

Gestione di una sessione osservativa: il setup strumentale per la fotometria.

Alessandro Marchini

Osservatorio Astronomico, Università degli Studi di Siena

Riccardo Papini

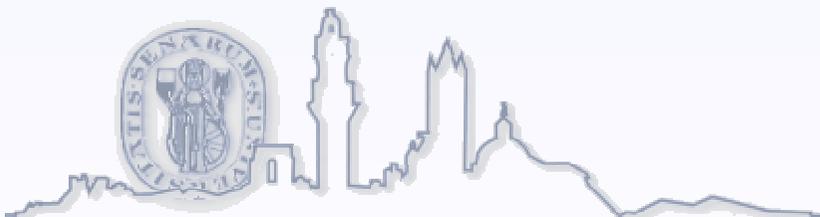
Osservatorio Astronomico Carpione, San Casciano V.P.

VI Meeting Stelle Variabili - Amelia, 15-16 maggio 2010



osservare una variabile

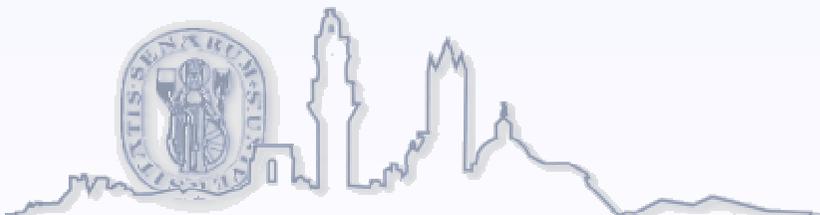
- richiede strumentazione affidabile, ma non estremamente costosa
- richiede di poter eseguire misure fotometriche di adeguata precisione
- richiede osservazioni prolungate, che possono durare anche tutta la notte
- può riservare delusioni, ma anche...
... grandi soddisfazioni



telescopio

può essere usato un qualsiasi telescopio (anche rifrattore), a patto che sia dotato di:

- ottica di sufficiente qualità
- buona montatura
- preciso stazionamento e/o autoguida
- diametri più generosi aiutano ad abbattere gli effetti della scintillazione atmosferica e a migliorare di conseguenza la precisione delle misure fotometriche



montatura e stazionamento

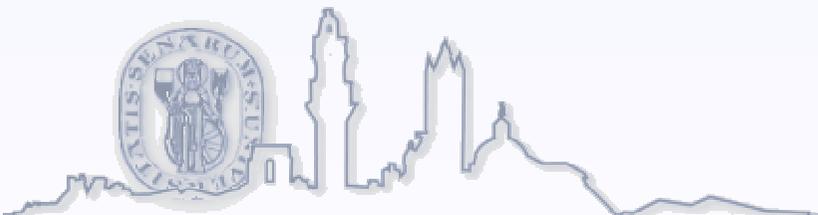
- possono essere usate montature equatoriali sia a forcella che alla tedesca
- quelle a forcella permettono di evitare il ribaltamento del telescopio al passaggio sul meridiano
- quelle alla tedesca sono generalmente più precise nel puntamento e nell'inseguimento
- per avere una buona precisione fotometrica è fondamentale aver eseguito un ottimo stazionamento dello strumento (ad esempio col metodo di Bigourdan)



montatura: bilanciamento

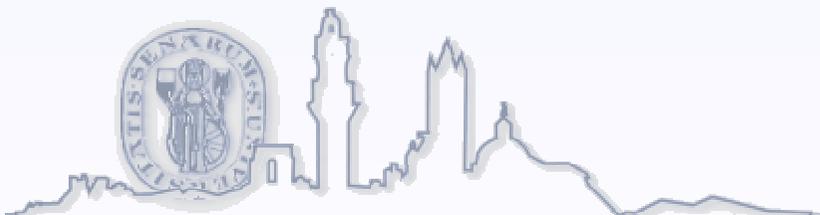


- è necessario un buon bilanciamento del telescopio, che permette ai motori di lavorare meglio
- le equatoriali alla tedesca sono più semplici da bilanciare, ma con qualche **stratagemma** si bilanciano anche quelle a forcella ...
- meglio un lieve sbilanciamento a Est, per tenere sempre in trazione la ruota dentata di AR



ccd

- evitare ccd dotate di antiblooming (ABG)
- verificare la linearità della propria ccd (anche di quelle NABG)
- lavorare sempre nella zona lineare del sensore
- lavorare col sensore alla minima temperatura possibile per limitare il rumore elettronico (*dark-current*)
- evitare, se possibile, il binning (raggruppamento di pixel 2x2, 3x3, ...)



ccd: binning, *why not* !

vantaggi:

1. diminuisce il tempo di lettura
2. diminuisce il rumore di lettura (read out noise), che è già basso

svantaggi:

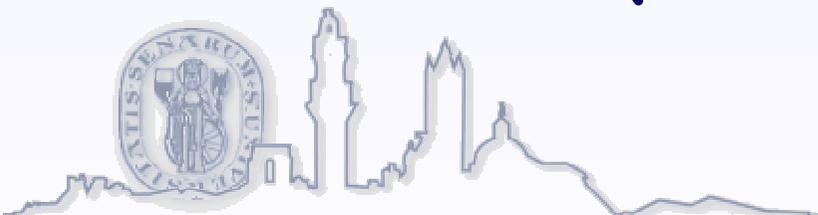
1. mancanza di uniformità nel modo di fare il binning nei vari chip, perdita di precisione nella conversione a 16 bit
2. tempi di posa più corti (aumenta la scintillazione)
3. maggior sensibilità ai pixel caldi/freddi o ai raggi cosmici (se uno è difettoso, lo diventa tutto il “mega-pixel” 1x4)
4. a parità di fuoco, **diminuisce il numero di pixel su cui fare la fotometria, quindi diminuisce il rapporto segnale rumore (SNR) e la precisione fotometrica**



ccd: dimensione e risoluzione

- il campo inquadrato dipende dalla focale del telescopio e dalle dimensioni del sensore
- è utile avere un campo (FoV) vasto per poter fare fotometria includendo più stelle possibili come stelle di riferimento e controllo
- in teoria (linee guida AAVSO per la fotometria), in base al Teorema di Nyquist, il campionamento spaziale di ciascun pixel del sensore dovrebbe essere:

