Hauteur d'un pixel	:	10 μm (en tenant compte de la séparation inter-ligne)
Hauteur sur la CCD	:	720 μm
Facteur diviseur	:	$70\ 000/720 = 92,7$
Diamètre pour trou de	300 μm :	$600/92.7 = 3.24 \mu\text{m}$
	600 μm :	$600/92.7 = 6.47 \mu\text{m}$
	1 000 μm :	$1\ 000/92.7 = 10.78 \mu\text{m}$
	1 500 μm :	$1\ 500/92.7 = 16.18 \mu\text{m}$
	2 000 μm :	$2\ 000/92.7 = 21.58 \mu\text{m}$



Procédure d'essais

Pour régler la position de l'étoile sur la matrice CCD on utilise :

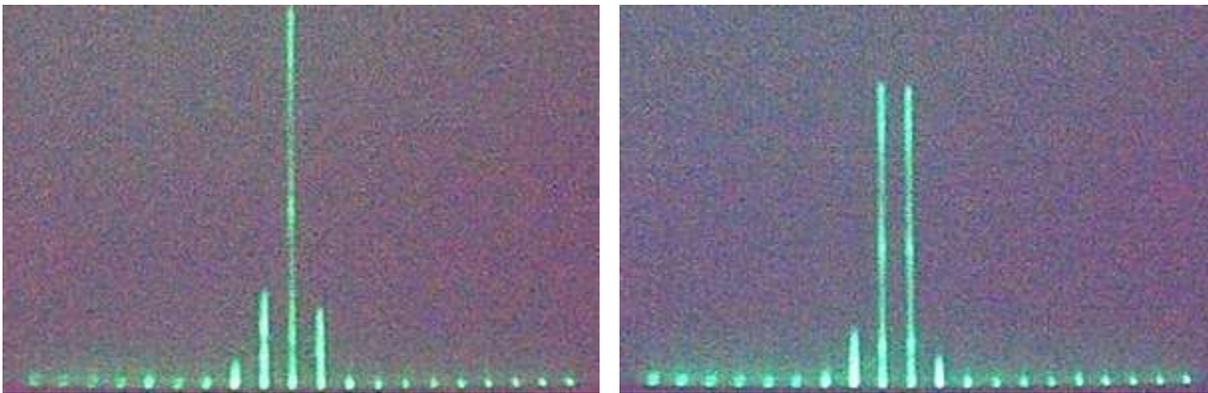
- un moniteur de contrôle ;
- un dispositif d'analyse ;
- un oscilloscope à double balayage.

Le moniteur sert à maintenir l'étoile dans une fenêtre de mesure, l'oscilloscope est utilisé pour l'aide au positionnement sur les pixels.

Centrage sur un pixel

Pour être certain de travailler sur la même trame, le balayage est déclenché par le front montant du signal parité de trame pour l'image de gauche, et par le front descendant sur l'image de droite. En déplaçant verticalement l'étoile on cherche un maximum, on contrôle que sur l'autre trame on a égalité de niveau sur les deux signaux, puis par un déplacement horizontal on affine le maximum. Un enregistrement vidéo est effectué durant 10 secondes.

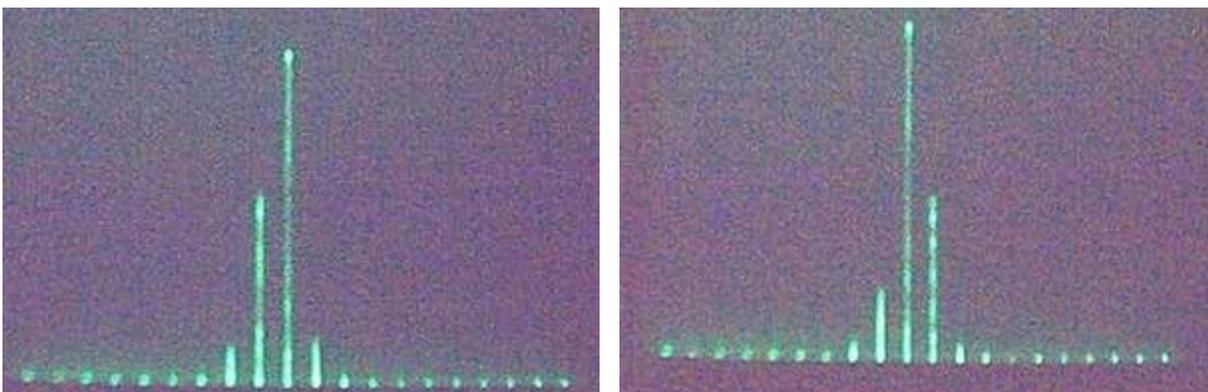
Les tracés ci-dessous correspondent à une inspection verticale de l'image. Si nous voulions savoir ce qui se passe sur une ligne il faudrait un autre oscilloscope.



Dans une image complète les trames étant entrelacées, les deux plus grand signaux de la seconde image prendront place de part et d'autre du grand signal de la première.

Centrage sur un croisement de bandes

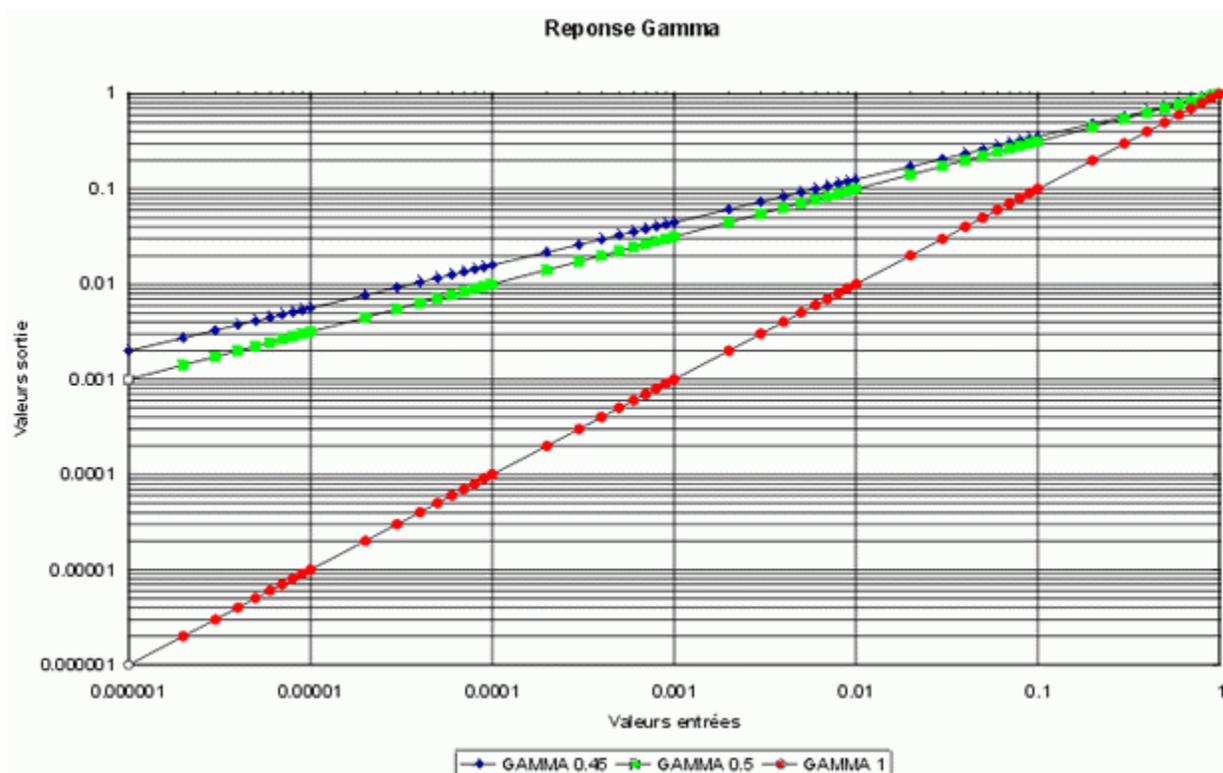
En déplaçant verticalement l'étoile, on cherche une identité de valeurs symétriques sur les deux trames, puis par un déplacement horizontal on affine le minimum. Un enregistrement vidéo est effectué durant 10 secondes.



Comme les résultats ne sont pas ceux escomptés, on recherche pourquoi.

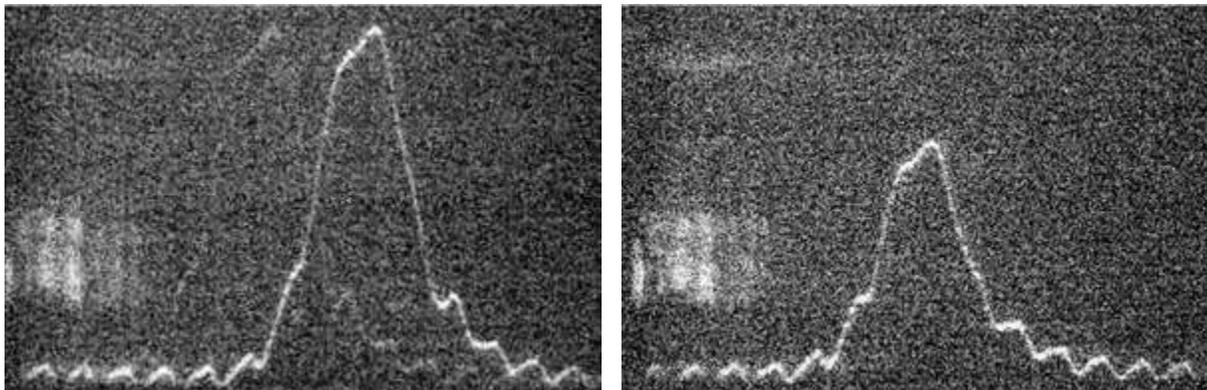
Une première raison est que la caméra est sur $\Gamma = 0,5$. Même si la caméra est sur $\Gamma = 1$, l'étoile

semble être trop grande environ 2 fois. Un trou de 0,3 mm est percé dans la plaquette de l'étoile artificielle et nous essayons à nouveau. Pour ce trou le diamètre de l'étoile sur la CCD est de $300/92,7 = 3,23 \mu\text{m}$. Nous refaisons les tests pour tous ces diamètres avec $\text{Gamma} = 0,45, 0,5$ et 1 . Le gamma est une réponse Amplitude/Amplitude décrite dans les graphiques ci dessous. C'est appliqué individuellement à chaque pixel. Son effet est certainement limité pour ne pas trop amplifier le bruit, mais sa limite d'action nous est inconnue.

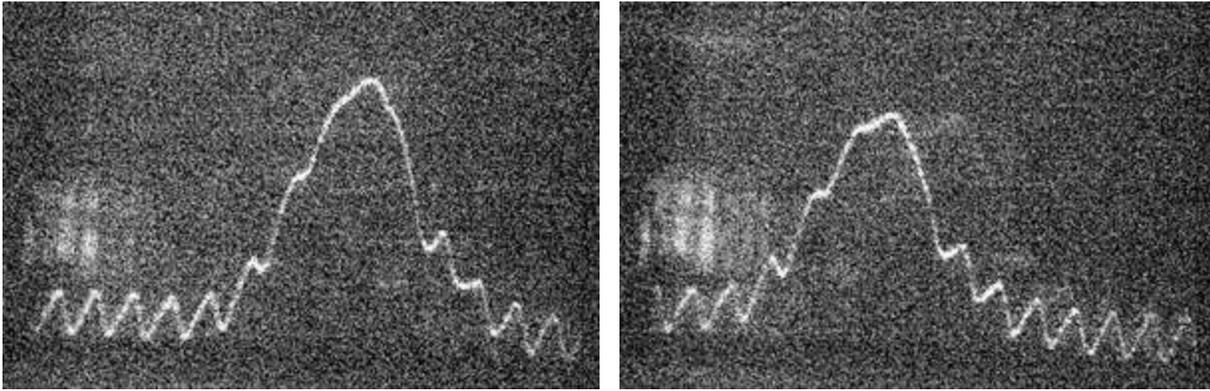


L'inspection sur une ligne donne :

Gamma = 1



Gamma = 0,45

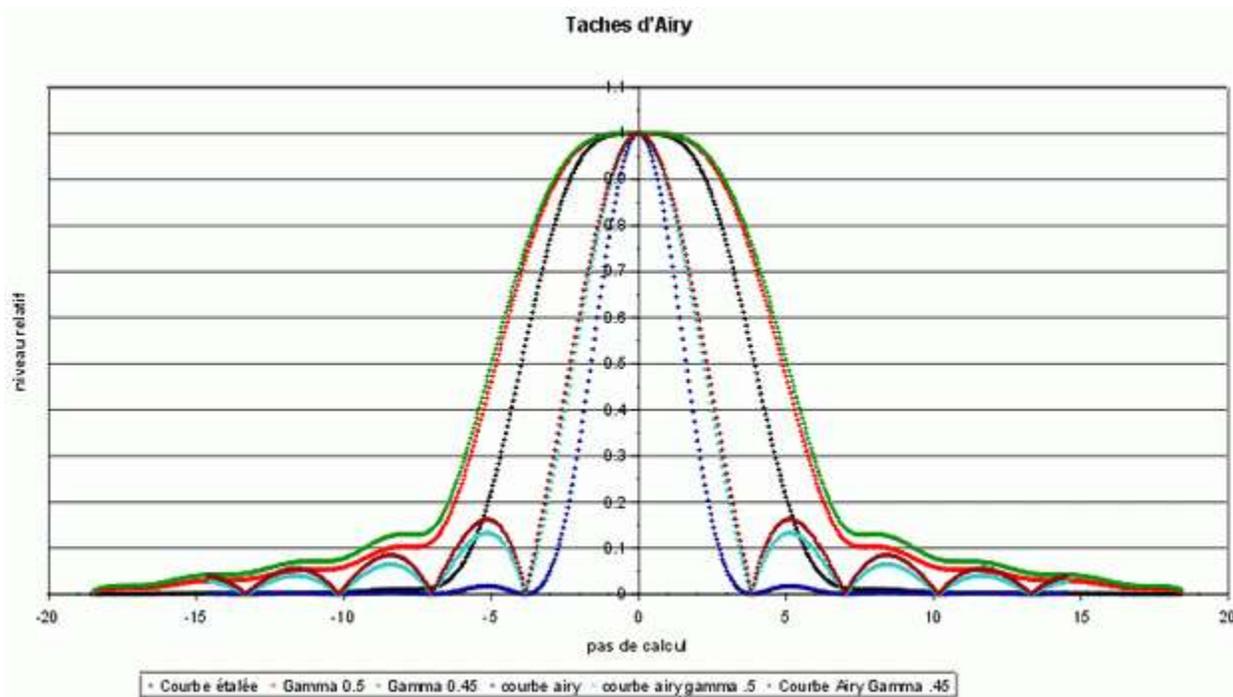


À gauche : centré sur un pixel, à droite : centré sur une bande

Les oscillations existant sur les figures correspondent à chaque pixel, leurs amplitudes sont $\times 2$ avec le gamma. D'autre part, les temps de montée et de descente ne sont pas symétriques. Tout ce qui présente un renforcement de luminosité sur les courbes est l'effet de ces oscillations.

Sur les courbes à $\gamma = 1$, il y a 5 pixels concernés et sur celles à $\gamma = 0,45$: 7 pixels. La valeur mesurée est d'environ 6 à 7 ADU sur les images à $\gamma = 1$ et de 13 à 14 ADU sur celle à $\gamma = 0,45$.

Comme l'étoile n'est pas ponctuelle, on doit considérer chaque point comme une étoile avec sa propre diffraction. Une simulation a été faite sur un tableur et on obtient un résultat en accord avec ce qui a été constaté.



Processus du test

Pour chaque diamètre d'étoile et Gamma nous devons réaliser 3 enregistrements :

- identification du diamètre de l'étoile et du Gamma (utilisation du dispositif d'insertion de texte) ;
- centré sur un pixel (pas d'insertion) ;
- centré sur les bandes aveugles (pas d'insertion).

Soit 45 enregistrements d'environ 10 secondes sur DVD-RW.

