

Photométrie automatique

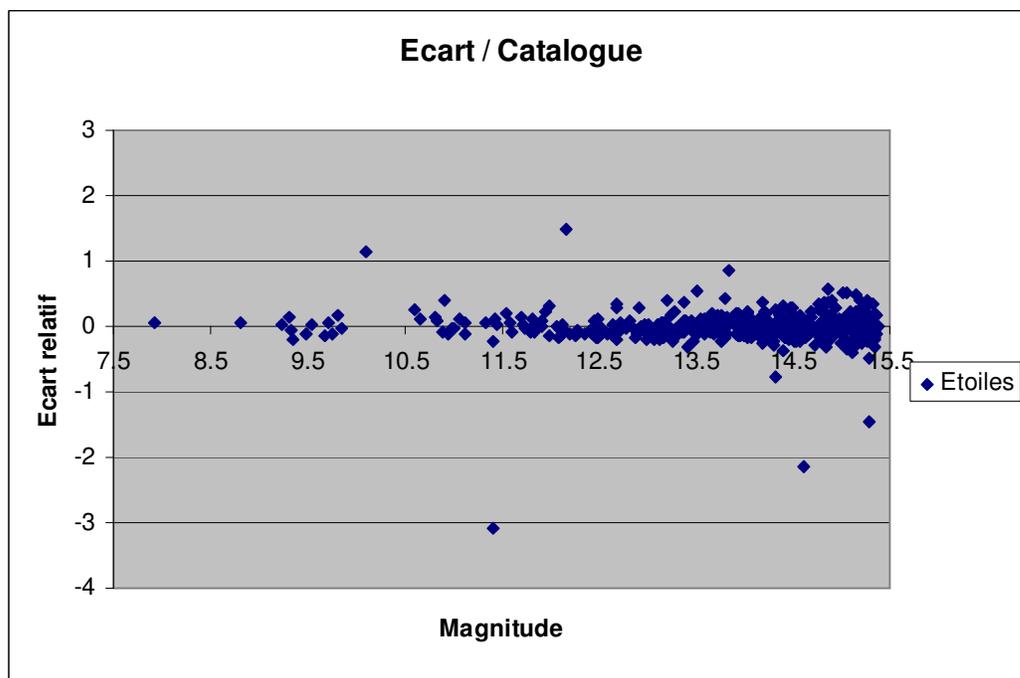
Avec un EOS 350D et IRIS

Afin de valider l'utilisation d'un EOS 350D en photométrie, j'ai pratiqué une série de tests à partir de mesures pour la surveillance des étoiles variables à longue période. Les logiciels utilisés sont IRIS pour extraire les données et Excel pour les analyses.

1. Linéarité de la réponse pour la méthode de mesure :

La première vérification est très simple à faire, il faut simplement utiliser le fichier « com.lst » d'Iris obtenu après la réduction astrométrique avec le catalogue « GCS-ACT ». Ce catalogue allant jusqu'à la 15ème magnitude, nous pouvons facilement vérifier la linéarité du capteur en traçant la courbe des écarts entre les étoiles du catalogue et celles du cliché.

La courbe suivante est faite sur un cliché additionnant 18 poses de 30'' soit 9 minutes de pose sur un Newton 200/800 :



On ne remarque aucune déviation entre la magnitude 8 et 15.5, les écarts sont dus au bruit de la mesure et au manque de précision du catalogue utilisé.