(FWHM tipica) / 2



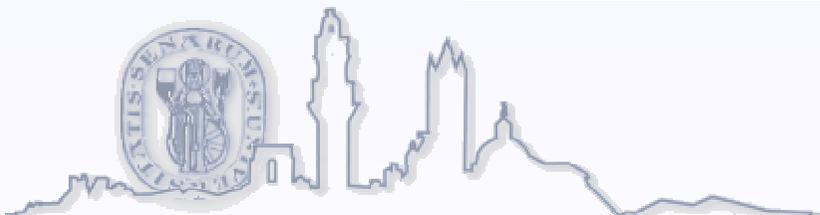
ccd: dimensione e risoluzione

come calcolare il campionamento spaziale di ciascun pixel e la dimensione del campo inquadrato dalla CCD:

$$\text{Pixel (arcsec)} = \frac{206265}{F \text{ (mm)}} \times \frac{\text{pixel size } (\mu)}{1000}$$

$$\text{Lato (arcmin)} = \text{Pixel (arcsec)} \times \text{num.pixels} / 60$$

Esempio: [CampoInquadratoCCD.xls](#)



ccd: dimensione e risoluzione

per migliorare la precisione potrebbe essere utile aumentare il campionamento spaziale (il flusso stellare si distribuisce su un numero maggiore di pixel)...

- allungando il tempo di esposizione
(si abbatte la scintillazione)
- aumentando il numero di pixel su cui fare fotometria
(si aumenta il SNR)

>>> si possono quindi sfruttare CCD con pixel di piccole dimensioni



ccd: dimensione e risoluzione

un esempio: Meade LX200 10" f/6.3 (F=1600mm)

CCD SX-L8

FoV= 16.5'x16.5'

DimPix= 15 μ

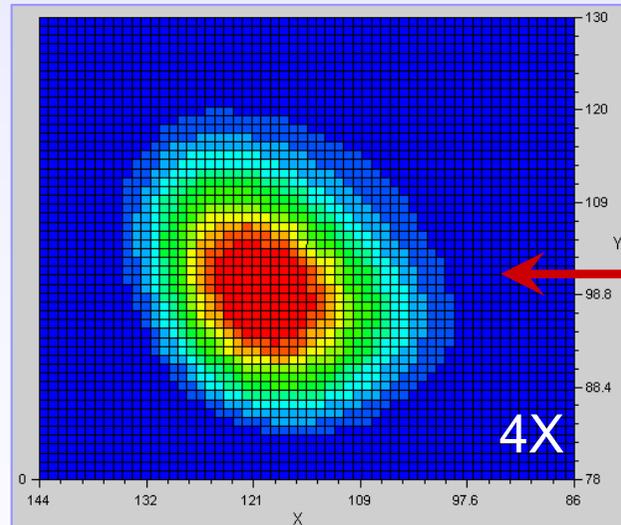
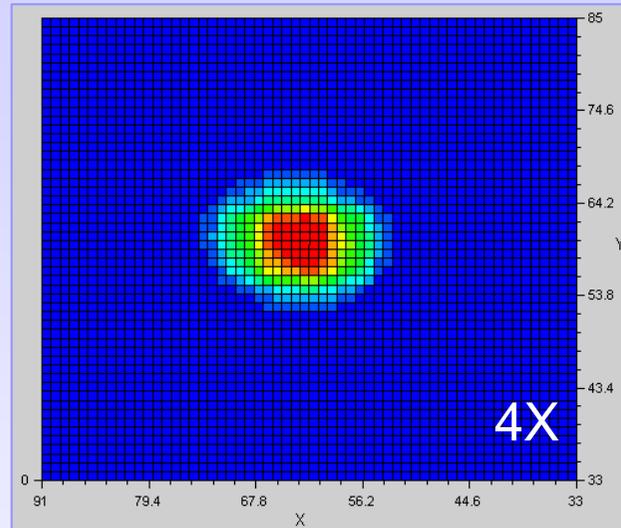
Res= 1.93"/pix
(Area= 3.72)

CCD Sbig ST7

FoV= 14.8'x9.9'

DimPix= 9 μ

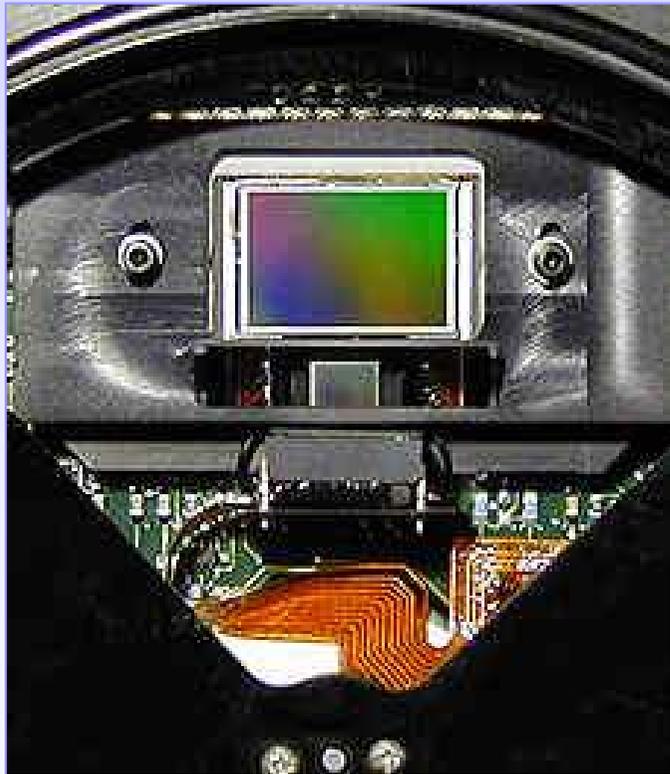
Res= 1.16"/pix
(Area= 1.35)



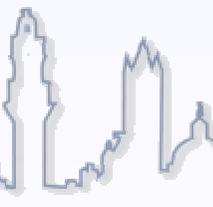
area 276%
(exp.time*2.76)



inseguimento: self-guiding



- un sistema di autoguida è di grande aiuto nell'osservazione dei transiti
- le ccd dual-sensor garantiscono la migliore guida, ma si possono presentare alcuni problemi:
 - difficoltà nel trovare una stella adeguata nel sensore di guida
 - difficoltà di guidare su stelle deboli e filtrate
→ guidare in binning 2x2 o 3x3



inseguimento: guida in parallelo

la guida in parallelo offre vantaggi:

- si può scegliere la stella di guida in un campo molto grande
- si può guidare su stelle a fuoco e non filtrate

...e qualche svantaggio:

- necessita di una seconda camera e di un secondo telescopio
- complica il bilanciamento del telescopio
- la flessione dei materiali può talvolta causare un lieve spostamento del campo inquadrato (su sessioni lunghe)