Une fois les enregistrements effectués, on utilise les soft suivants :

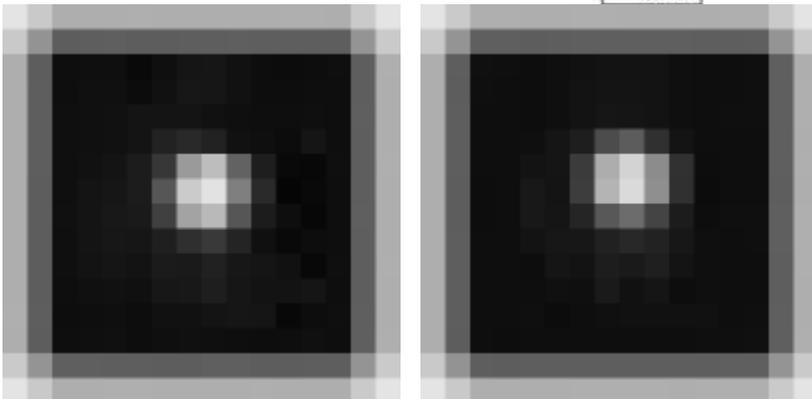
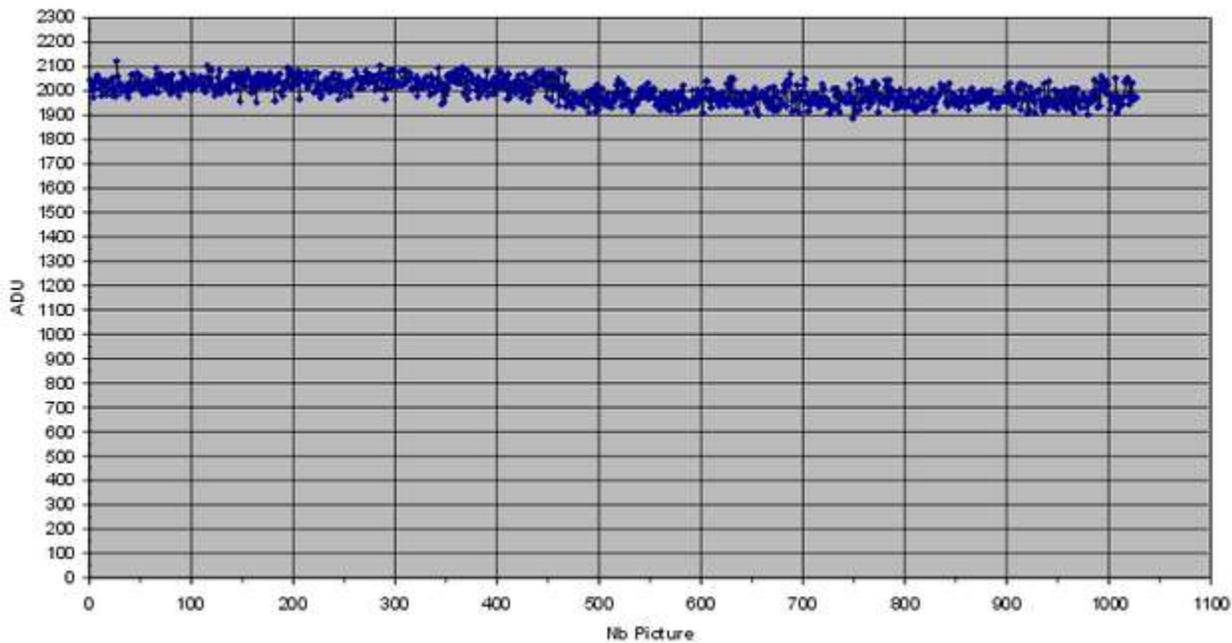
DGIndex : à partir d'enregistrements .VOB (DVD) crée des fichiers .M2V lisibles par VIRTUALDUBMOD.

VIRTUALDUB MOD : à partir des fichiers .MV2 on crée des fichiers .AVI lisibles par LIMOVIE, sauvetage d'images du phénomène.

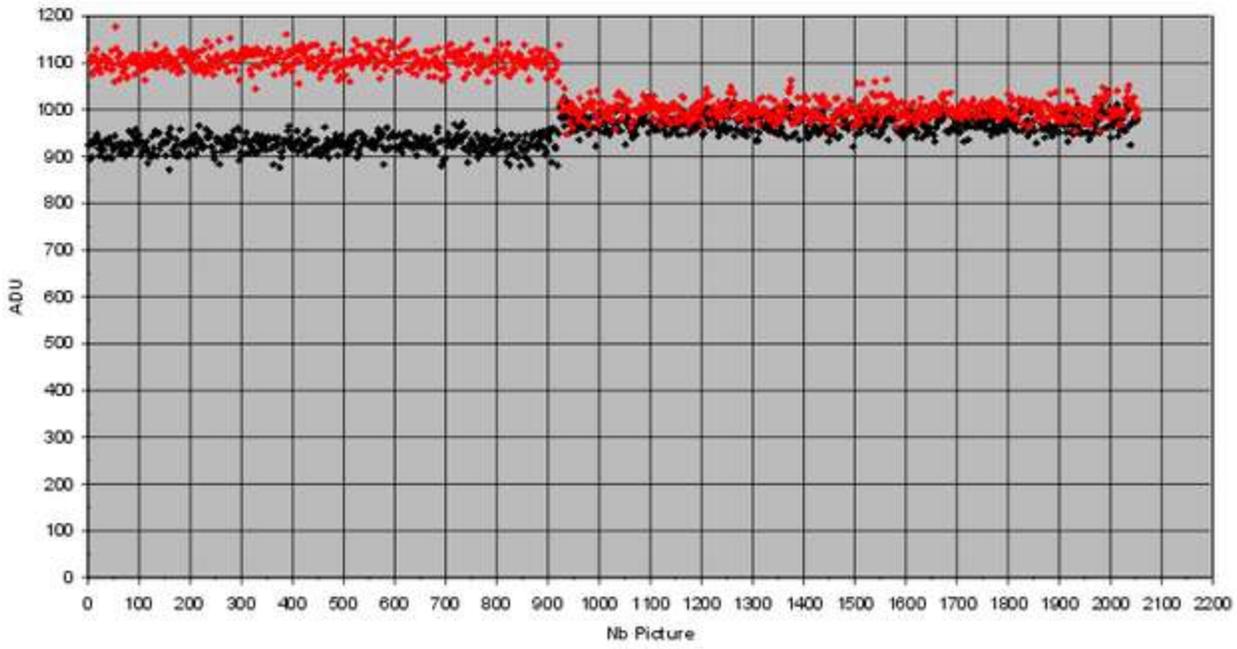
LIMOVIE seul ou avec **AVISYNTH** : mesure automatiquement les valeurs d'étoiles sur les fichiers .AVI au niveau images ou trames séparées, trace les courbes à la demande, permet l'enregistrement des mesures dans des fichiers .CSV.

EXEL : l'ouverture des fichiers .CSV dans EXEL permet l'exploitation des données sous forme de graphiques.

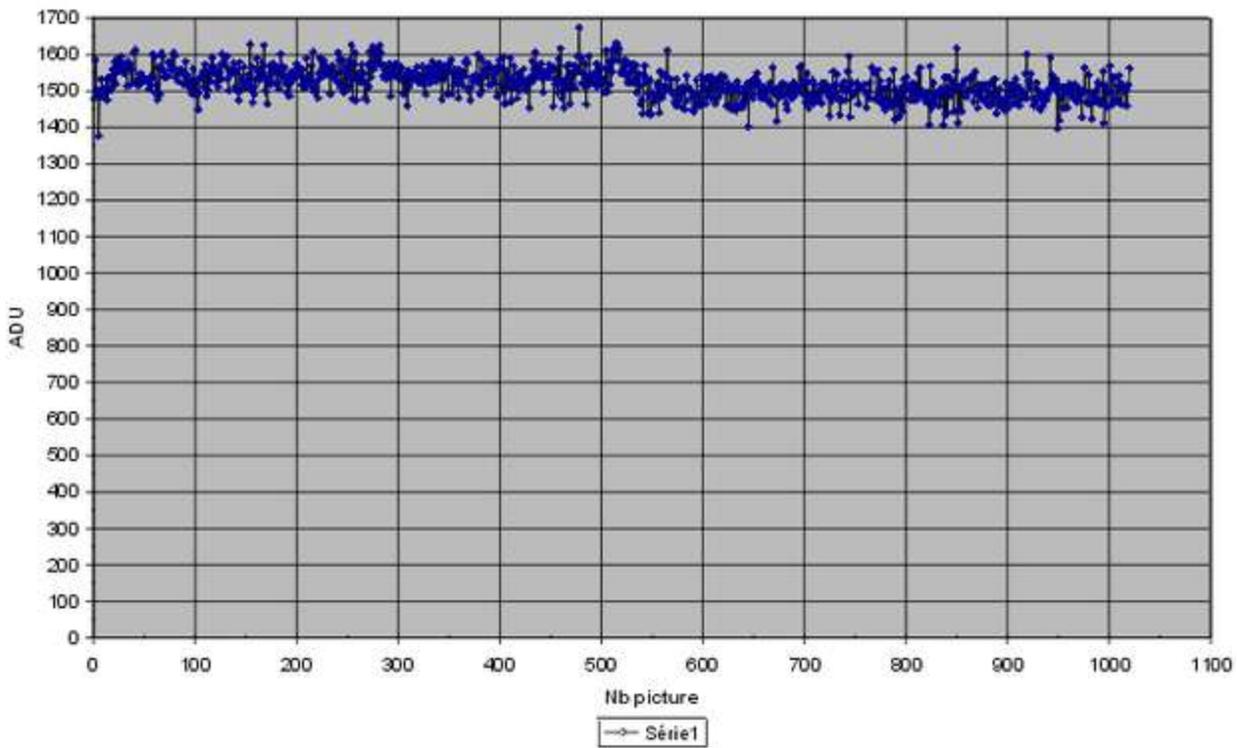
ET070701 D=0.3mm GAMMA=0.45 by picture

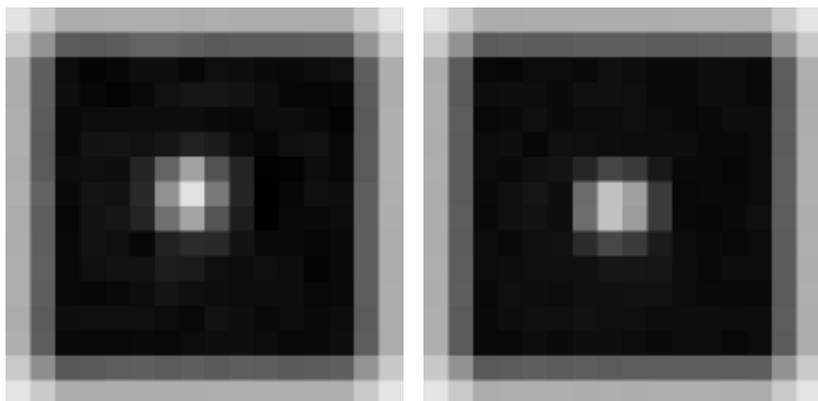


ET070701 D=0.3mm Gamma= 0.45 FIELD Identified

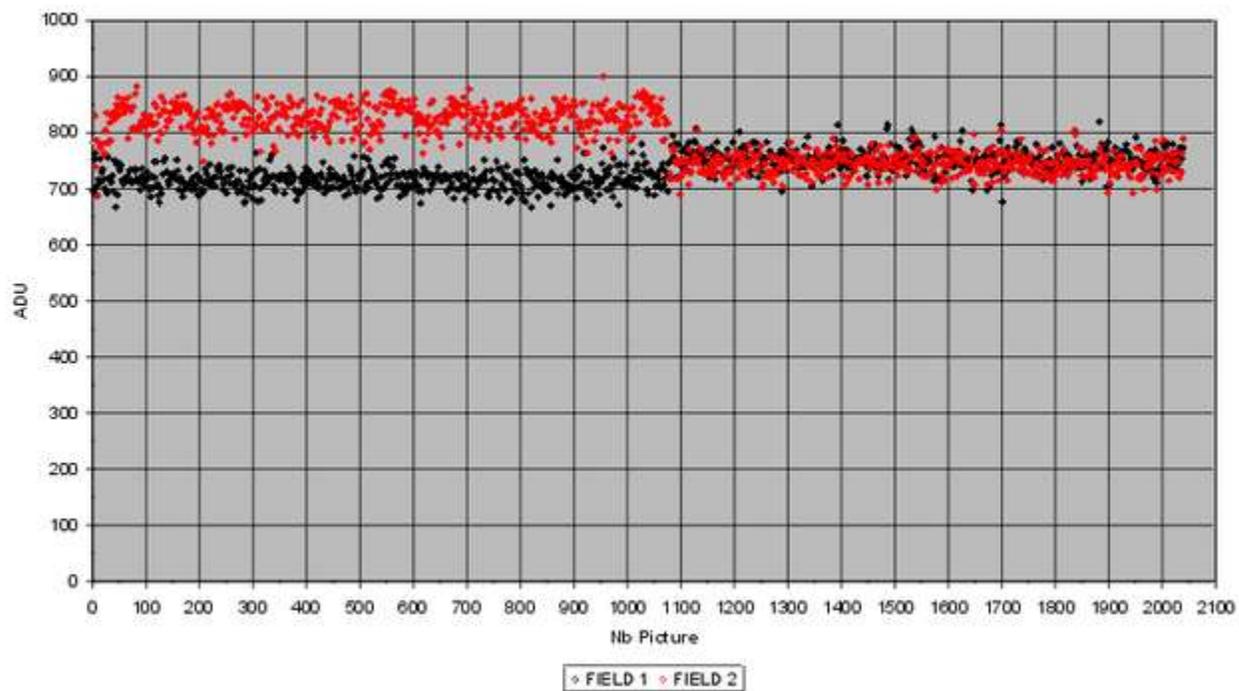


ET070701 D=0.3mm Gamma= 0.5 by picture

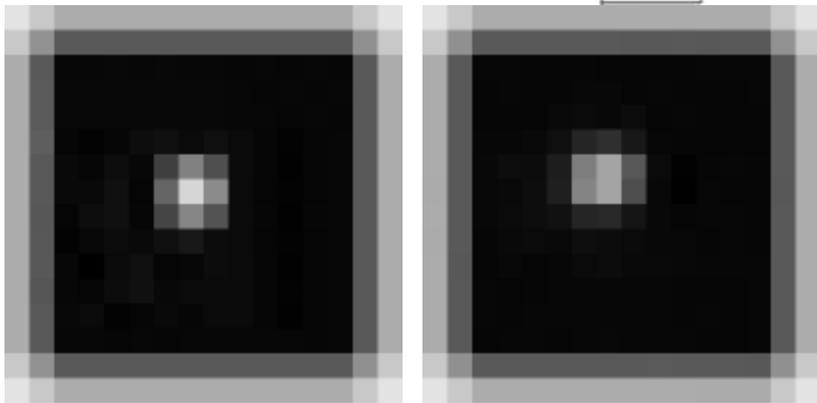
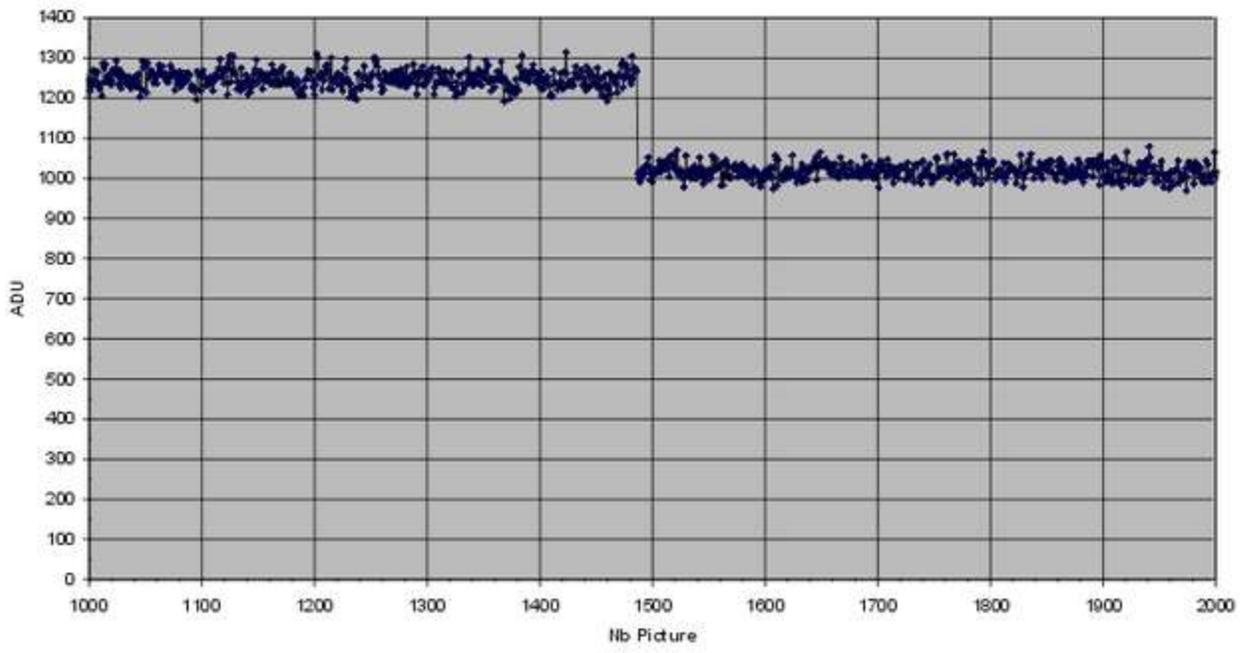