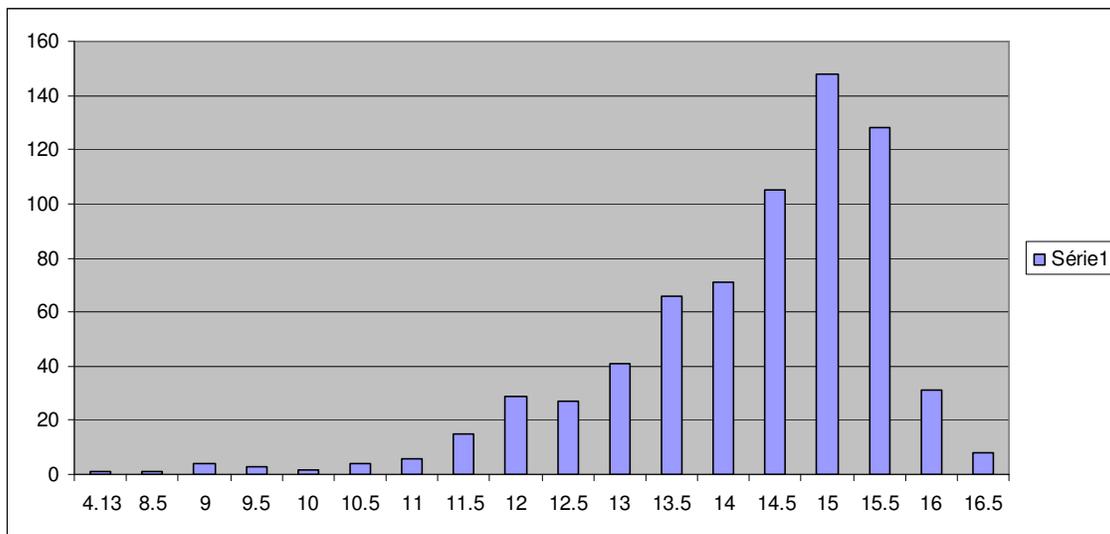
2. Niveau de bruit et précision de la mesure :

Le but de cette manipulation est double : déterminer le seuil de détection et connaître le niveau de précision de la mesure en fonction de la magnitude.

La précision de la mesure et le seuil de détection des étoiles ne dépendent que du rapport signal/bruit. Pour la détection des étoiles, nous avons fixé à 3 le rapport signal/bruit de détection sous Iris. Le niveau du signal est fonction de beaucoup de paramètres : l'intensité lumineuse de l'étoile, de la transparence du ciel, de la FWHM qui dépend elle-même de la qualité du suivi de la monture, de la mise au point et enfin du niveau de turbulence. Le bruit est lié à la qualité du capteur et peut évoluer en fonction de la température. Pour déterminer directement le seuil de détection, le calcul n'est pas forcément simple. J'ai donc cherché une autre méthode que le calcul direct.

- Détermination du seuil de détection par une méthode statistique :

Pour résumer, le nombre d'étoiles sur un champ large grandit de façon exponentielle, si l'on trace un histogramme du nombre d'étoiles par intervalle de magnitude, on obtient une courbe croissante jusqu'au seuil de détection, elle chute brutalement une fois le seuil de détection dépassé :



Sur le cliché testé, le seuil de détection est de magnitude 15. Ce résultat est obtenu en zone urbaine avec l'EOS 350D sur un Newton 200/800 + Correcteur de coma, 9 poses de 30'', FWHM = 4.4 pixel sur les bruts, Hauteur de l'objet 45°, Magnitude visible à l'œil nu 3.5.

- Détermination du niveau de précision de la mesure en fonction de la magnitude.