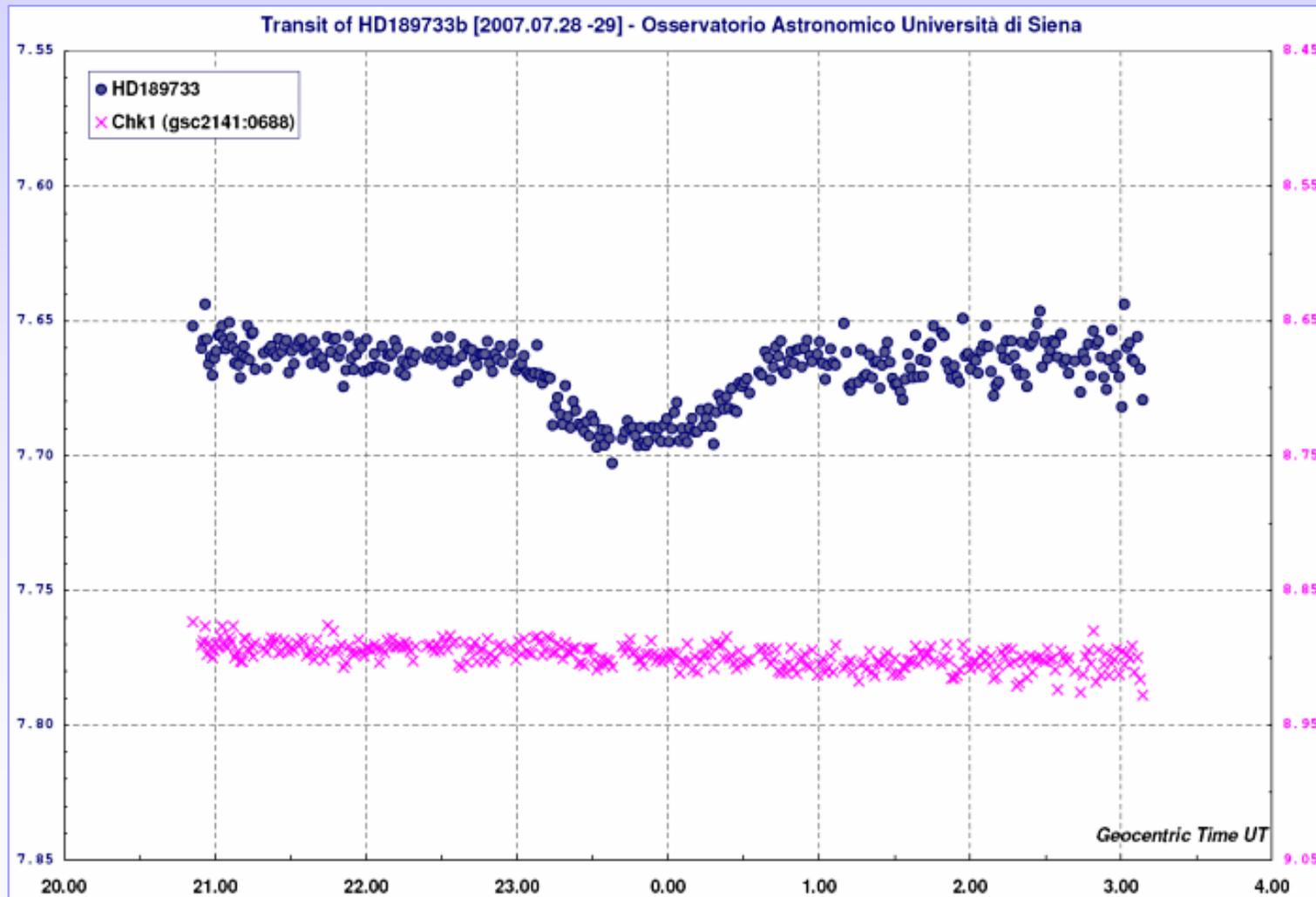


inseguimento: senza autoguida

Affidatevi a San Bigourdan e San Contrappeso...

transito di
HD189733b
2007.07.28

(senza autoguida)