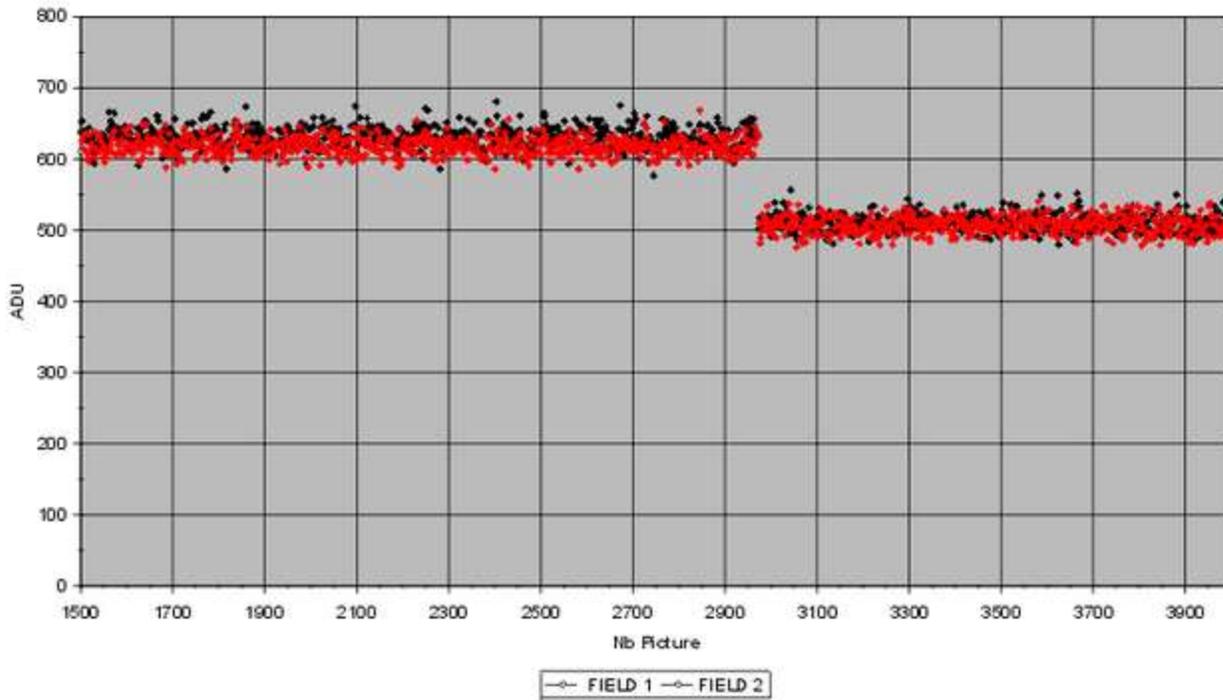
ET070701 D=0.3mm GAMMA= 0.5 Field Identified



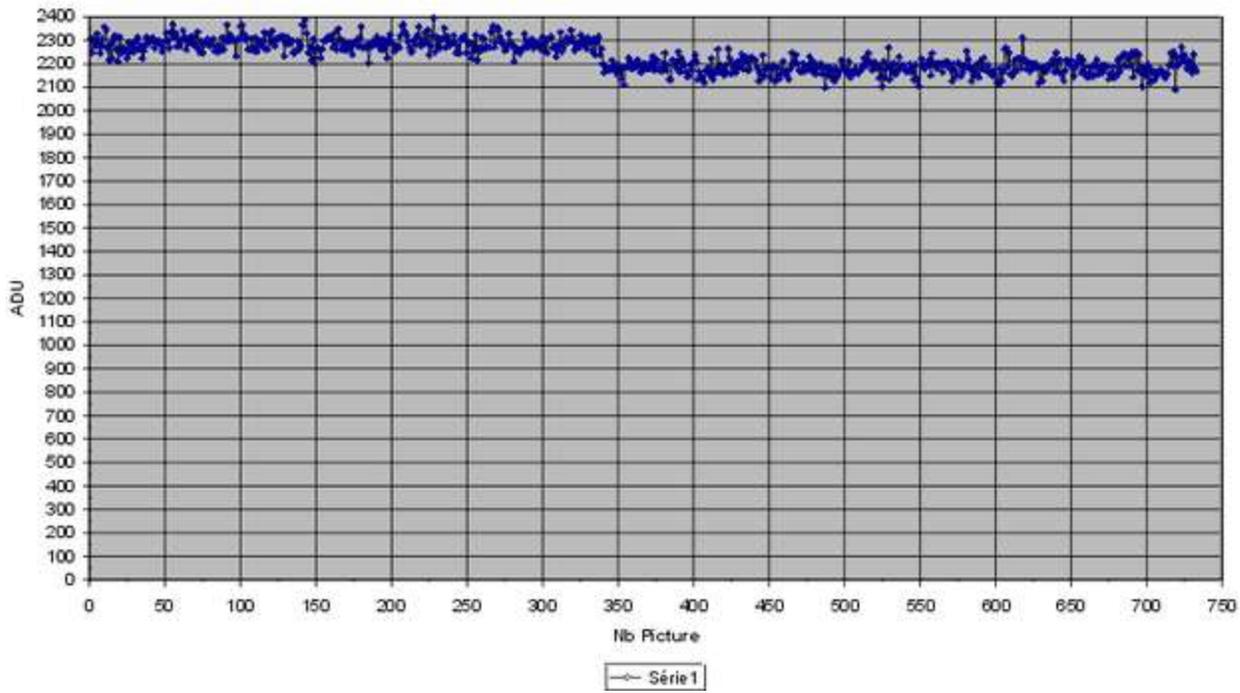
ET070708 D=0.3mm GAMMA=1 By Picture

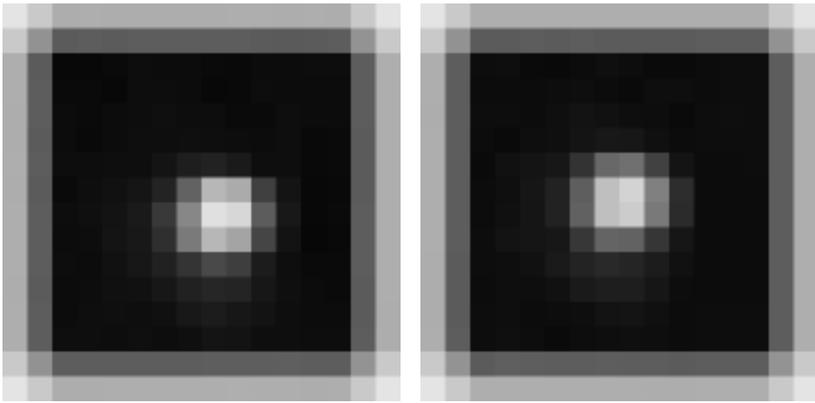


ET070708 D =0.3mm GAMMA=1 by Field Identified

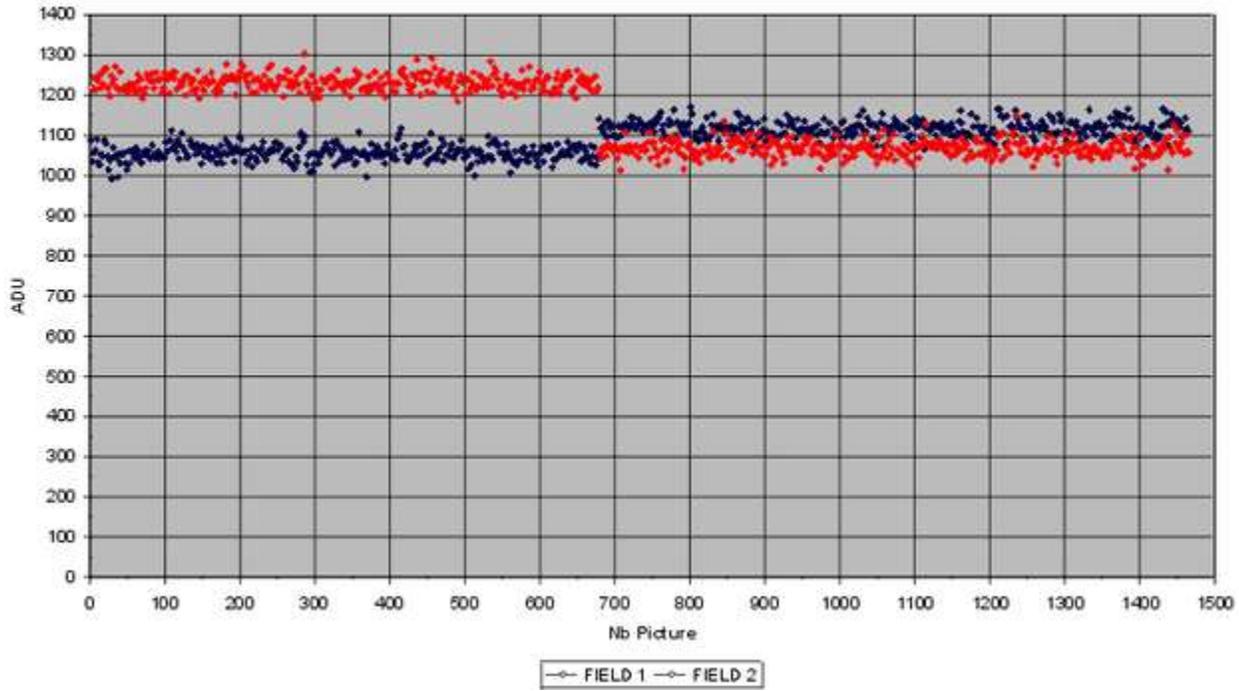


ET070705 D=0.6mm Gamma=0.45 by picture

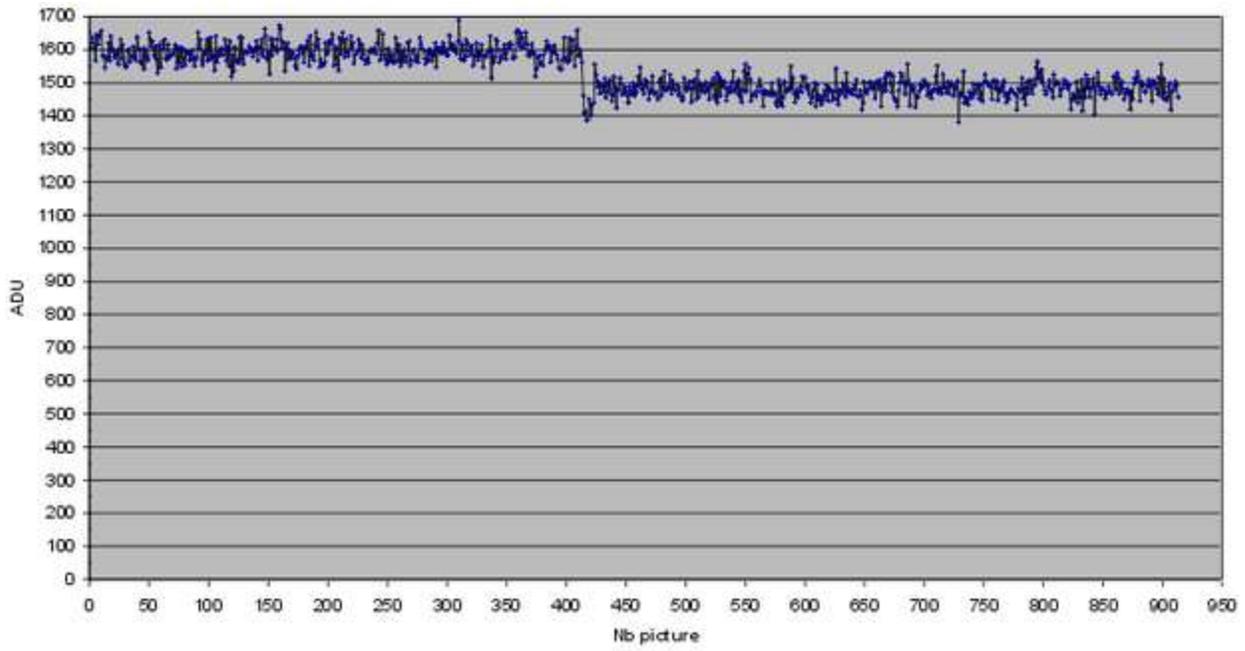




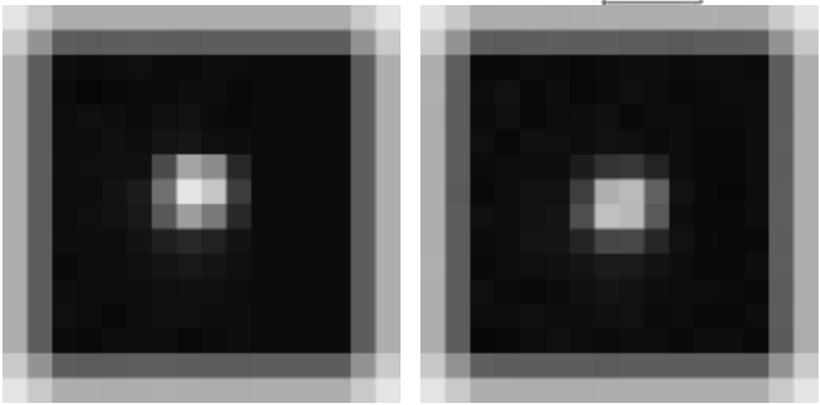
ET070705 D=0.6mm Gamma=0.45 by Field Identified



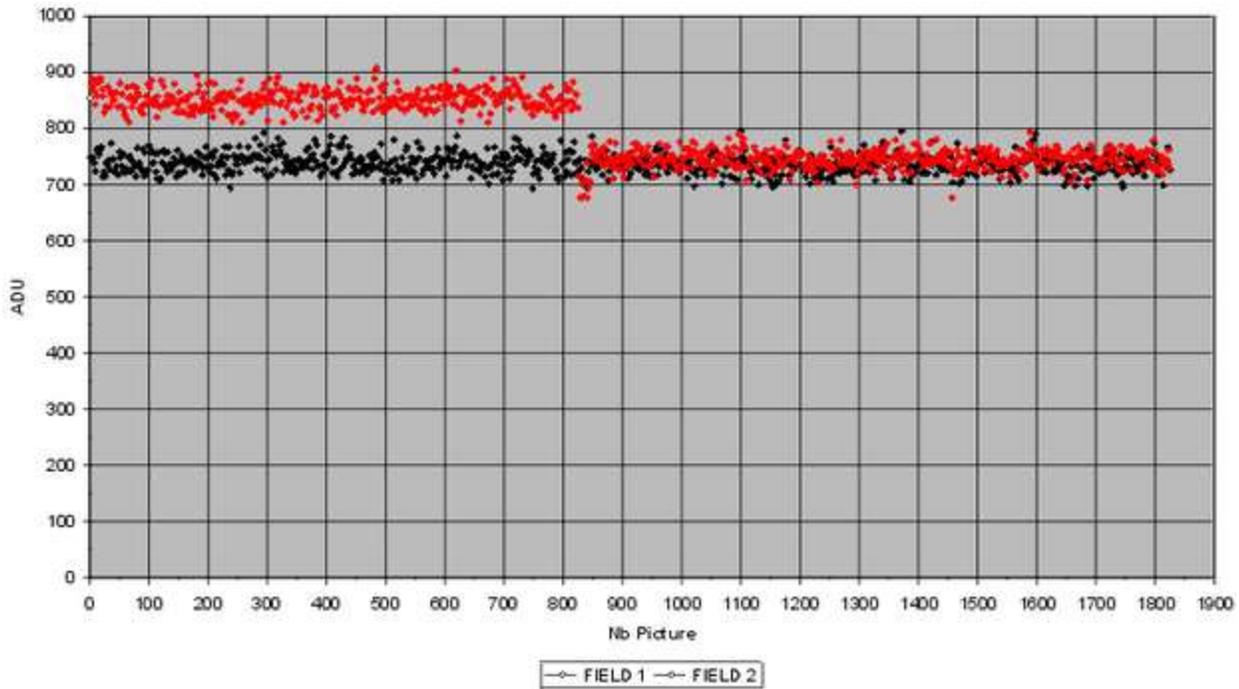
ET07070506 D 0.6mm G AMMA=0.5 By picture