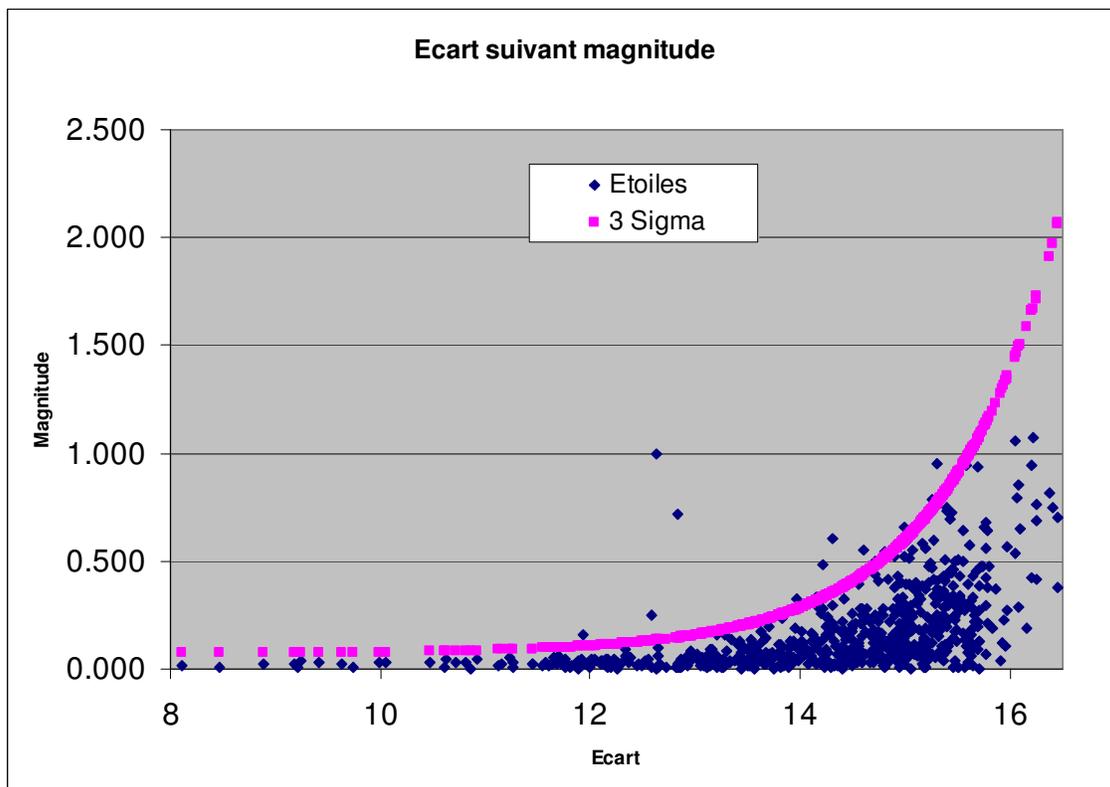
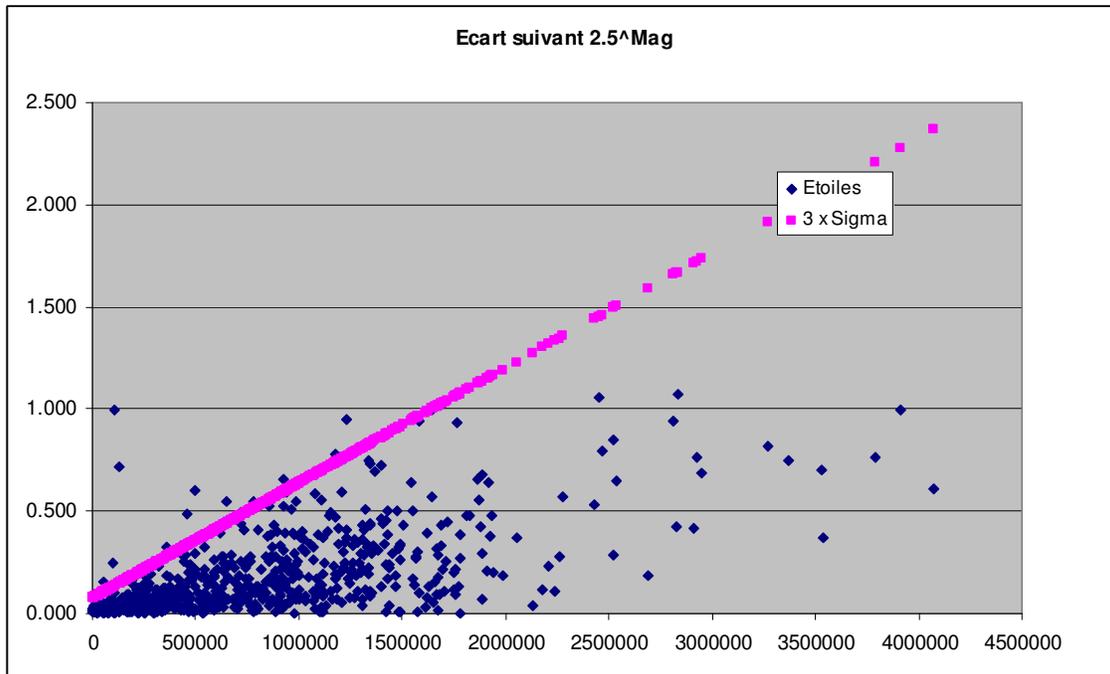
La précision de la mesure dépend du rapport signal/bruit. Le niveau de bruit sur une mesure étant constant, la précision de la mesure dépend du niveau de signal à mesurer et par conséquent de la magnitude.