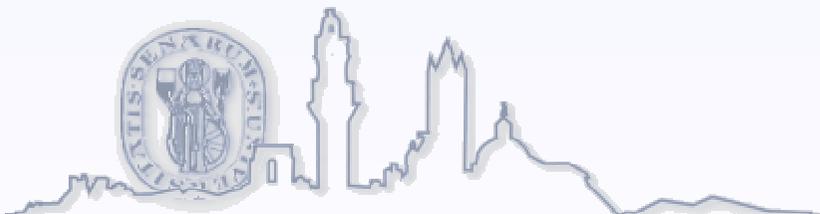


filtri

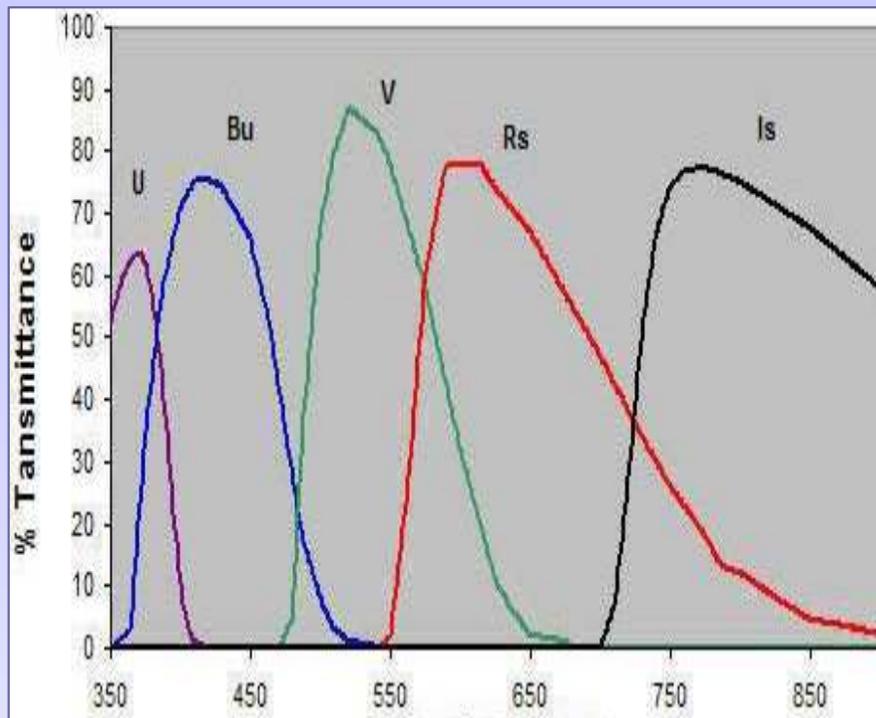


Schuler

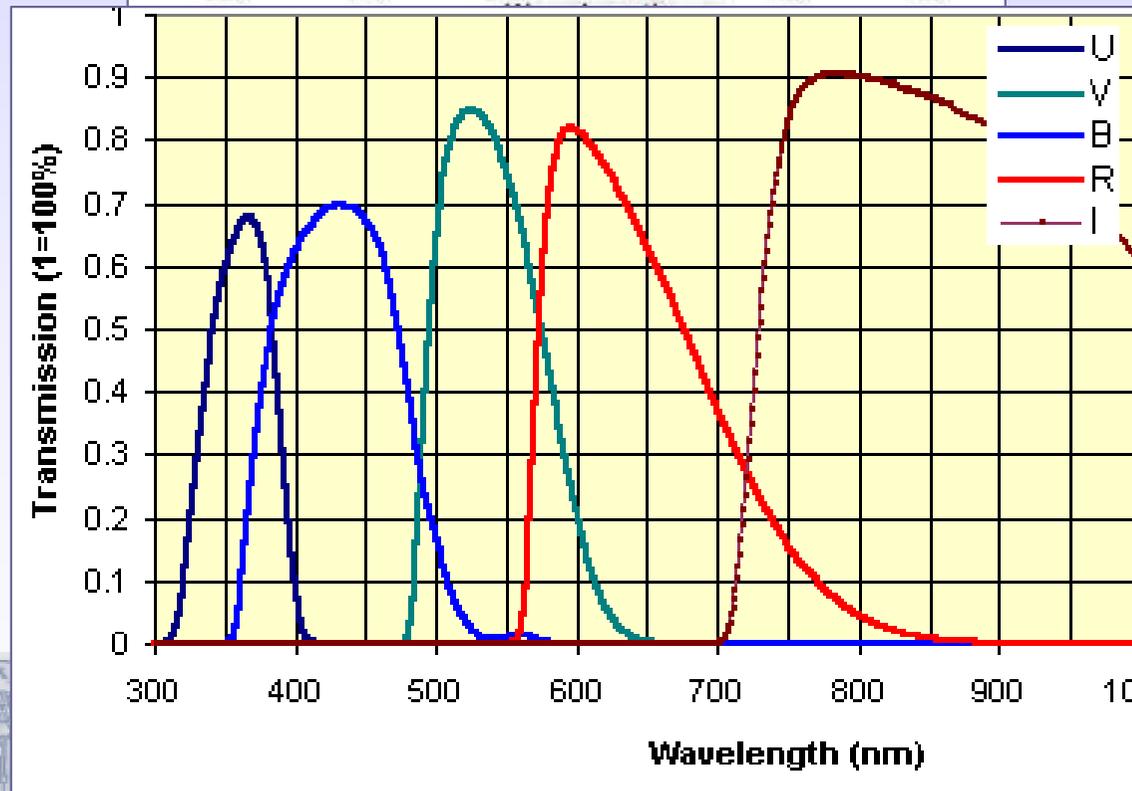
Custom Scientific



filtri



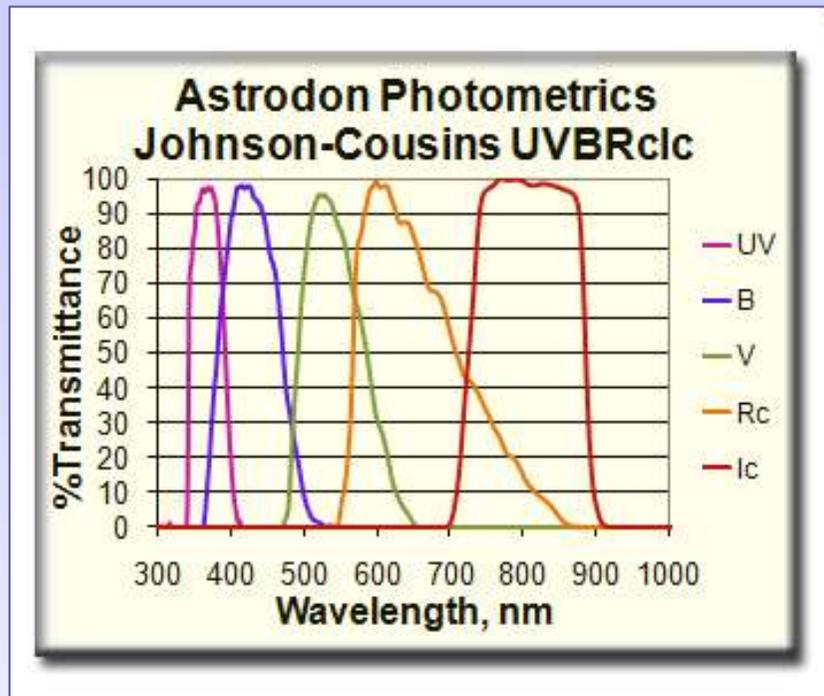
Schuler-Astrodon *(discontinued)*



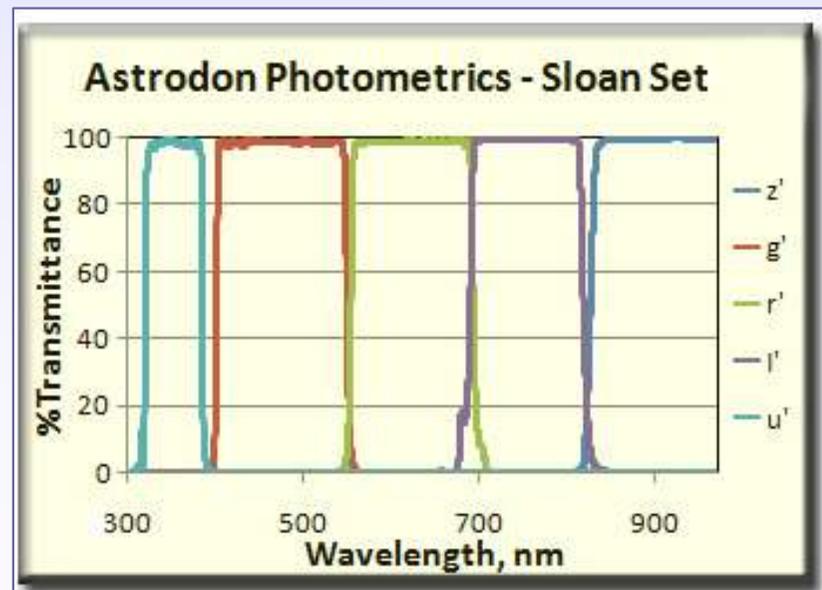
Custom Scientific



filtri: novità Astrodon



Johnson-Cousins (Bessell design) fotometrici
(sostituiscono i "vecchi" Schuler)