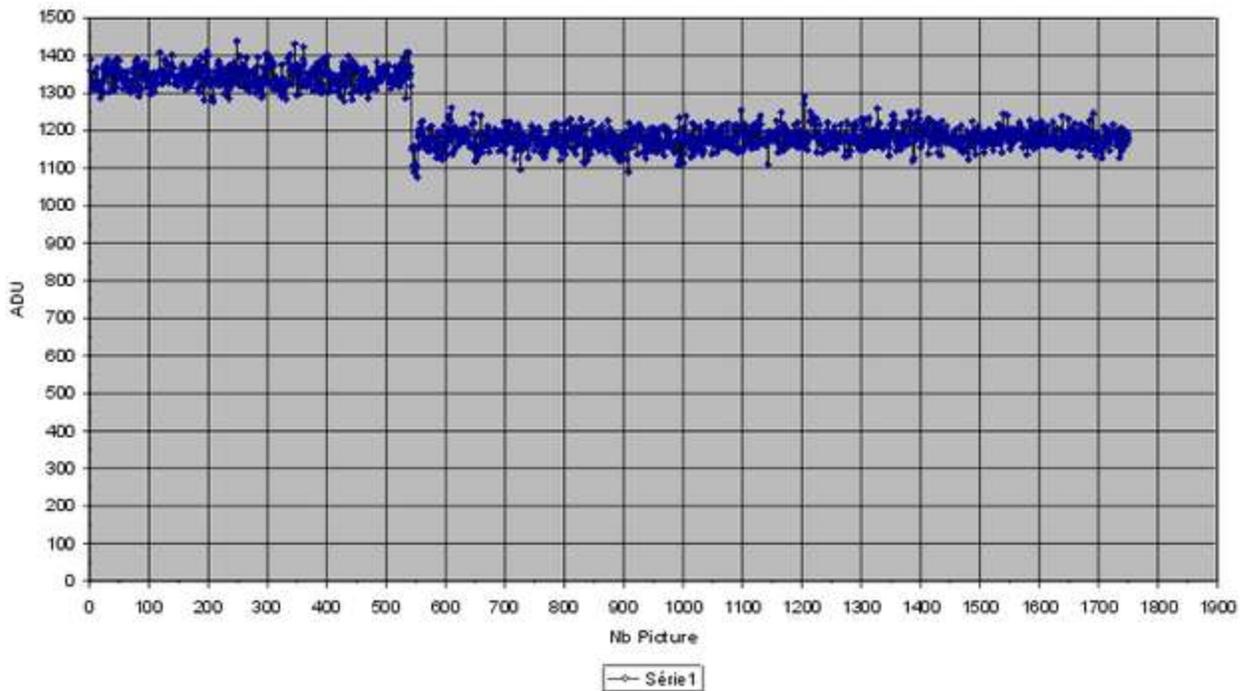
Série1

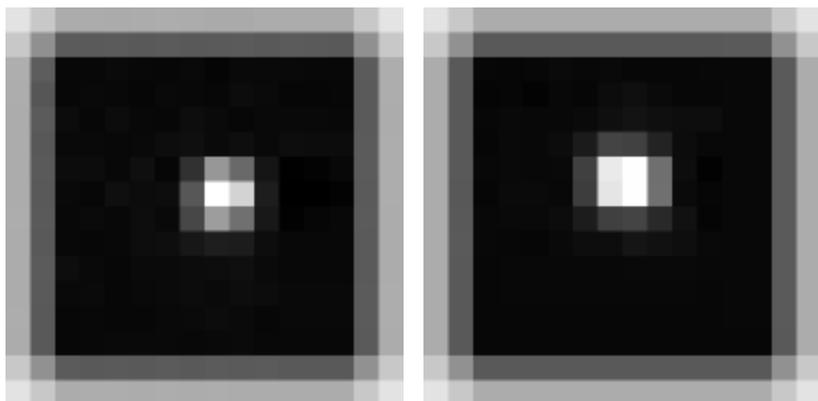


ET070705 D=0.6mm Gamma=0.5 by Field Identified

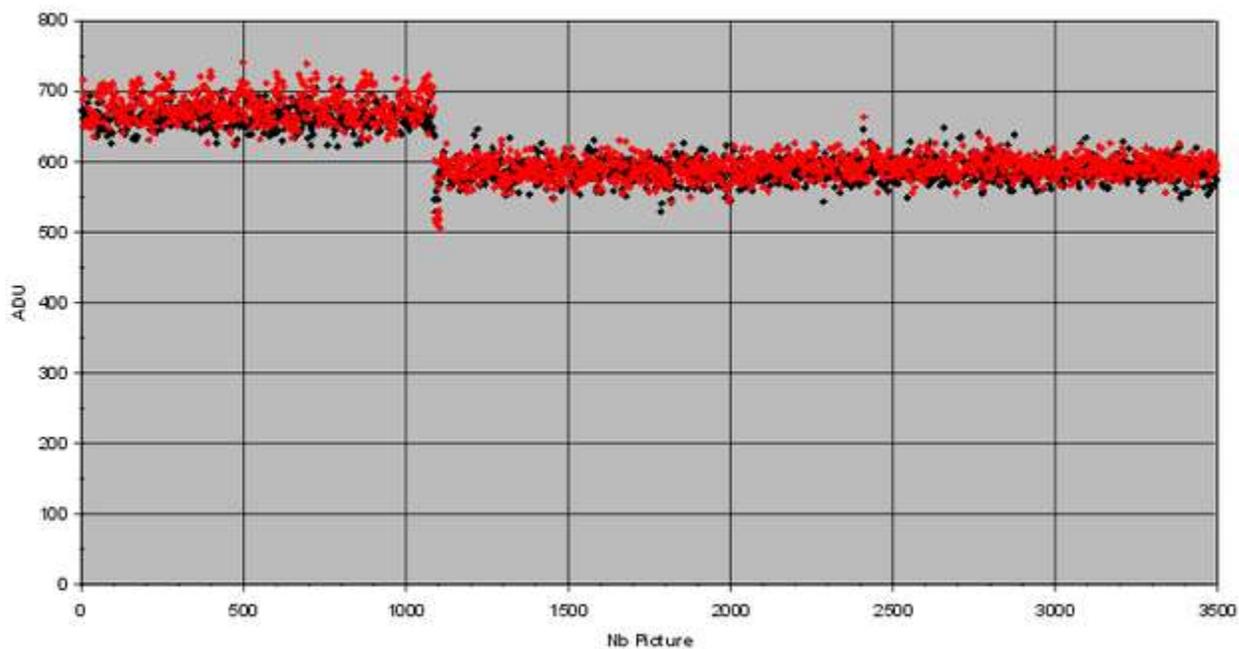


ET070705 D=0.6mm Gamma=1 by picture

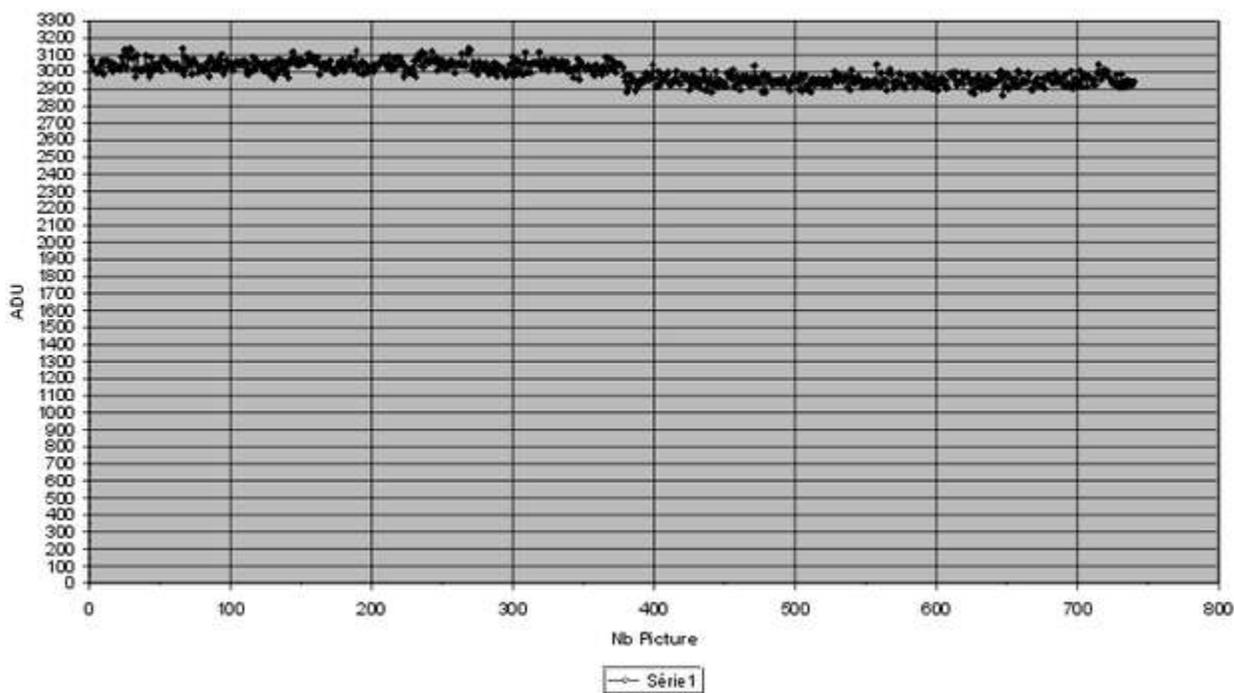


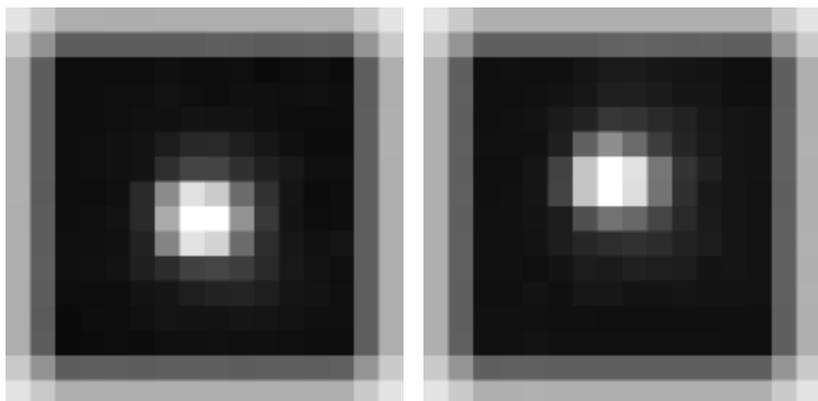


ET070705 D=0.6mm Gamma=1 By Field Identified

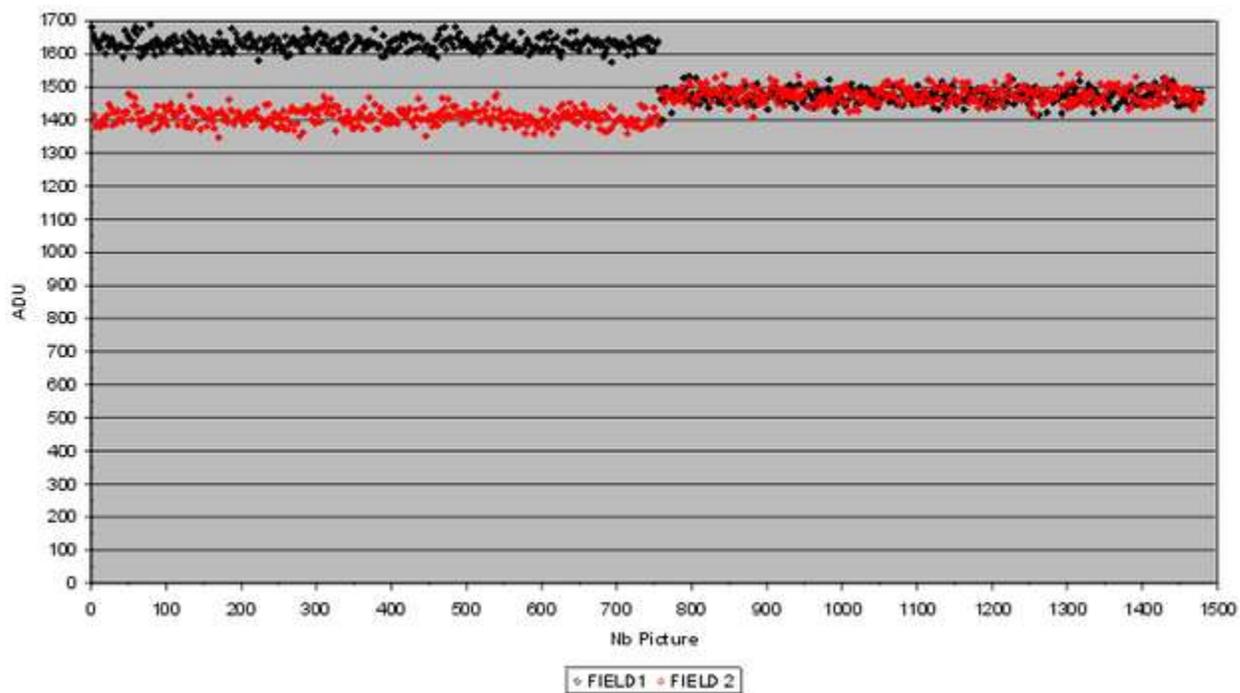


ET070615 D=1mm GAMMA=0.45 By Picture

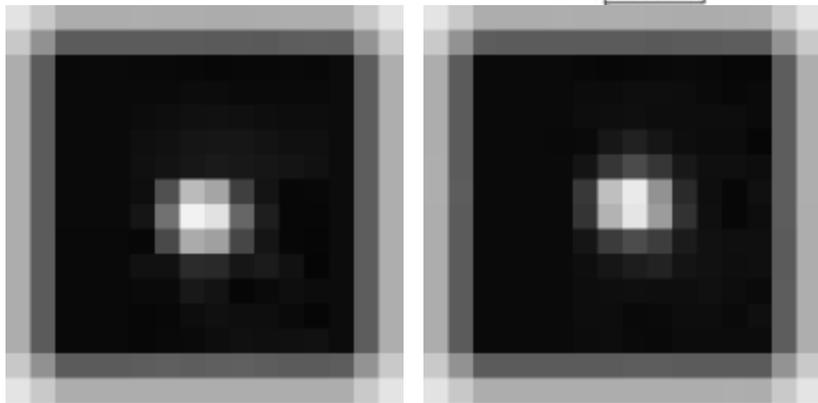
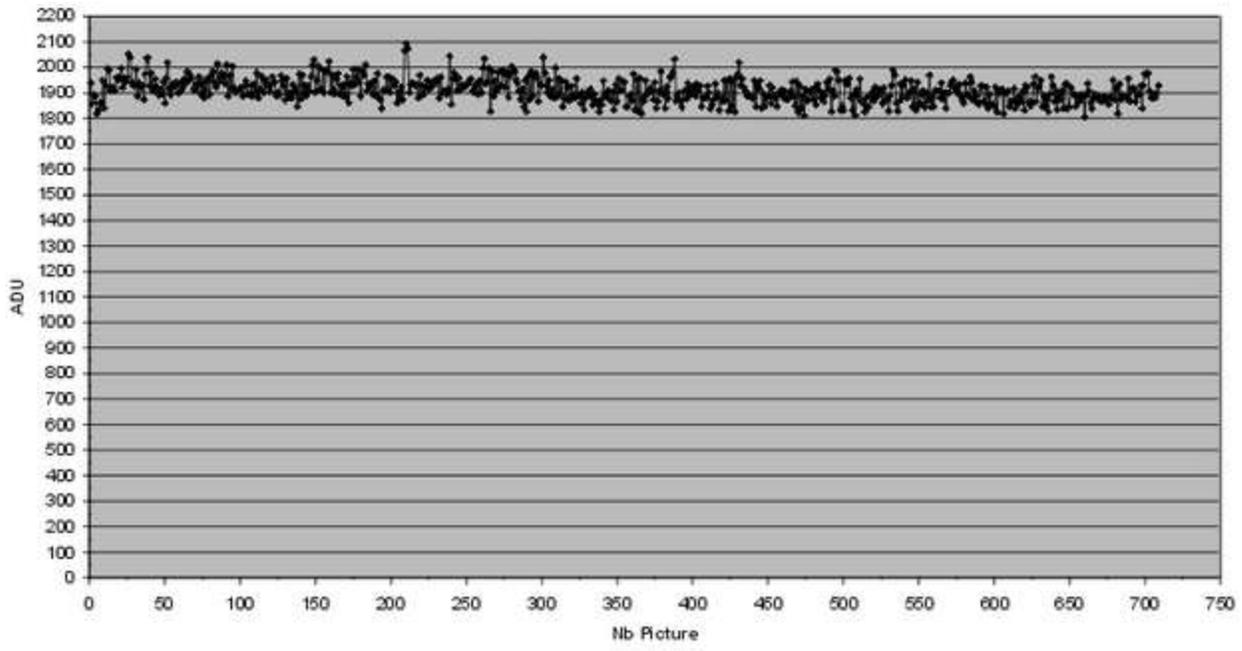