Cette échelle n'est pas linéaire : $\text{Magnitude} = -2.5 \times \text{Log}(\text{Flux Lumineux})$

Nous exprimerons l'écart moyen d'une mesure en fonction de la grandeur suivante :

$$2.5^{\text{Mag}} = K / \text{Flux Lumineux.}$$

La précision étant proportionnelle à cette grandeur, on peut la déterminer par la méthode des covariances.



J'ai extrait les étoiles avec la réduction astrométrique d'Iris sur deux clichés de 4.5 minutes de pose. En comparant chacune d'elle, j'ai déterminé les écarts de chaque étoile en valeurs absolues

Cette opération renouvelée plusieurs fois avec des temps de poses différents m'a permis de vérifier que l'écart moyen est toujours proche de 0.2 magnitude pour le seuil de détection que nous avons défini précédemment.

L'écart moyen des mesures de magnitude est donc simplement exprimé par la formule suivante :

$$\text{Ecart Moyen} = 0.025 + 0.175 \times 2.5^{(\text{Magnitude mesure} - \text{Magnitude Limite de détection})}$$

En fait nous mesurons deux fois le niveau de bruit des mesures en calculant l'écart entre deux clichés consécutifs. Donc l'écart moyen d'une mesure est égale à :

$$\text{Ecart moyen mesure} = \frac{\text{Ecart moyen du test}}{\sqrt{2}}$$

Cette valeur est valable avec sigma détection égale à 3 pour la réduction astrométrique d'Iris. Pour une autre valeur de Sigma et un autre logiciel la procédure est à refaire.

On peut également donner un intervalle d'erreur : +/- 3 x (Ecart moyen mesure)

Le dernier élément important est que la magnitude limite de détection est prise en compte comme valeur de référence pour les étoiles variables trop faibles et non détectées. Cette valeur est préférable à la technique qui consiste à prendre la plus faible des étoiles du champ.

3. Influence du filtre V Bessel :

Après réflexions et discussions avec l'AFOEV ayant pour objet l'orientation à prendre en CCD, j'ai sélectionné les étoiles variables avec des minimas inférieures à 14 magnitudes. Ces cibles doivent être observées le plus longtemps possible afin d'obtenir des courbes complètes sur leur période. Le seuil de détection doit passer de 13mgv à 16mgv. Le signal à détecter étant 15 fois inférieures à mes mesures actuelles, leurs détections et leurs mesures m'obligent à augmenter considérablement le temps de pose. Pour obtenir des mesures correctes, je dois multiplier le temps d'intégration par 5 et réduire la FWHM à 4 au lieu de 5 actuellement. Le filtre V Bessel est supprimé, afin d'augmenter la quantité de lumière reçu par le détecteur (Gain 1 magnitude d'après mes estimations).