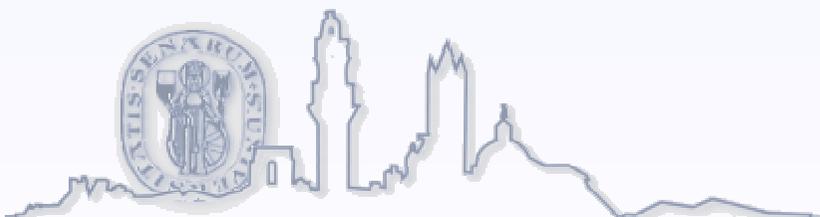
Sloan Digital Sky Survey
(SDSS)



scintillazione atmosferica e precisione fotometrica

La scintillazione atmosferica introduce un disturbo che rende meno precisa la fotometria, soprattutto con telescopi di diametro inferiore ai 40cm e nelle lunghezze d'onda del blu.

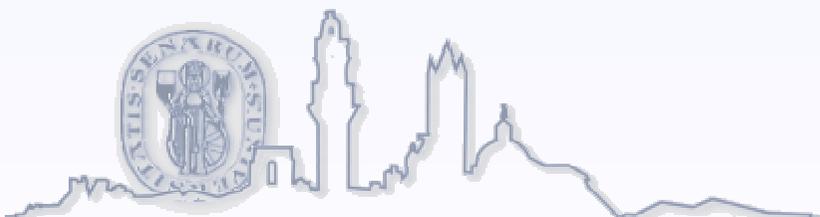
E' però possibile ridurre gli effetti della scintillazione allungando i tempi di esposizione (visto che non è possibile aumentare il diametro del telescopio) e, quando possibile, usando filtri che taglino le lunghezze d'onda del blu.



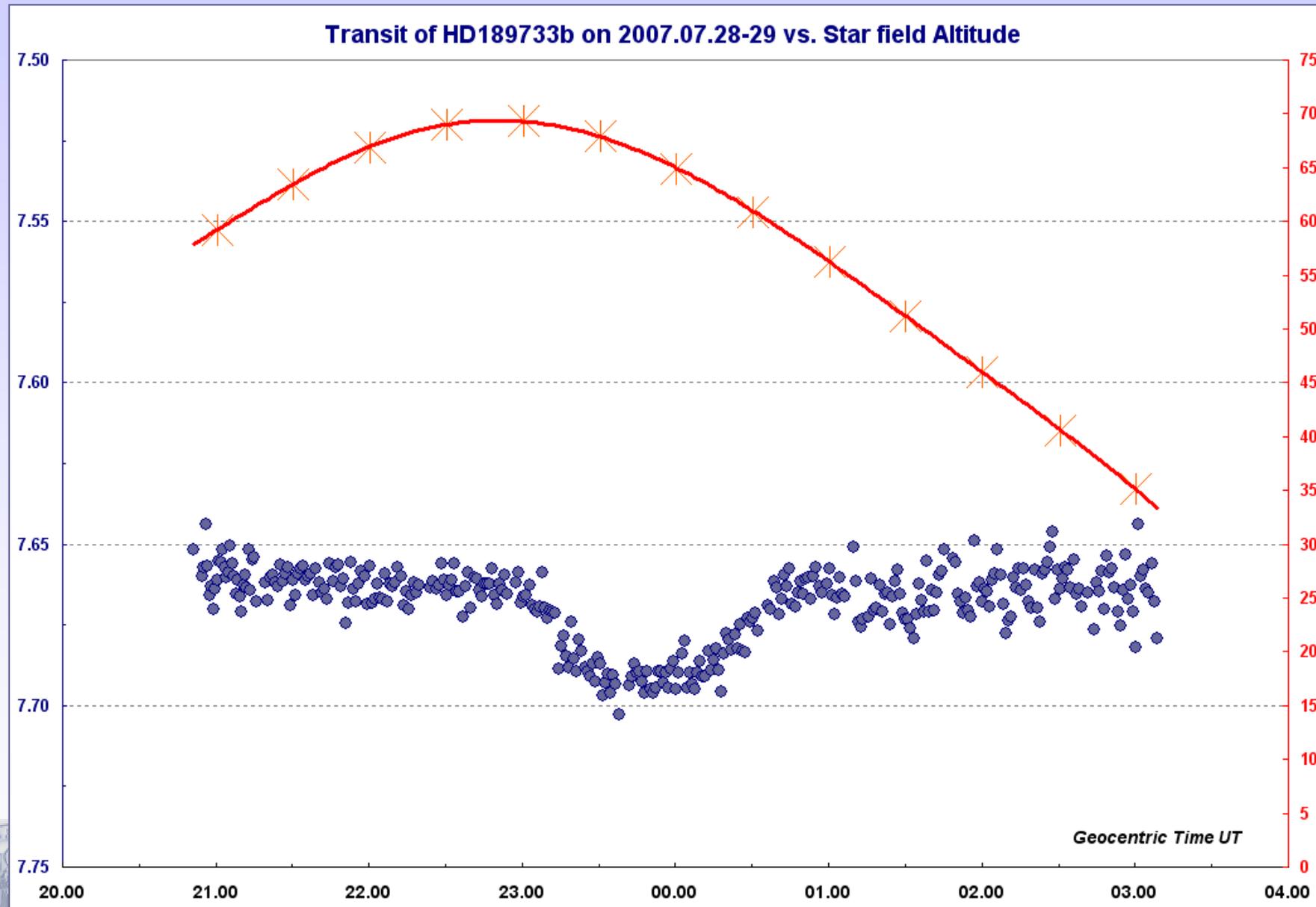
scintillazione atmosferica e precisione fotometrica

z	massa d'aria	t=30 s			t=40 s			t=50 s			t=60 s		
		20 cm	30 cm	40 cm	20 cm	30 cm	40 cm	20 cm	30 cm	40 cm	20 cm	30 cm	40 cm
90	1.00	1.5	1.2	1.0	1.3	1.0	0.8	1.2	0.9	0.7	1.1	0.8	0.8
75	1.04	1.6	1.2	1.0	1.4	1.1	0.9	1.2	1.0	0.8	1.1	0.9	0.9
60	1.15	2.0	1.5	1.2	1.7	1.3	1.1	1.5	1.2	1.0	1.4	1.1	1.1
45	1.41	2.8	2.1	1.8	2.4	1.8	1.5	2.2	1.6	1.4	2.0	1.5	1.5
30	2.00	5.1	3.9	3.2	4.4	3.4	2.8	3.9	3.0	2.5	3.6	2.7	2.7
15	3.82	15.8	12.1	10.0	13.7	10.5	8.6	12.3	9.4	7.7	11.2	8.5	8.5

contributo della scintillazione (in mmag)
per tempi di posa e diametri tipici,
calcolato per un'altezza di 300m s.l.m.