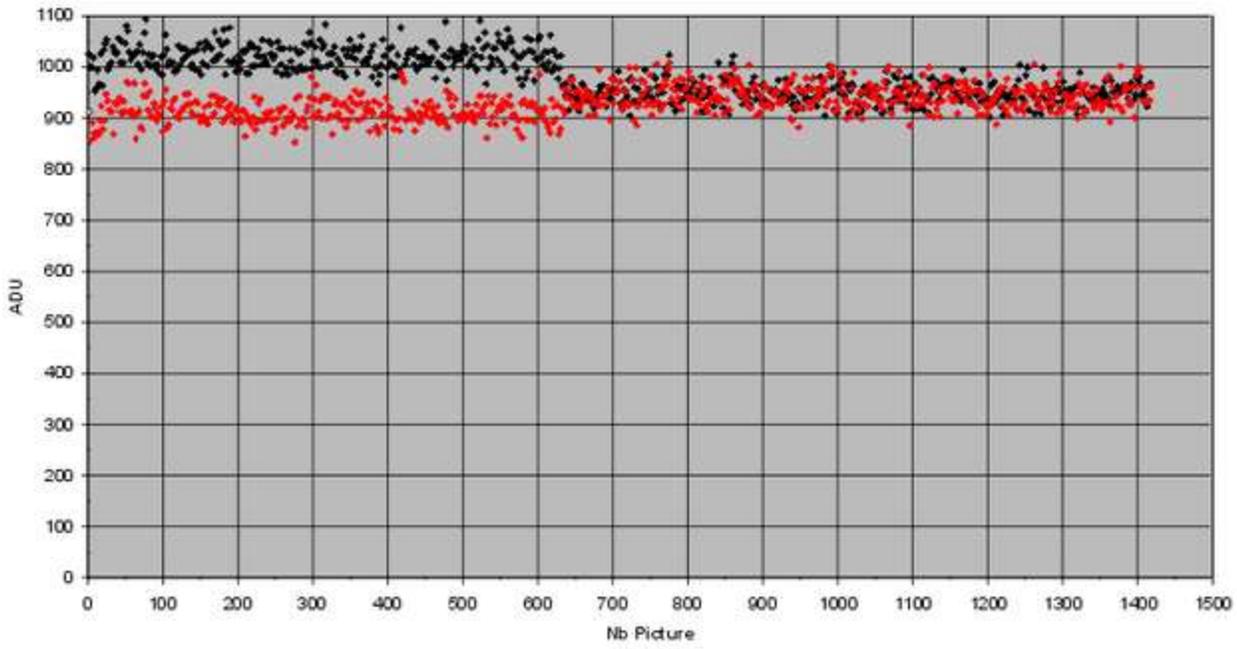
ET07061510 D=1mm G AMMA=0.45 By Field Identified



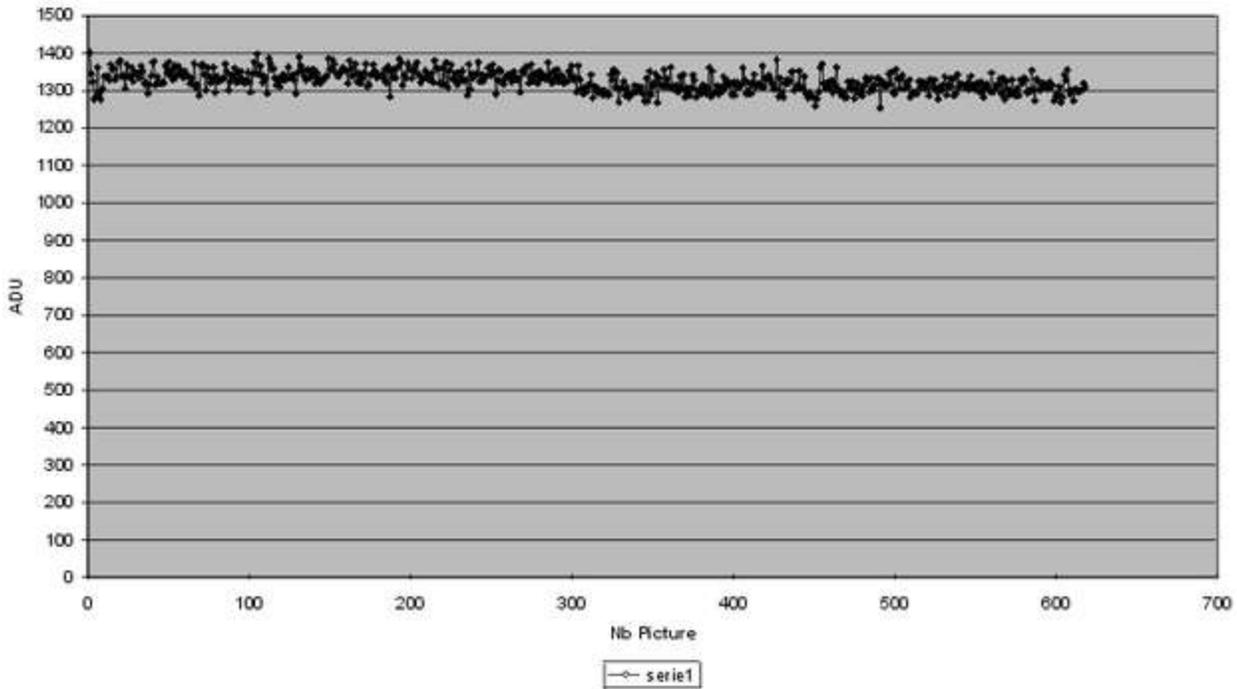
ET070615 D=1mm G AMMA= 0.5 By Picture

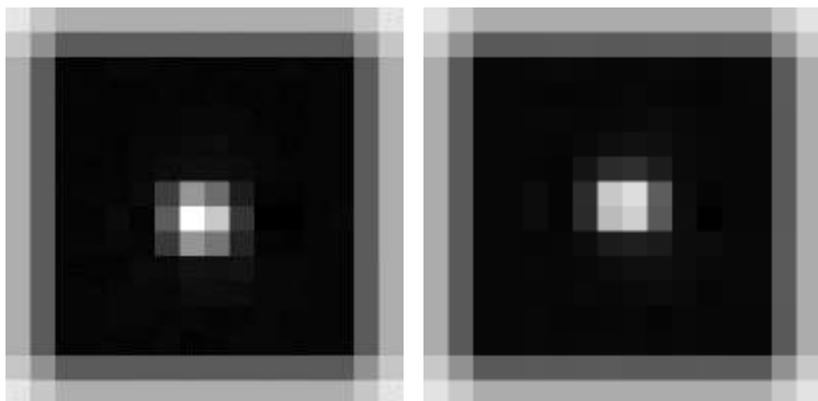


ET070615 D=1mm GAMMA=0.5 Identified

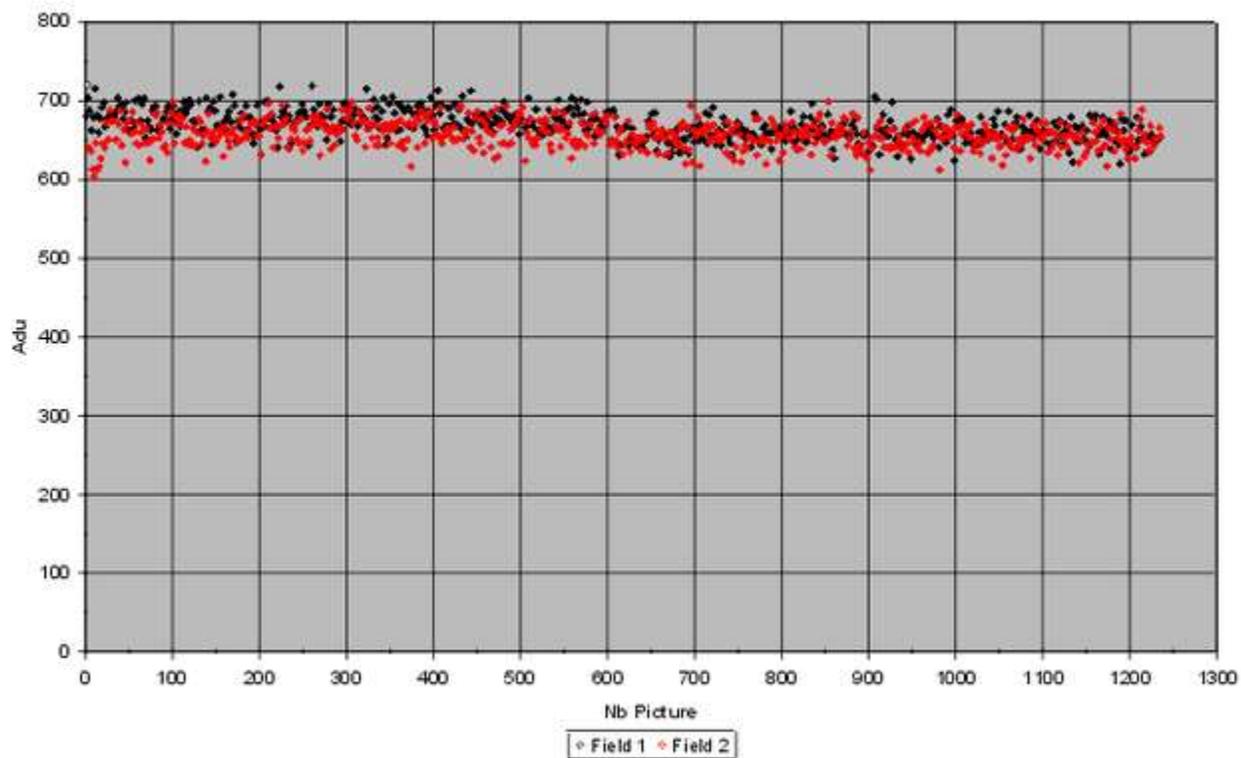


ET070615 D=1mm Gamma=1 by picture

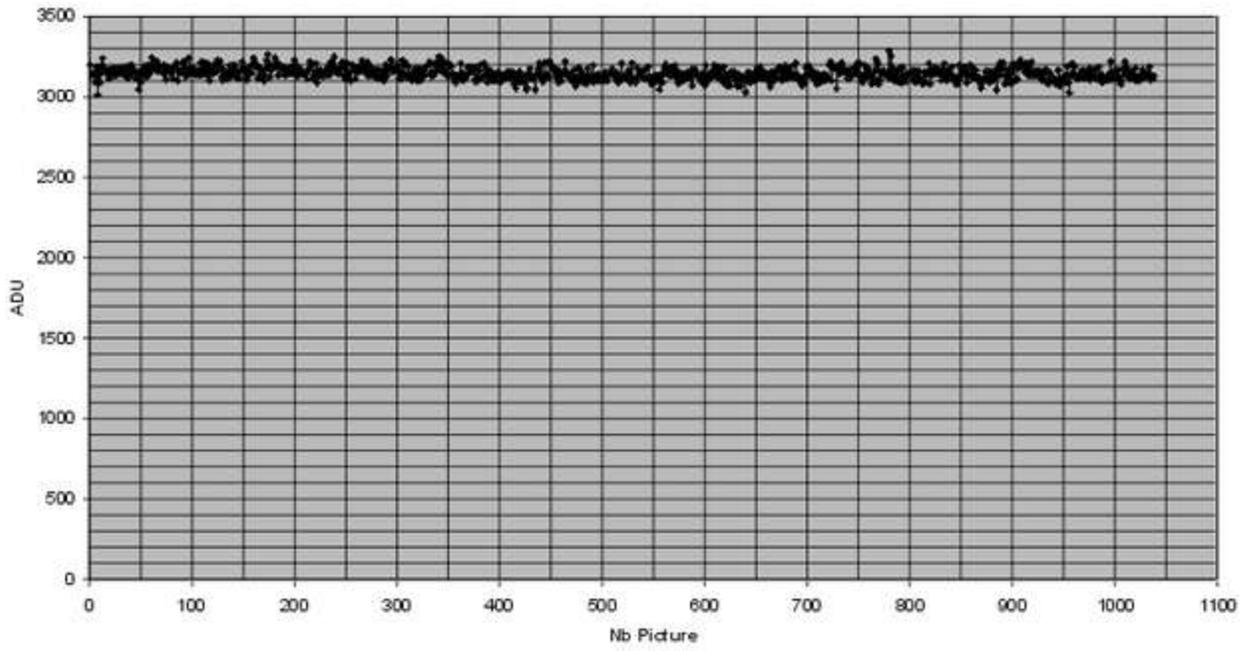




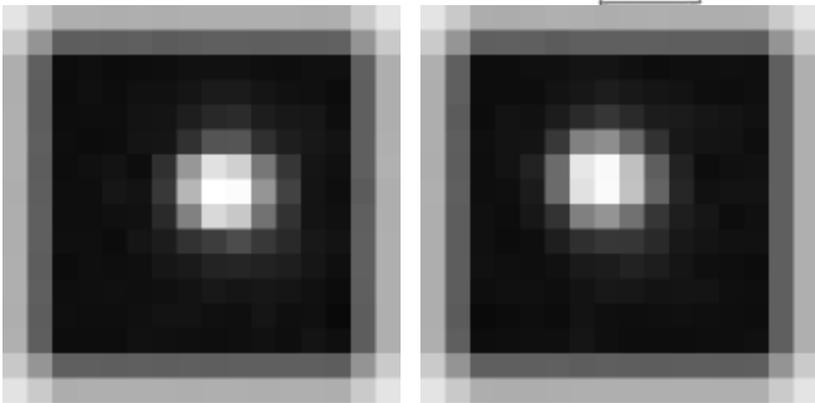
ET070615 D=1mm Gamma=1 2 Fields Identified