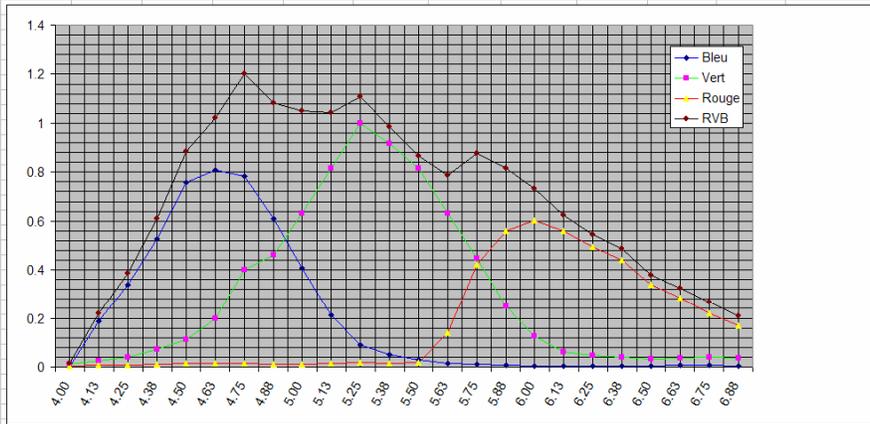
En exploitant les mesures de Christian Buil des APN 300 et 350D sur les réponses relatives de chaque couche, j'ai déduit une manipulation qui devrait recentrer la courbe sur le filtre V Bessel. Les coefficients sont appliqués sur les couches RVB du capteur EOS:

$$V_{\text{mesure}} = V_{\text{rvb}} - 0.17 \times B_{\text{rvb}} - 0.08 \times R_{\text{rvb}}$$