scintillazione atmosferica e precisione fotometrica



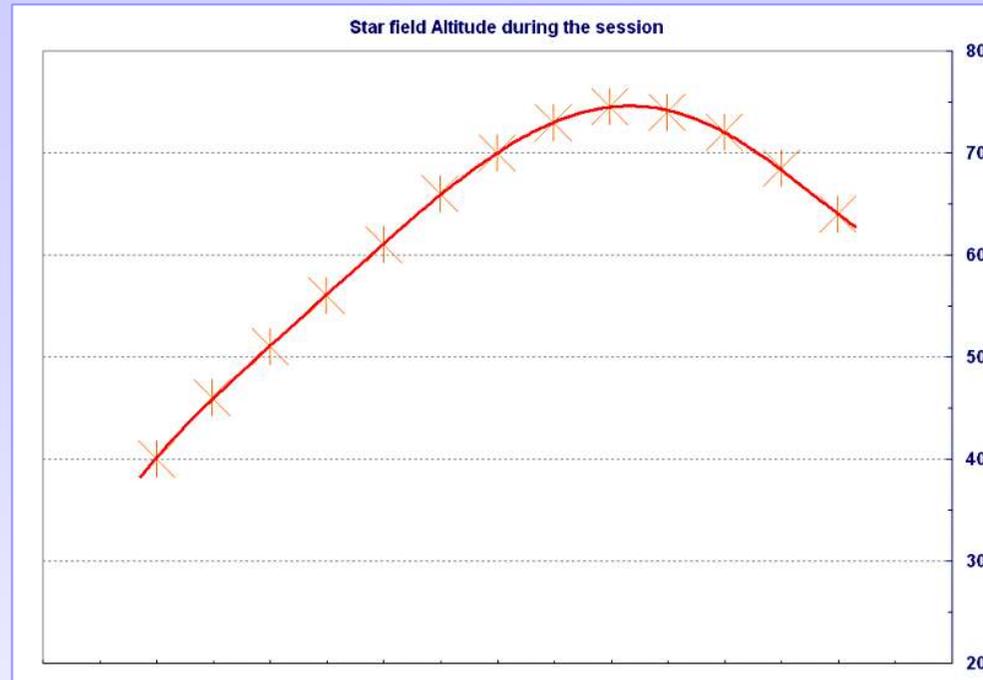
immagini da misurare

- scegliere il campo da inquadrare in maniera da centrare il nostro target e le stelle da usare come riferimento (Refs) e controllo (Chks)
- il tempo di esposizione deve permetterci di avere un buon SNR, e deve essere abbastanza lungo per abbattere i problemi introdotti dalla scintillazione
- per massimizzare il SNR, cercare di ottenere valori ADU-max sulla stella più luminosa tra quelle da misurare tra il 60% e l'80% della soglia di saturazione del sensore



ottimizzazione (teorica) ADU iniziali

z	massa d'aria
90	1.00
75	1.04
60	1.15
45	1.41
30	2.00
15	3.82



$$C_{\max} \text{ at AirMass}_i / C_{\max} \text{ at AirMass}_0 = (\text{AirMass}_i / \text{AirMass}_0)^{-2/3}$$

nel caso di $\text{AirMass}_{\text{ini}}=1.60$; $\text{AirMass}_{\text{min}}=1.04$

$$C_{\max_{\text{ini}}} / C_{\max_{\text{min}}} = (1.60/1.04)^{-2/3} = \mathbf{0.75}$$

(THANKS BRUCE!)

La stella più luminosa dovrà avere a inizio sessione il 75% del valore massimo in ADU che vogliamo raggiungere alla minima *air mass* per ottimizzare il SNR



immagini di calibrazione

Dark frames:

- immagini di buio, per registrare il rumore elettronico del sensore
- si riprendono a otturatore chiuso (o a telescopio “tappato”)
- devono essere ripresi con lo stesso tempo di esposizione e la stessa temperatura del sensore rispetto alle relative immagini di luce
- riprendere un certo numero di dark frames (es.15) per ogni tempo di esposizione usato, per poi farne la media (o mediana) per ottenere il master-dark frame per la calibrazione



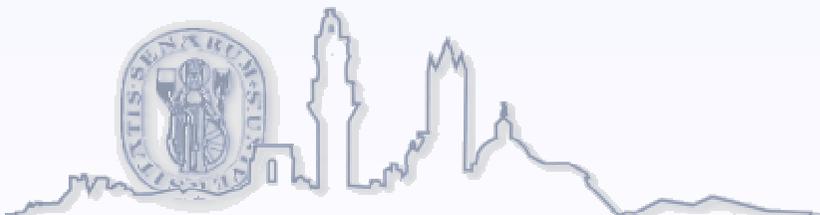
e se la ccd non è termocollata?

Pianificare la ripresa di set di dark-frames ad ogni variazione della temperatura superiore a 0.5°C .

Se non si conosce la temperatura del sensore, usare un termometro d'ambiente vicino al telescopio.