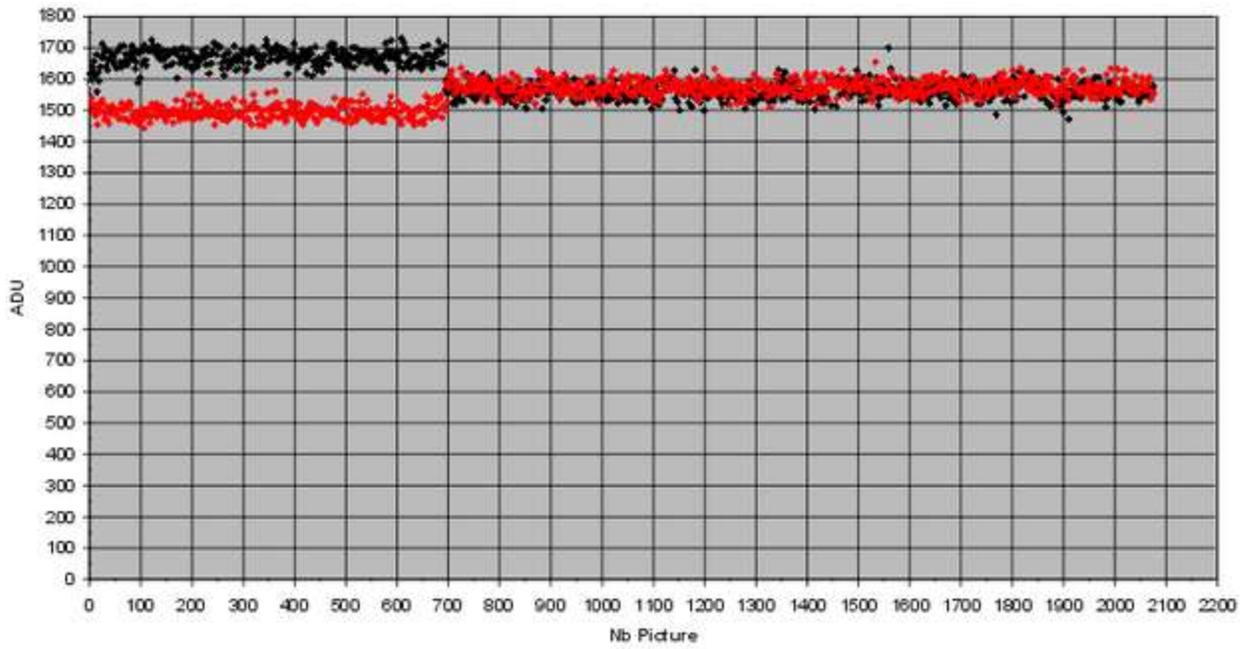
ET070615 D=1.5mm GAMMA=0.45 By Picture



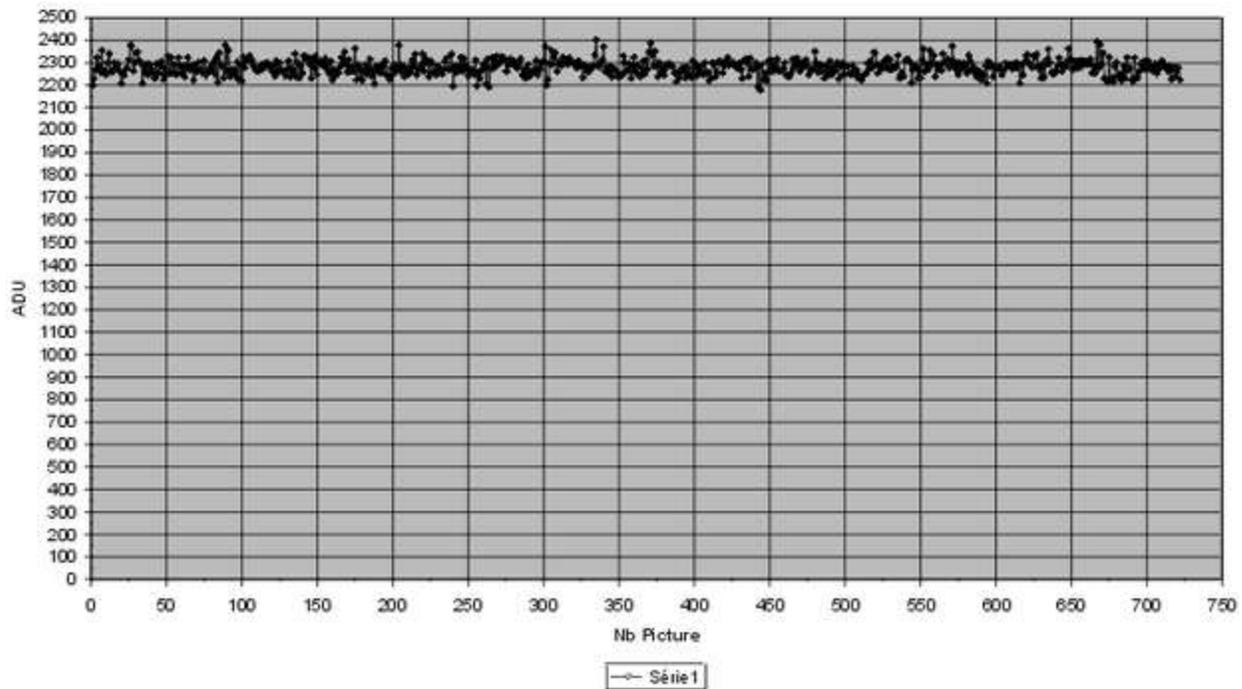
← Série1

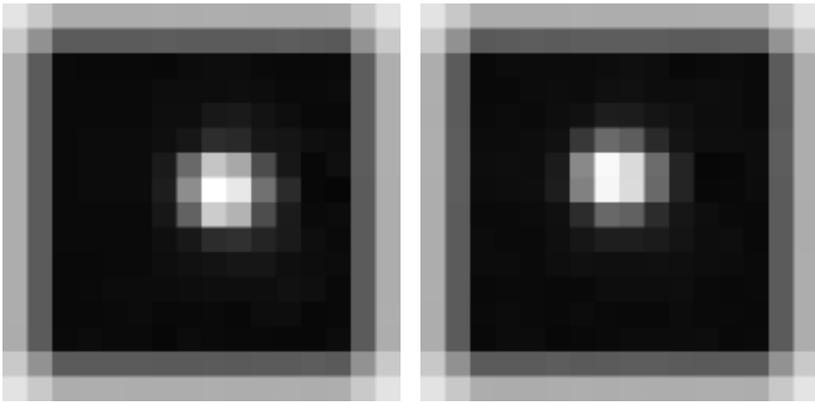


ET070615 D=1.5nm G AMMA=0.45 2 Fields Identified

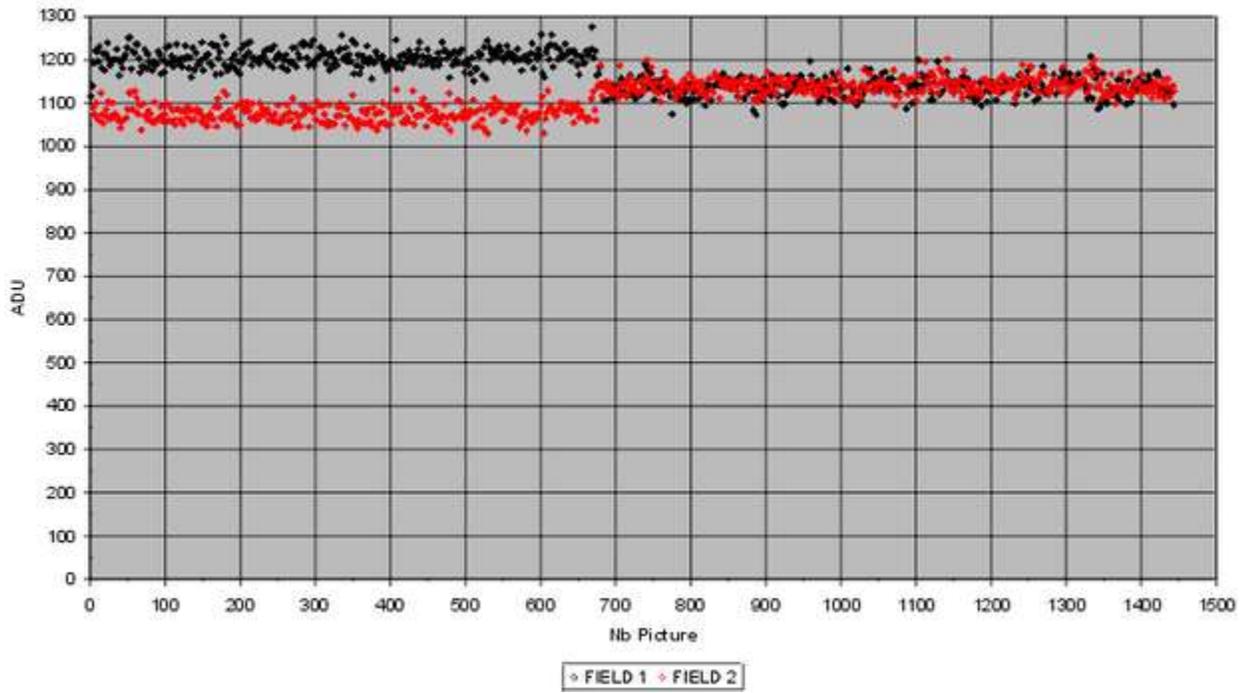


ET070615 D=1.5nm GAMMA=0.5 By Picture

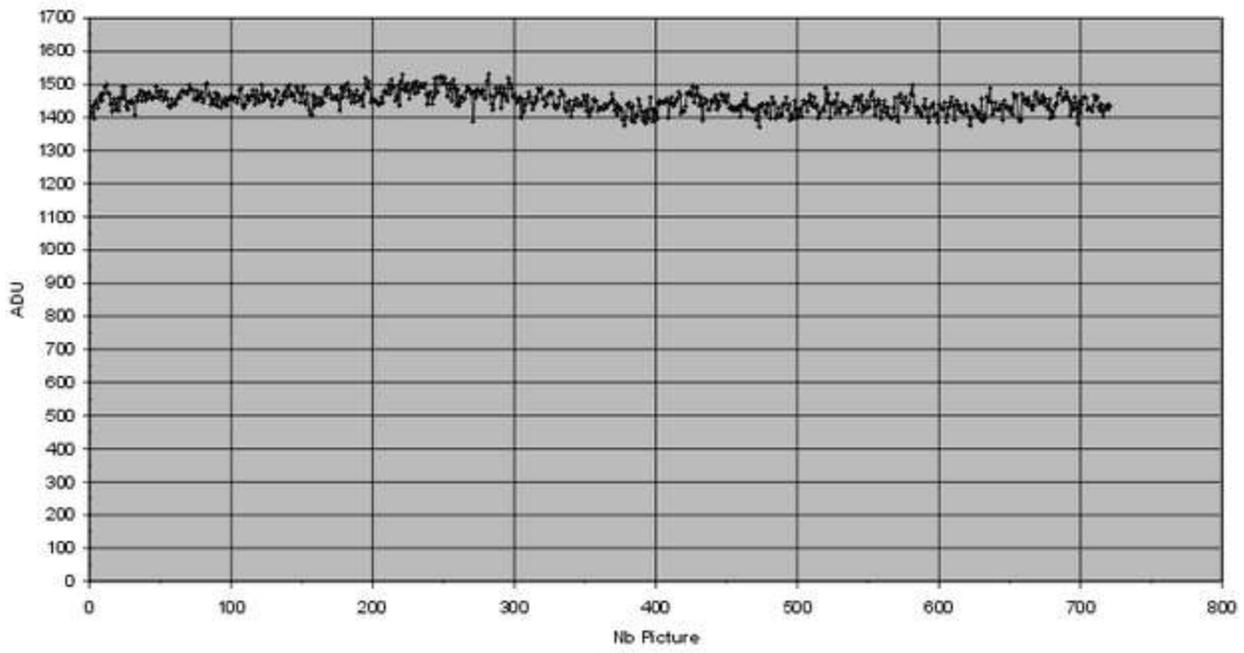




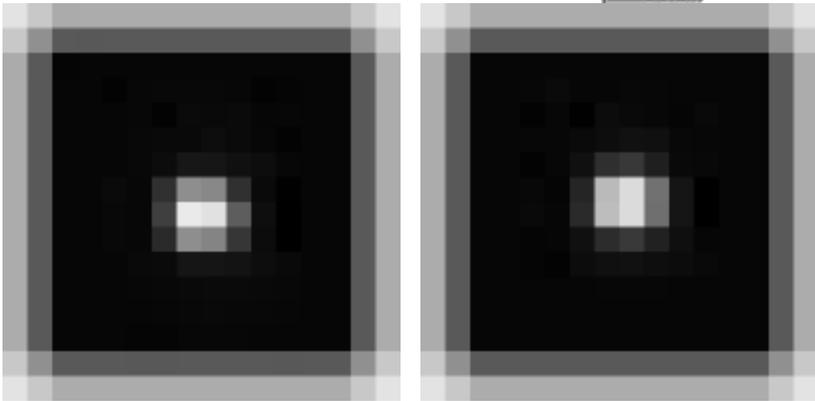
ET070615 D=1.5mm G AMMA=0.5 By Field Identified