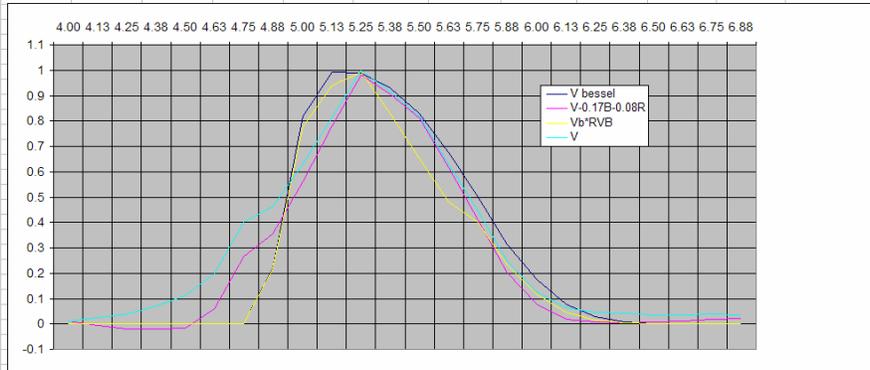
METHODES DE MESURES avec un APN 350D

Wav	B	V	R	R+V+B	V-0.17B-0.08R			Wav x V	Wav x Vm	Wav x Vb	Wav x Vb x RVB
					= Vm	= Vb	Vb'RVB				
4.00	0	0.01056331	0.0031386	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00
4.13	0.18636978	0.02512634	0.00723865	0.22	-0.01	0.00	0.00	0.10	-0.03	0.00	0.00
4.25	0.33924167	0.03969717	0.00872905	0.39	-0.02	0.00	0.00	0.17	-0.08	0.00	0.00
4.38	0.52681741	0.07209626	0.01208293	0.61	-0.02	0.00	0.00	0.32	-0.08	0.00	0.00
4.50	0.75924728	0.1131718	0.01282911	0.89	-0.02	0.00	0.00	0.51	-0.08	0.00	0.00
4.63	0.80791703	0.1981936	0.01618299	1.02	0.06	0.00	0.00	0.92	0.28	0.00	0.00
4.75	0.78334106	0.40067331	0.0158099	1.20	0.27	0.00	0.00	1.90	1.26	0.01	0.01
4.88	0.60986565	0.46190428	0.01059254	1.08	0.36	0.19	0.21	2.25	1.74	0.93	1.01
5.00	0.40834642	0.62967624	0.01092373	1.05	0.56	0.71	0.75	3.15	2.80	3.56	3.73
5.13	0.21413013	0.81650289	0.01335221	1.04	0.78	0.86	0.90	4.18	3.99	4.43	4.62
5.25	0.09003265	1	0.01695546	1.11	0.98	0.86	0.95	5.25	5.16	4.52	5.01
5.38	0.05091508	0.91672771	0.0161148	0.98	0.91	0.81	0.79	4.93	4.87	4.34	4.27
5.50	0.02986639	0.81664608	0.01938101	0.87	0.81	0.72	0.62	4.49	4.46	3.97	3.44
5.63	0.01440912	0.63044287	0.14042756	0.79	0.62	0.59	0.46	3.55	3.47	3.30	2.59
5.75	0.01050292	0.44612653	0.42052092	0.88	0.41	0.44	0.38	2.57	2.36	2.51	2.20
5.88	0.00739549	0.24868105	0.56065916	0.82	0.20	0.27	0.22	1.46	1.19	1.61	1.32
6.00	0.00483064	0.12723413	0.60154573	0.73	0.08	0.15	0.11	0.76	0.47	0.91	0.67
6.13	0.00503326	0.06276131	0.55799301	0.63	0.02	0.07	0.04	0.38	0.11	0.42	0.26
6.25	0.00488422	0.04653351	0.49263958	0.54	0.01	0.02	0.01	0.29	0.04	0.15	0.08
6.38	0.00493682	0.0409226	0.43947721	0.49	0.00	0.01	0.00	0.26	0.03	0.05	0.02
6.50	0.00471959	0.03410964	0.33988556	0.38	0.01	0.00	0.00	0.22	0.04	0.00	0.00
6.63	0.00757765	0.03431518	0.28404242	0.33	0.01	0.00	0.00	0.23	0.07	0.00	0.00
6.75	0.00821569	0.0390036	0.22026219	0.27	0.02	0.00	0.00	0.26	0.13	0.00	0.00
6.88	0.00516281	0.03497076	0.1688094	0.21	0.02	0.00	0.00	0.24	0.14	0.00	0.00
Total Pond.	14.49				12.13	5.71	5.47	76.88	64.78	30.71	29.24

1) Bande passante suivant mesures Christian Buil



2) Comparaison courbes



Longueur d'onde centrale Suivant soleil

Vbessel Brute	5.38
V RVB	5.30
Vmesure =V-0.17B-0.08R	5.34
Vbessel x (R + V + B)	5.35

R	Capteur Rouge
V1	1er capteur Vert
V1	2eme capteur Vert
B	Capteur Bleu

Rapport Signal bruit des Solutions

	Coefficients de pondération appliqués				Coef Bruit	Signal	Signal/Coef	%
	R	V1	V2	B				
V (RVB)	0.00	1.00	1.00	0.00	1.41	14.49	10.25	296%
Vb x RVB	1.00	0.50	0.50	1.00	1.58	5.47	3.46	100%
Vm	-0.16	1.00	1.00	-0.34	1.46	12.13	8.29	240%

12/01/2007
E.Morelle

Le test suivant doit permettre, sur un échantillon d'étoiles, de voir si l'écart avec le filtre V Bessel est acceptable. J'ai équipé le Newton 200/800 + correcteur de coma de l'EOS 350D non modifié sans filtre V Bessel. La caméra CCD à faible champ est montée sur une lunette ZenithStar 80/480 avec le filtre V Bessel. 9 variables sont mesurées et 1 champ est comparé étoile par étoile avec les deux techniques de filtration.