- sequenza1, 5 dark-frames 60s, $T = -18.5^{\circ}\text{C}$
- sequenza2, N immagini 60s
- sequenza3, 5 dark-frames 60s, $T = -19.2^{\circ}\text{C}$
- sequenza4, M immagini 60s
- sequenza5, 5 dark-frames 60s, $T = -19.8^{\circ}\text{C}$

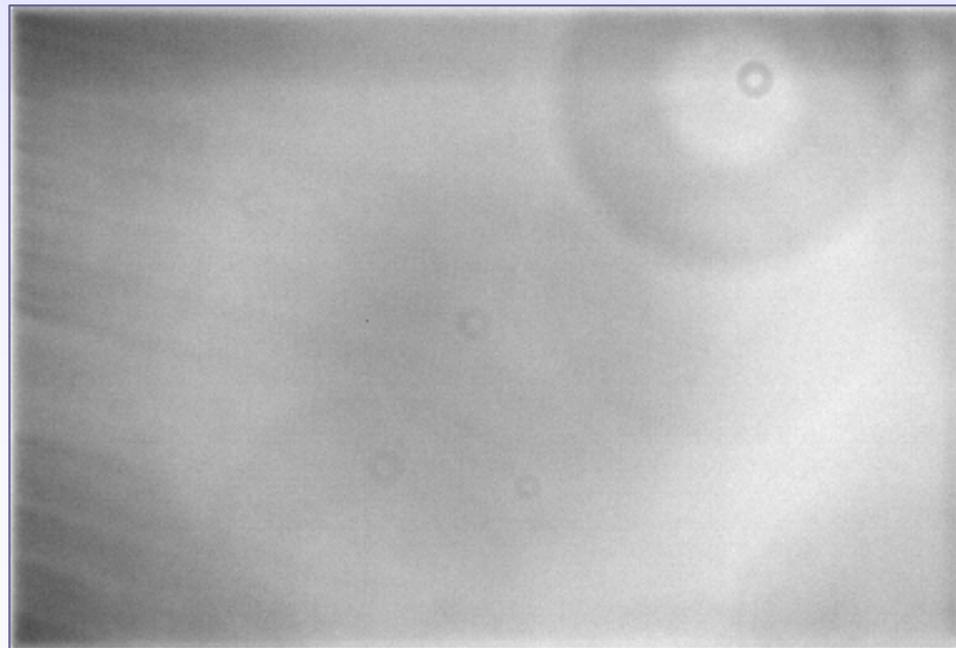
Le N immagini di sequenza2 saranno calibrate con la media dei dark-frames delle sequenze 1 e 3.



immagini di calibrazione

Flat field frames:

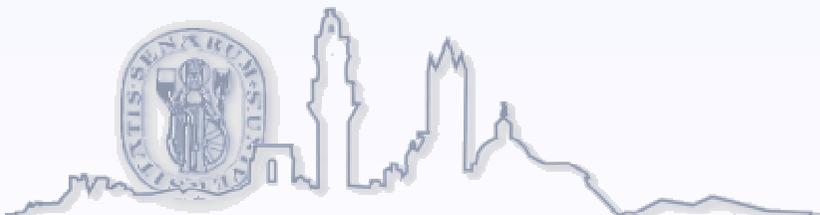
- si ottengono illuminando in maniera omogenea tutto il sensore, nelle stesse condizioni ottiche di ripresa delle immagini stellari
- servono per registrare le disomogeneità tra i pixel del sensore e i difetti ottici del sistema (ombre, vignettatura, ...)



immagini di calibrazione

Flat field frames:

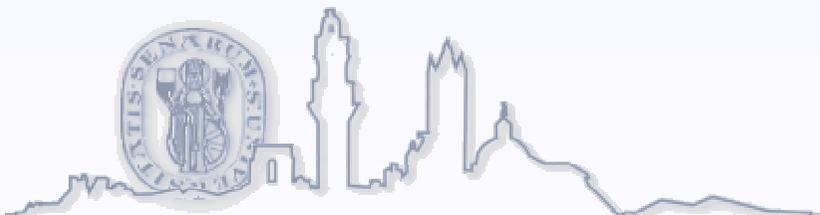
- sky flats: si riprendono sul cielo debolmente illuminato dell'alba o del tramonto
- dome flats: si riprendono su superfici o schermi debolmente illuminati in cupola e/o appoggiando sull'apertura del telescopio una maglietta (t-shirt flats) o una lastra di opalina
- flat box (vedi sito di Gianni Benintende)



immagini di calibrazione

Flat field frames:

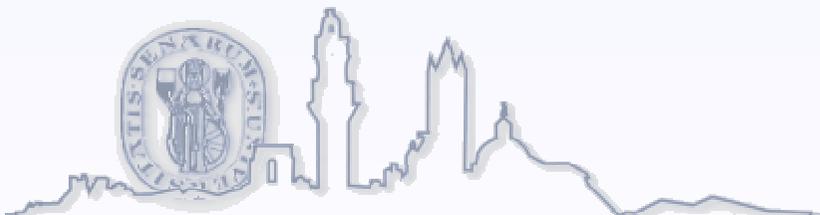
- devono essere ripresi all'inizio (se già si conosce il fuoco che useremo) o alla fine della sessione, nelle stesse condizioni ottiche di ripresa delle immagini stellari (stesso fuoco, stessa rotazione del campo)
- preferibili gli *sky flats* rispetto ai *dome flats*
- riprenderne un certo numero (es.15) per poi farne la media (o la mediana) per ottenere il master-flat frame per la calibrazione
- *sky flats* → media; *dome flats* → mediana
- riprendere anche un set di dark frames per la calibrazione dei *flat field*



flat field frames e meridian flip

Se durante l'osservazione il campo oltrepassa il meridiano, le montature equatoriali alla tedesca ribaltano automaticamente il telescopio; in questo caso:

- i flat field ripresi in una configurazione (prima/dopo il ribaltamento) non garantiscono la necessaria precisione per la calibrazione delle immagini riprese nell'altra configurazione
- soluzione: riprendere due set di flat field frames per le due configurazioni, uno prima e uno dopo il ribaltamento del telescopio

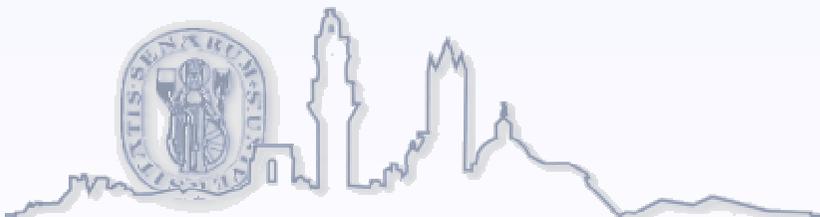


flat field frames e meridian flip

- alcune montature (Astro-Physics) permettono di **forzare il lavoro del telescopio senza ribaltamento**
- altre (Paramount) permettono di **anticipare o posticipare il ribaltamento**: in questo caso si può iniziare una sessione col telescopio già ribaltato o Ovest o prolungarla col telescopio sempre a Est



Diario di una tipica sessione osservativa



pianificazione delle osservazioni: il meteo... ☹

Università degli Studi di Siena - Dipartimento di Fisica

Osservatorio Astronomico

Lat. 43° 18' 45" N [+43.3125]
Long. 11° 20' 12" E [+11.3367]

Utilità

Meteo: situazione, bollettini, previsioni

[Homepage](#) [Informazioni](#) [Appuntamenti](#) [Eventi](#) [Archivio storico](#) [Utilità](#) [Meteo](#) [Links](#)

Situazione e previsioni meteo per Siena; seguono i links ai siti internet a carattere meteorologico che vi segnaliamo.