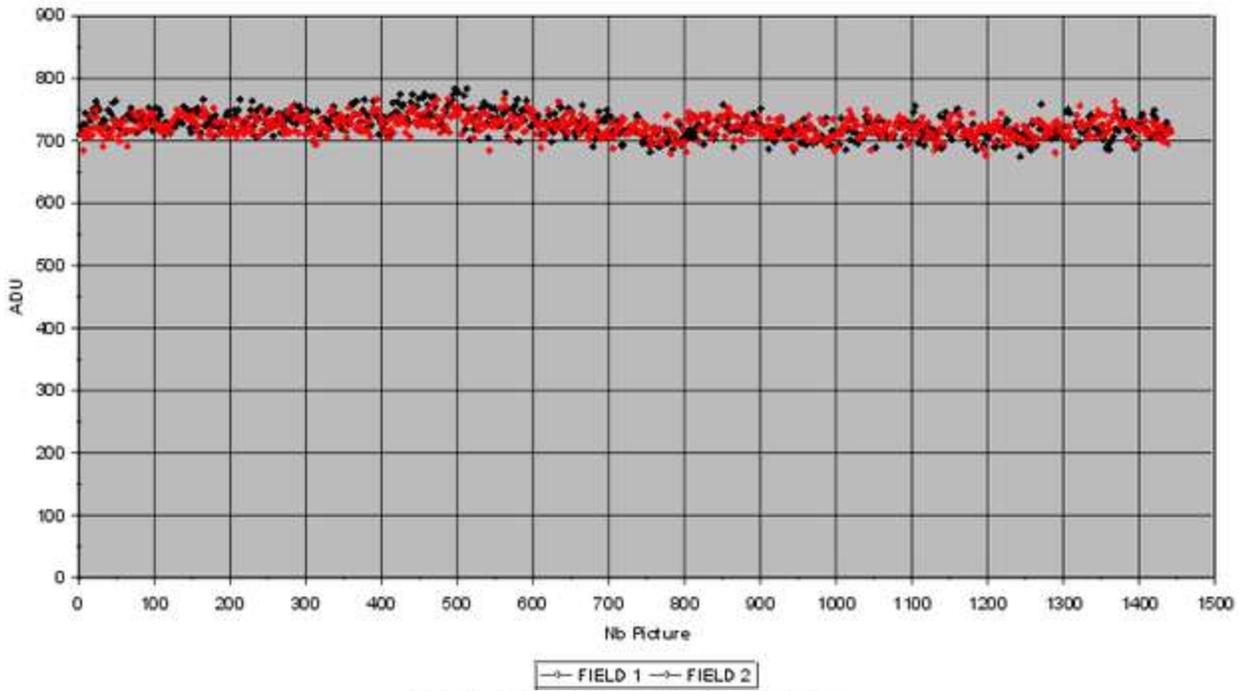
ET070615 D= 1.5mm Gamma=1 By picture



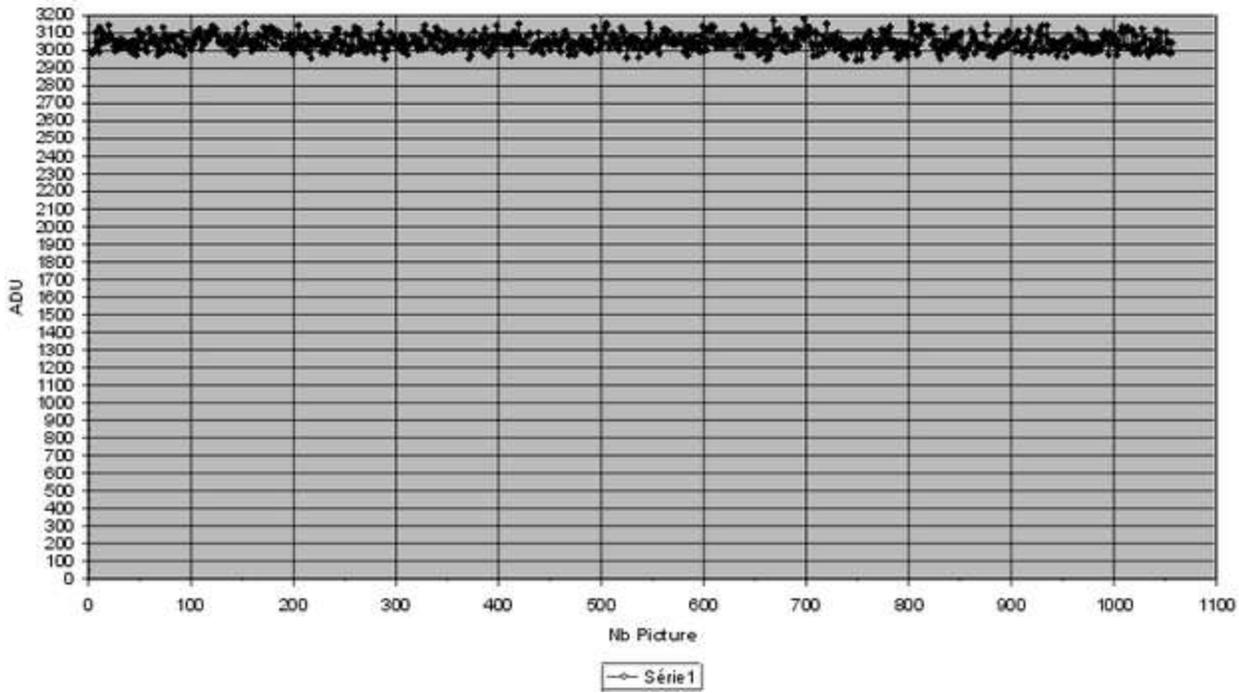
Série1

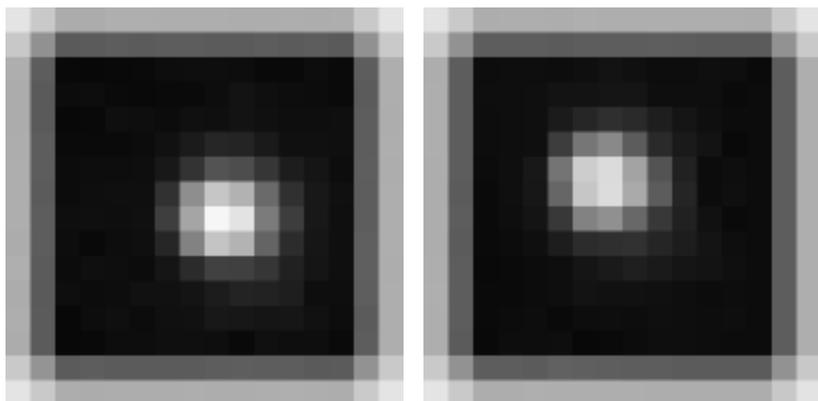


ET070615 D=1.5mm GAMMA=1 By Field Identified

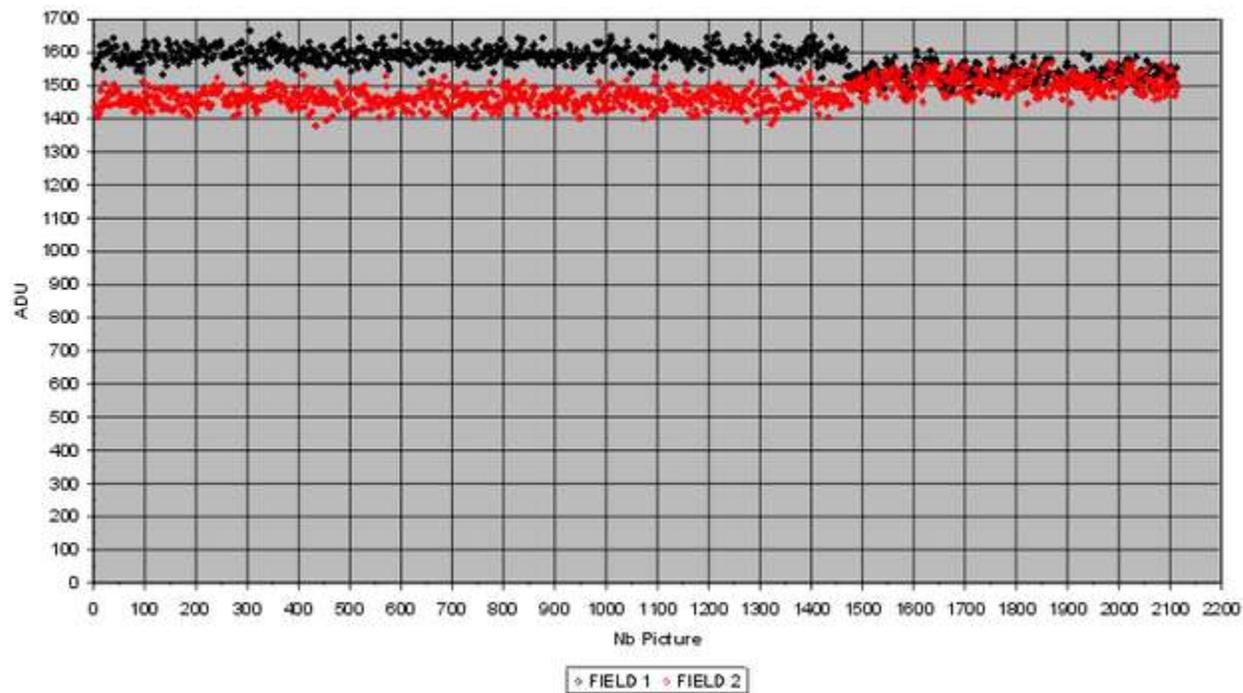


ET070615 D=2mm GAMMA=0.45 By Picture

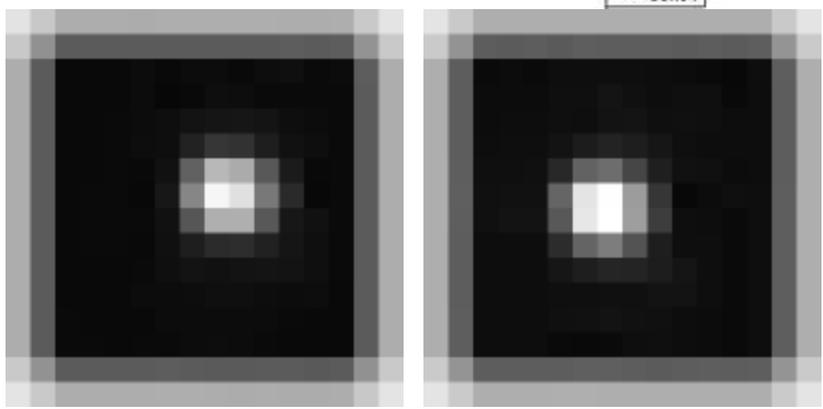
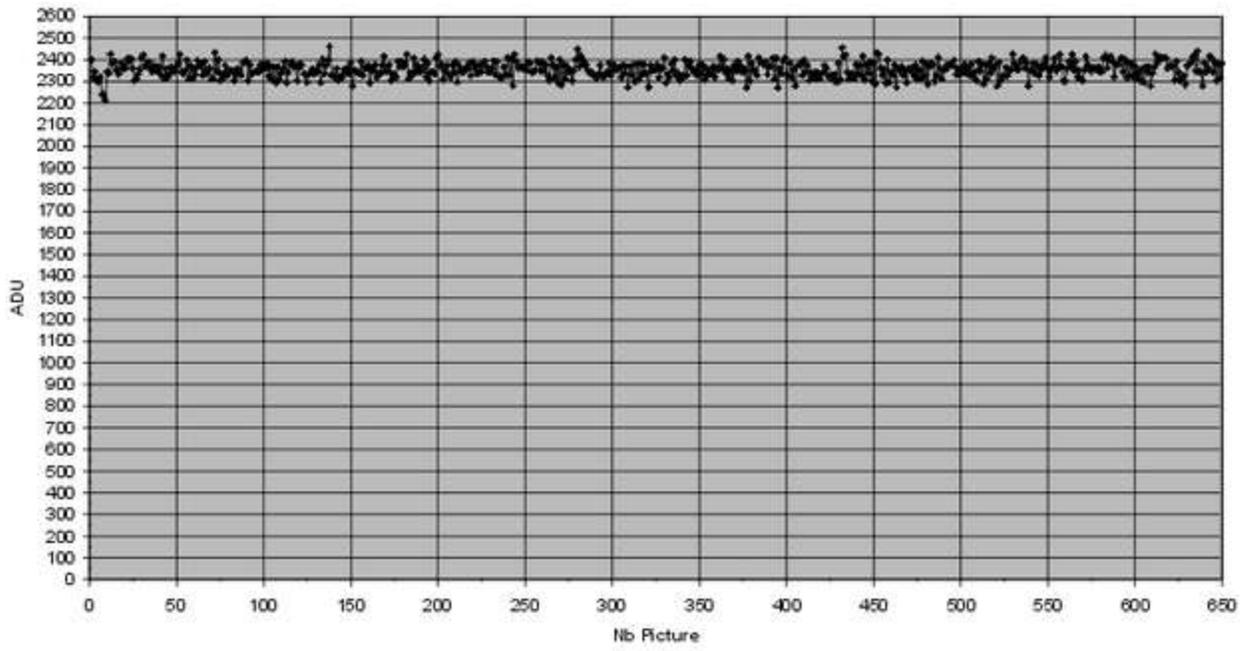




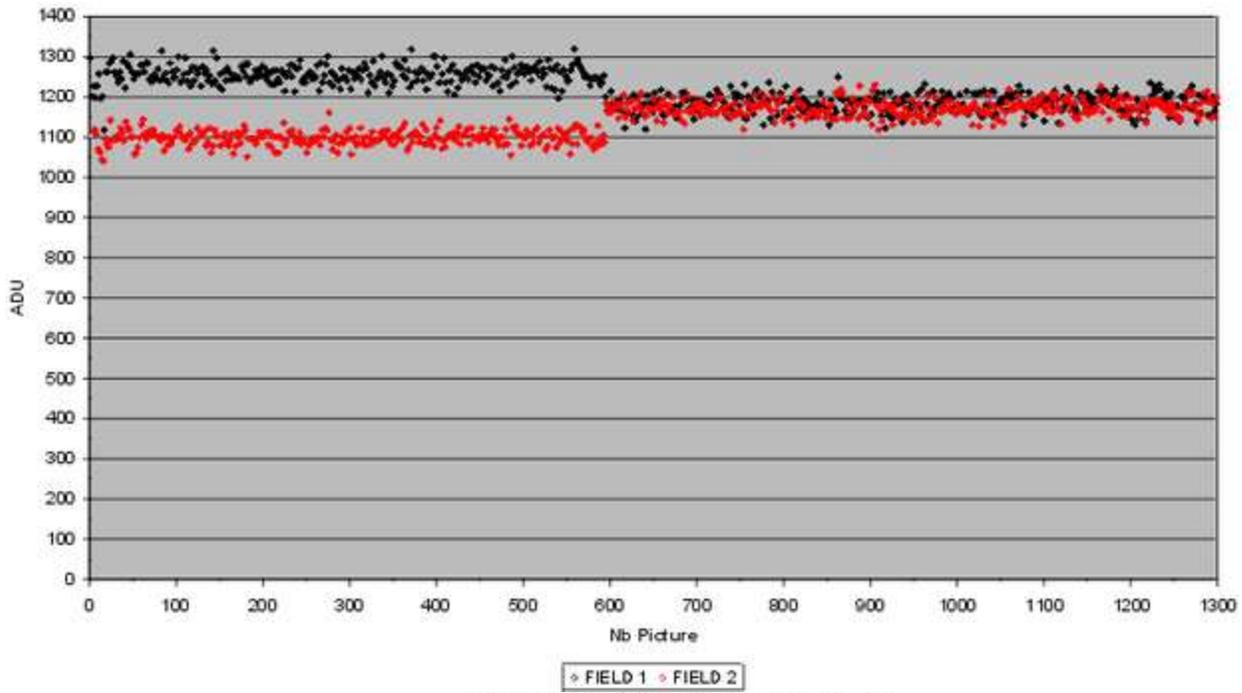
ET 07061520 GAMMA=0.45 By Field Identified



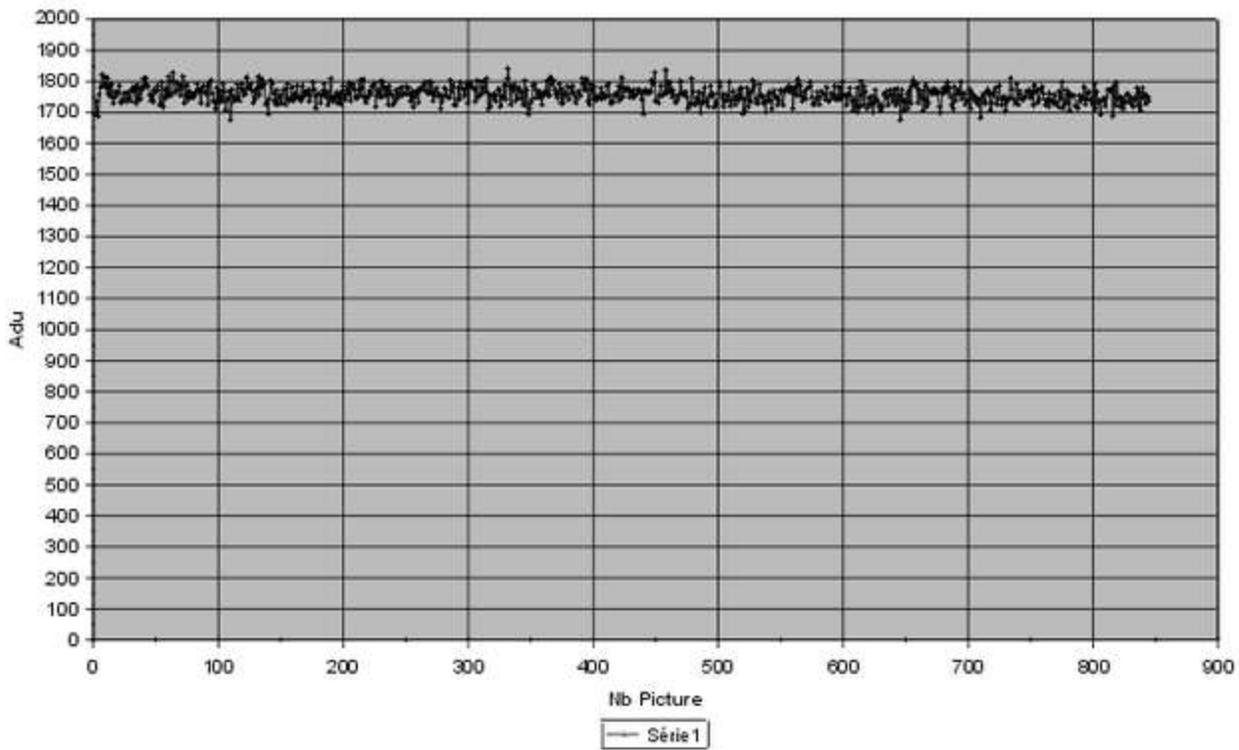
ET070615 D=2mm GAMMA=0.5 By Picture

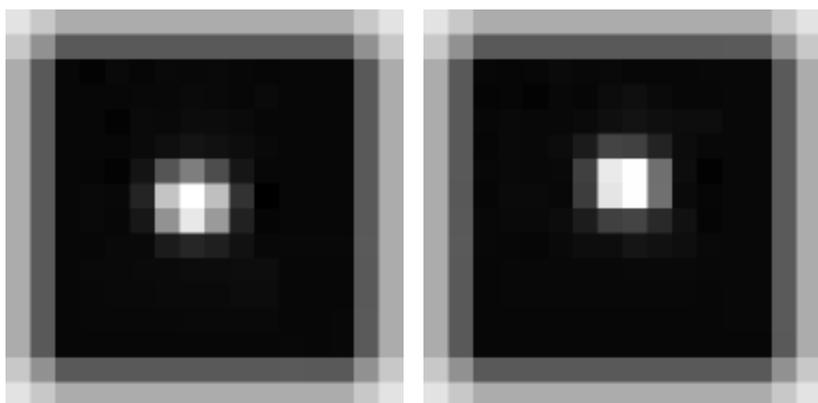


ET070615 D=2mm GAMMA=0.5 By Field Identified

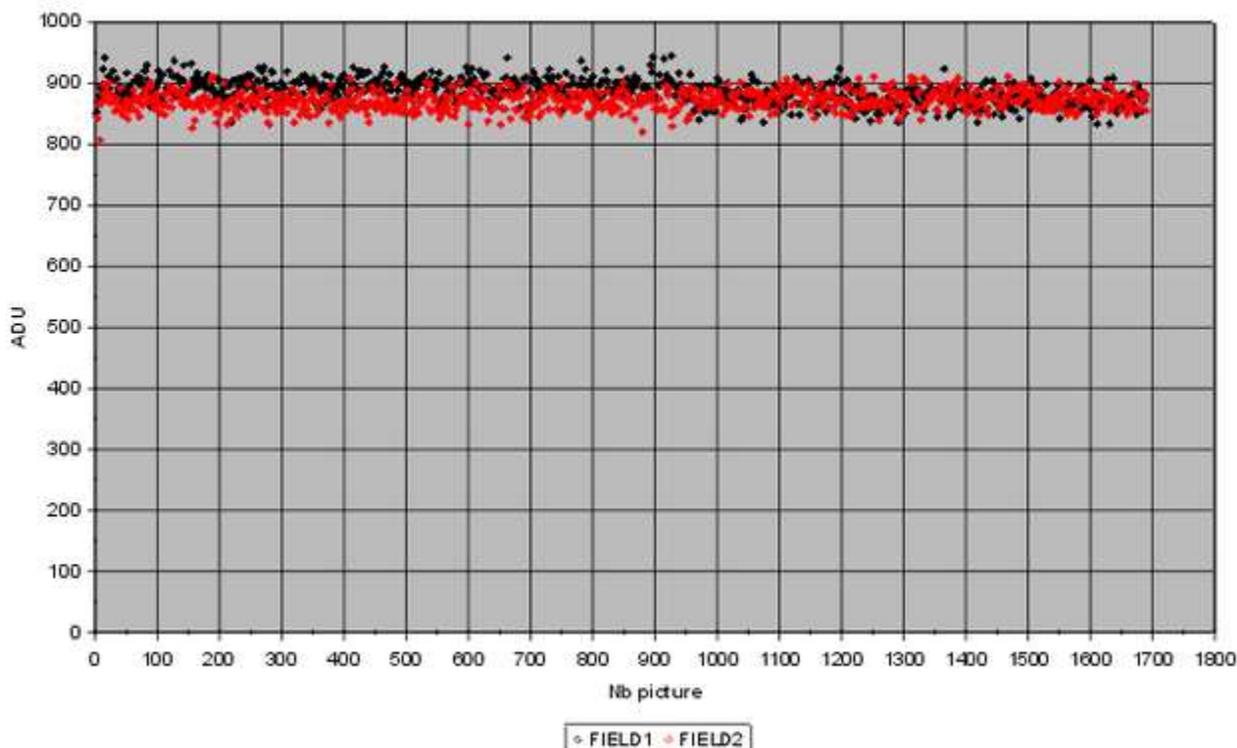


ET070615 D=2mm Gamma=1 by picture





ET070615 D=2mm Gamma=1 By field Identified



Commentaires sur les résultats

Le positionnement de l'étoile est très difficile à faire car les chariots, qui sont en matière plastique, une fois positionnés bougent légèrement et il faut corriger de nouveau.