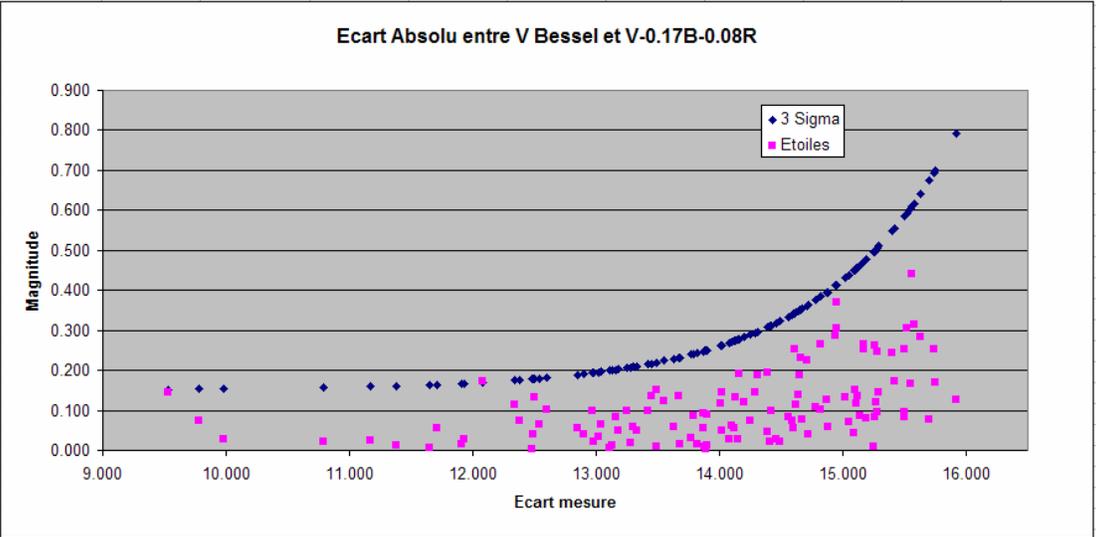
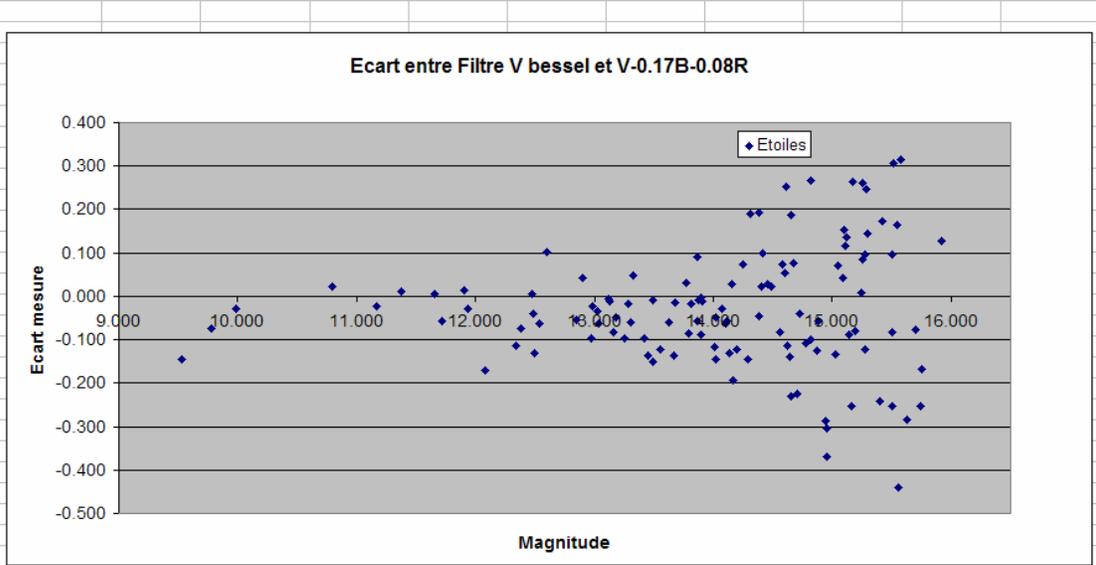
L'EOS 350D est réglé à 200 ISO avec un temps de pose unitaire de 30 secondes, 18 poses sont additionnées, pour faire un temps global de 9 minutes par champ.

Les couches couleur de la matrice de Bayer sont extraites avec les pondérations suivantes :

$$V_{\text{mesure}} = V_{\text{rvb}} - 0.17 \times B_{\text{rvb}} - 0.08 \times R_{\text{rvb}}$$

Pour la Starlight, le temps de pose est de 9 x 1 minute = Soit 9 minutes également.

L'écart constaté sur la constante de magnitude est de 0.05, il est déterminé en comparant la moyenne des populations (CCD + filtre et EOS), seules les étoiles communes sont prises en compte dans le comparatif. Ensuite, les écarts sont calculés pour chaque étoile, le nuage de point obtenu montre que la dispersion augmente avec la magnitude ce qui est normal car le rapport signal/bruit diminue. Paradoxalement, sur le capteur équipé du filtre V Bessel, un grand nombre d'étoiles avait une forte déviation (1 à 3 magnitudes) par rapport au catalogue de référence, le nombre de pixel chaud important sur ce capteur doit être à l'origine des déviations. Ce problème semble fréquent sur les capteurs Sony.



Moyenne de mesures avec filtre V Bessel :	12.772 Mag
Moyenne des mesures V-017B-0.08R :	12.816 Mag
Ecart sur la population de 118 etoiles :	0.044 Mag

L'écart introduit par la non utilisation du filtre V Bessel semble donc négligeable par rapport aux écarts de signal/bruit, donc son utilisation sur l'EOS 350D pour déterminer des minima de mira ne semble pas utile et fait perdre une magnitude sur le seuil de détection. Cette expérience n'est valable que pour les capteurs Canon EOS et pour les variables à fortes amplitudes.

Conclusion

EOS 350D

La mesure de variable longue période est possible avec un EOS 350D. Son grand champ nous permet une bonne estimation de la magnitude de référence en utilisant un logiciel d'astrométrie, car le nombre d'étoiles servant à la comparaison est très important, plus de 40 étoiles pour Tycho II et 400 pour le GCS. La linéarité du capteur est très bonne. Son seul inconvénient est le codage 12bits qui n'autorise pas de faire des temps de pose longs, les étoiles proches de 7 et 8 magnitudes sont saturées en 30 secondes avec un 200/800. Le filtre V Bessel n'est pas utile si vous surveillez des variables à faible flux de 13 à 17mag. L'erreur maximum au seuil de détection des étoiles est de l'ordre de +/- 0.6 magV avec sigma détection égale 3. Avec des poses de 10 minutes, la magnitude 16 peut être atteinte.

Le filtre V Bessel est à réserver pour les mesures d'étoiles à fort flux où l'écart moyen recherché sur la mesure est proche de 0.025.

Le Logiciel IRIS

Même si l'utilisation de cet outil semble ardue, je vous le conseille vivement. Il traite les images brutes de presque tous types d'appareils numériques. En astrométrie, la magnitude V de référence est correctement estimée en appliquant les coefficients à chaque couche du catalogue servant de référence et par conséquent la mesure des magnitudes avec un filtre V est traitable avec l'extraction automatique d'étoiles. Le résultat est sous forme de fichiers textes facilement exploitables par d'autres logiciels comme des tableurs par exemple, ce qui a rendu cette étude possible sans utiliser la programmation.

J'ai fait des comparaisons avec d'autres outils comme « maxim DL » ou Teleauto.

En photométrie pure, Teleauto offre beaucoup de possibilités, par contre l'astrométrie n'est pas aussi performante car la magnitude des objets n'est pas mesurée.

Maxim DL est payant : La photométrie peut être automatisée en utilisant des clichés de références comme le proposent certains membres de l'AVVSO. Par contre l'astrométrie automatique est d'une lenteur incroyable si les clichés ne sont pas correctement centrés ce qui est le cas avec des montures d'amateurs.

Audela serait parfait pour une automatisation globale mais la programmation est vraiment réservée aux initiés.

Scamp et SExtractor de Terapix sont des outils professionnels libres d'exploitations, mais leurs utilisations sont encore plus compliquées que pour Audela.

Etienne Morelle
Le : 20/01/2007