Même avec le trou de 0,3 mm, la taille du pixel n'est pas atteinte à ceci plusieurs raisons possibles :

- une focalisation médiocre ;
- une coma sur l'image due à l'optique ;
- notre étoile non ponctuelle ;
- peut être également un effet des micro-lentilles des pixels ;
- une gestion électronique de la surface sensible pouvant déplacer la position de pixels, doublés en hauteur, sur la matrice CCD pour simuler l'entrelacement. Dans ce cas on a toute la puissance sur chaque trame à l'absorption près des bandes de séparation (cette hypothèse n'est pas valable car le vendeur confirme une séparation des pixels des deux trames).

Aussitôt que possible on fera un test grandeur nature sur une étoile.

Cependant ces essais montrent des choses intéressantes.

La différence de niveau de sortie entre les deux positions extrêmes sur la matrice CCD varie avec le diamètre de l'étoile, ce qui correspond bien à la théorie. Cette différence est renforcée par le Gamma.

Effet du Gamma sur les mesures par trames séparées

Le processus de mesure faisant intervenir le bruit, on regarde l'influence du Gamma sur celui ci. Pour l'expliquer, la meilleure manière est de voir ce qui se passe dans les tableaux EXCEL :

		Result			Object 1						
Field 1	Field 2	Measurement	Noise	Noise	Pixel Val.	Pixel Num.		Radius			
		Object1	Pixel	Aperture	Aperture	Background	Aperture	Background	Aperture	BKG (In)	(Out)
620.4		620.4	6.5	332.6	953	5 818	51	892	5	10	25
	613	613	6.5	325.0	938	5 798	50	892	5	10	25
588.7		588.7	6.5	331.3	920	5 795	51	892	5	10	25
	623.1	623.1	6.5	323.9	947	5 779	50	892	5	10	25
596.6		596.6	6.5	329.4	926	5 762	51	892	5	10	25
	636.8	636.8	6.5	325.2	962	5 802	50	892	5	10	25
607		607	6.5	329.0	936	5 754	51	892	5	10	25

Gamma = 1

		Result			Object 1						
Field 1	Field 2	Measurement	Noise	Noise	Pixel Val.	Pixel Num.	Radius				
		Object1	Pixel	Aperture	Aperture	Background	Aperture	Background	Aperture	BKG (In)	(Out)
923		923	13.0	664.0	1 587	11 613	51	892	5	10	25
	1 120.5	1 120.5	13.0	651.5	1 772	11 623	50	892	5	10	25
892.7		892.7	13.8	705.3	1 598	12 336	51	892	5	10	25
	1 112.8	1 112.8	13.9	695.2	1 808	12 402	50	892	5	10	25
927.3		927.3	13.7	700.7	1 628	12 256	51	892	5	10	25
	1 100	1 100	13.7	686.0	1 786	12 239	50	892	5	10	25

Gamma = 0,45

On voit que le bruit est sensiblement multiplié par 2.

Les valeurs dans la colonne *Result measurement* sont égales à *Pixel value aperture - noise aperture*.

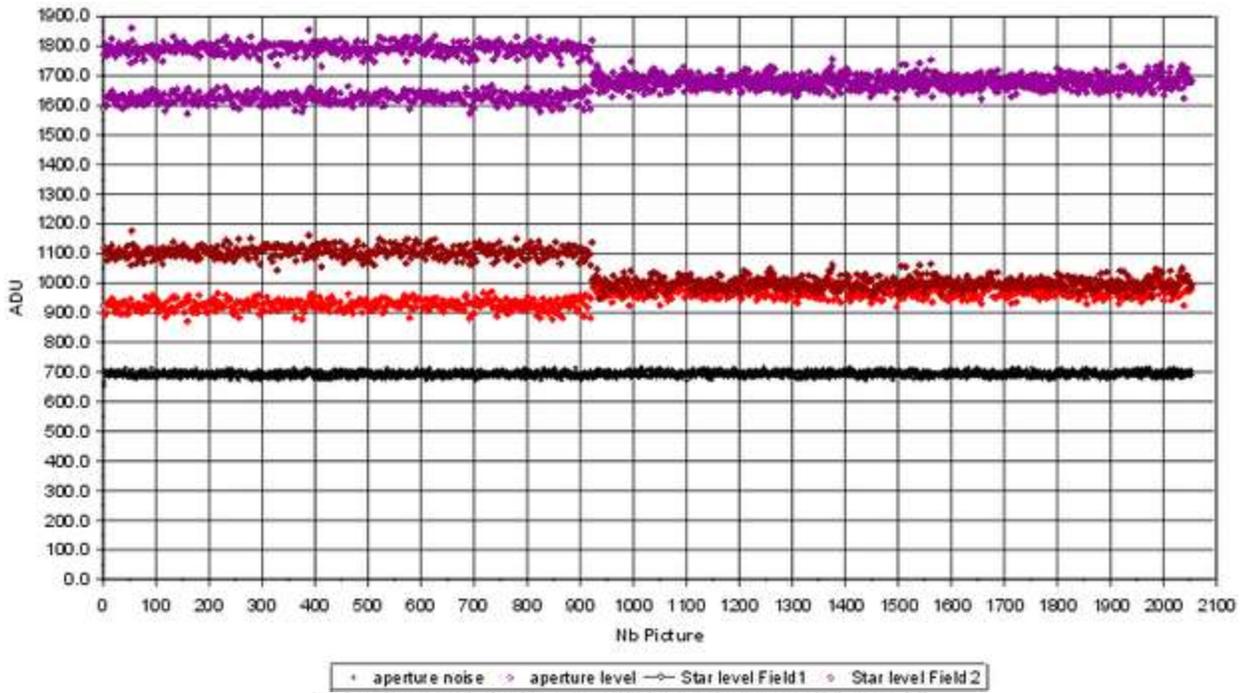
Exemple : $1\ 772 - 651,5 = 1\ 120,5$. Ceci est directement fait par Limovie. La colonne *Noise aperture* a été ajoutée pour expliquer le processus, les colonnes *Field 1* et *Field 2* pour être à même de tracer des graphiques séparés pour les deux trames. La colonne *Noise pixel* a été ajoutée pour montrer la différence de bruit entre Gamma 1 et 0,45.

Si l'on regarde dans *Pixel num aperture* le nombre de pixels concernant chaque trame est différent d'une unité et les valeurs de bruit diffèrent donc sensiblement de la valeur de bruit d'un pixel.

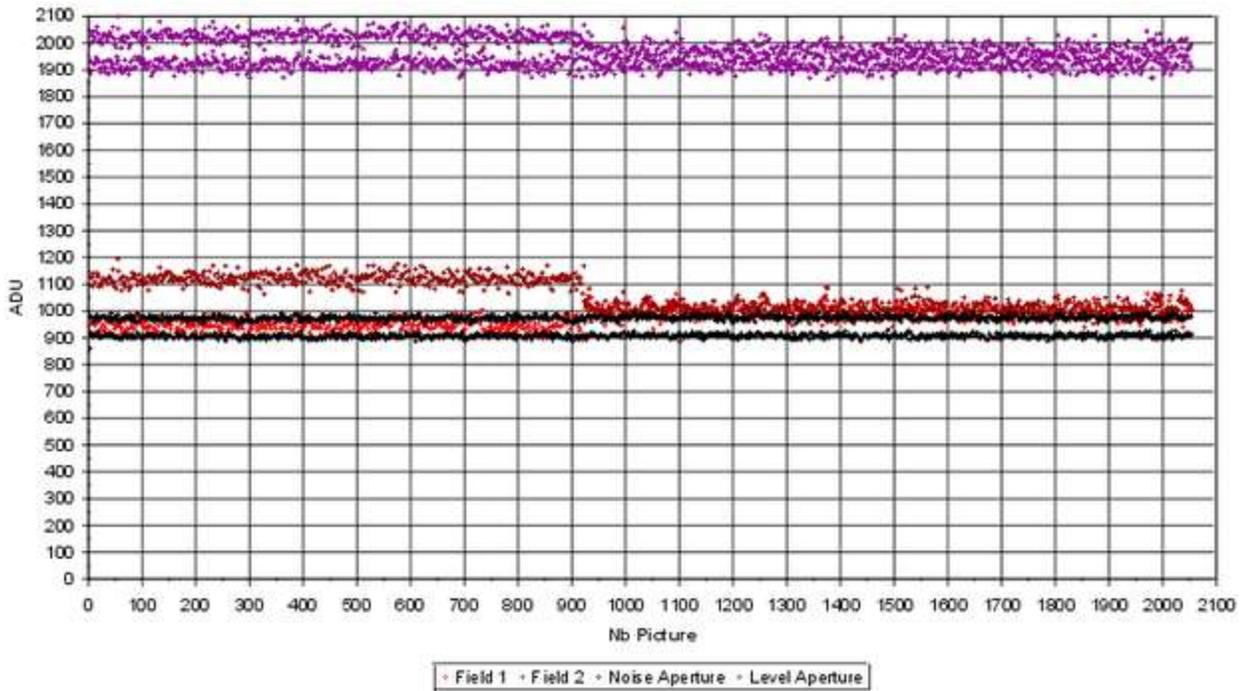
Dans la colonne *Pixel Value Aperture*, les plus grandes valeurs correspondent au plus petit nombre de pixels quand l'étoile est centrée sur un pixel, par exemple pour le couple $1\ 598 \Rightarrow 51, 1\ 802 \Rightarrow 50$. La différence est 204. Après la soustraction, on a $1\ 112,8 - 892,7 = 220,1$ parce que de 1 598 il est soustrait le bruit de 51 pixels, et de 1 808 le bruit de 50 pixels.

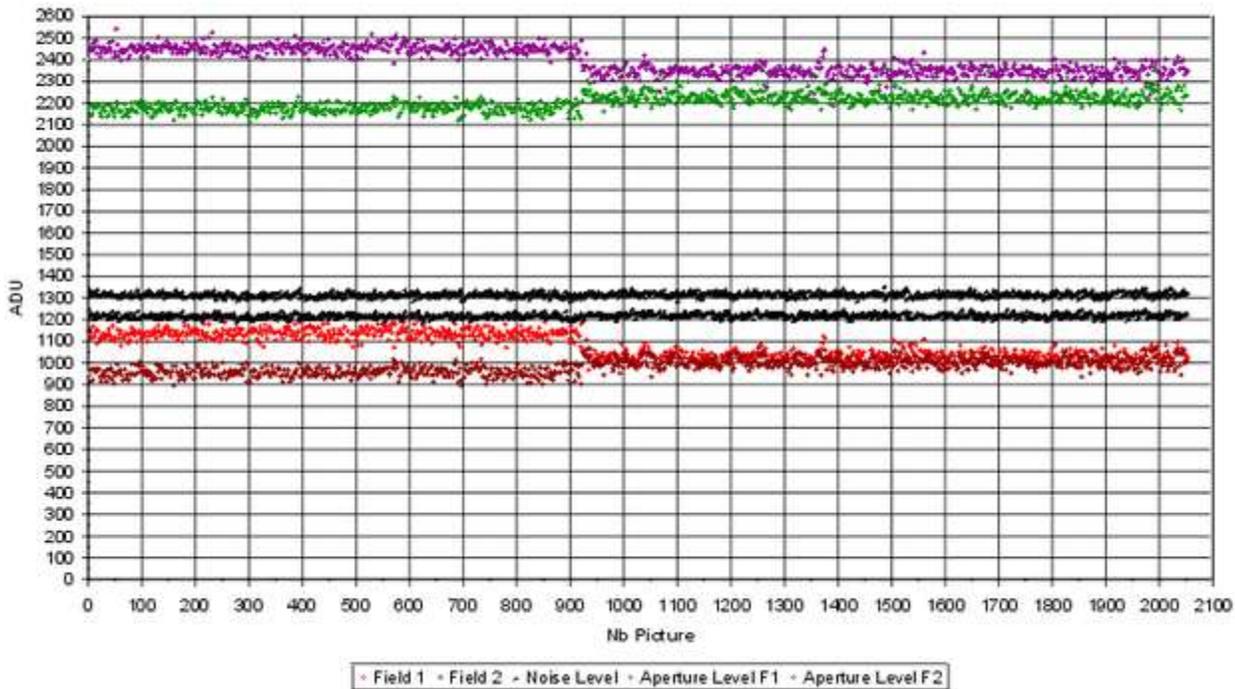
Nous avons alors testé sur Limovie des rayons d'ouverture de 6 et 7 sans changer les autres paramètres, les nombres de pixels deviennent 66, 71, 89 et 96, comme le témoignent les courbes ci-dessous, il y a de sérieuses différences au niveau des bruits mais les mesures sur l'étoile varient peu.

ET070701 D=0.3mm Gamma =0.45 Separated Fields R 5, 10, 25



ET070701 D=0.3mm Gamma= 0.45 Fields separated R 6,10,25





En conclusion

Malgré que nous n'avons jamais été capable d'avoir une étoile assez fine, pour les petits diamètres la différence de valeurs de signal entre les position extrêmes sur la CCD est mise en évidence. Ceci est du aux bandes aveugles quand elles croisent l'étoile sur un ou plusieurs pixels.

Pour la dissymétrie du signal sur les deux trames, l'image de l'étoile sur la CCD n'est pas assez fine pour la montrer correctement (sur l'étoile de 0,3 mm Gamma 1 on aperçoit le phénomène, la frontière du tracé en noir est plus haut que le tracé rouge). On le voit mieux lorsque l'on est avec Gamma différent de 1.

Le phénomène peut être masqué en cas de saturation de la caméra. Pour éviter ceci il est utile d'avoir un indicateur de niveau, il semble que des logiciels permettent de le montrer.

Le signal/bruit est calculé : en Gamma 1 on a sur un pixel, situé dans la fenêtre extérieure de la mesure image, un niveau de 6,5 ADU. Si la caméra est bien réglée, le pixel le plus brillant est à 255 ADU, le rapport signal/bruit est de 32 dB à Gamma 1. Si le Gamma est 0,45, le bruit est à 13 ADU, le rapport est à 26 dB.

On doit aussi se rappeler que la mesure effectuée sur une image est la combinaison de 2 demi-images qui ont bien chacune été exposée pendant 20 ms, mais à 20 ms de différence, ce n'est que dans le cas où l'ouverture est égale à 10 que les mesures sur une image entière sont correctes. Quand c'est possible, défocaliser est un bon moyen d'éviter la saturation et les diamètres de tache trop petits.

Pour avoir les meilleurs résultats, il est indispensable que la caméra travaille à un niveau de sortie proche du maximum, c'est là que l'on a le meilleur rapport signal sur bruit car plusieurs pixels sont à un niveau proche du niveau possible.

Thomas FLATRÈS & Jean-Jacques SACRÉ