Previsioni meteo triorarie a 7 giorni per Siena (ilmeteo.it)

Siena

Previsioni per Domenica 16/05/2010

	Giovedì 13	Venerdì 14	Sabato 15	Domenica 16	Lunedì 17	Martedì 18	Mercoledì 19	
Ora	Tempo		Temperatura	Vento	Precipitazioni	Visibilità	Umidità rel.	Wind Chill
02.00		pioggia	10.3 °C	NW 11 km/h moderato	2.49 mm moderate	>10km buona	97 %	8 °C
05.00		pioggia	9.7 °C	NW 8 km/h debole	0.78 mm deboli	>10km buona	98 %	9 °C
08.00		pioggia debole	11.1 °C	WNW 6 km/h debole	0.23 mm deboli	>10km buona	95 %	11 °C
11.00		pioggia debole	13.9 °C	WNW 4 km/h debole	0.18 mm deboli	>10km buona	79 %	14 °C
14.00		pioggia	14.9 °C	WNW 6 km/h debole	0.71 mm deboli	>10km buona	68 %	15 °C
17.00		pioggia	14.9 °C	W 7 km/h debole	1.32 mm deboli	>10km buona	72 %	15 °C
20.00		pioggia e schiarite	13.5 °C	W 4 km/h debole	0.95 mm deboli	>10km buona	86 %	13 °C
23.00		pioggia e schiarite	11.1 °C	WNW 9 km/h debole	0.77 mm deboli	>10km buona	91 %	10 °C

Aggiornamento del 13/05/2010 19:54 ©2007 www.ilmeteo.it - Personalizza e Crea il Tuo Script Meteo!

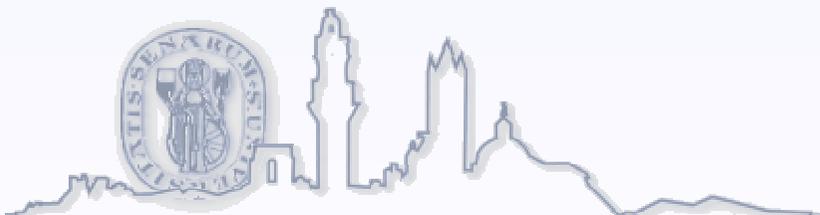


pianificazione delle osservazioni

Scelta del target da osservare in base al calendario degli eventi (massimi per le RR Lyrae o minimi per le Binarie a Eclisse).

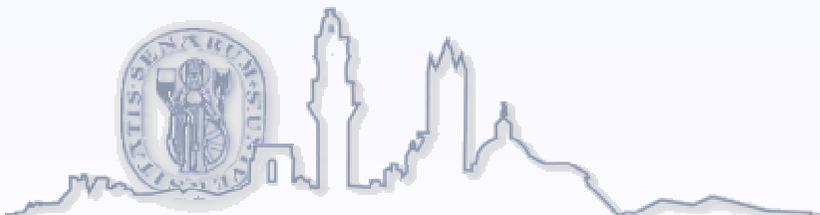
Sul sito di sezione (stellevariabili.uai.it) sono disponibili le effemeridi per i vari target stagionali.

Esempio: [RR_ ephemeris.pdf](#)



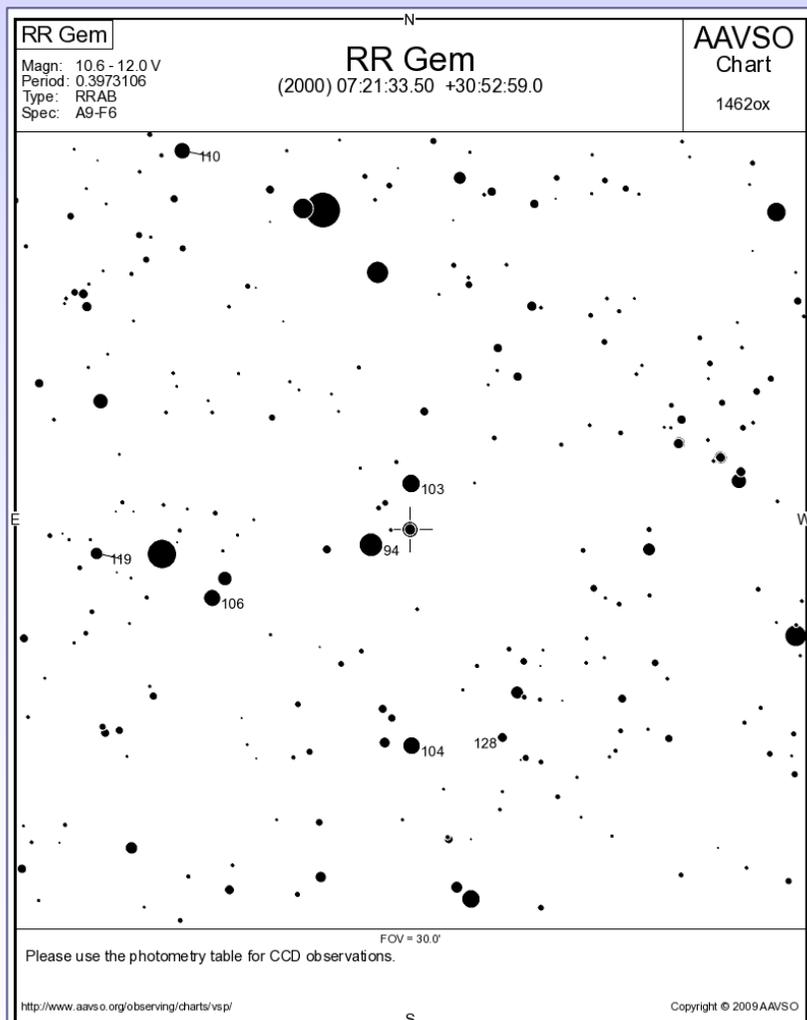
durata delle osservazioni

- spesso le effemeridi, soprattutto quelle da catalogo o da letteratura, non sono aggiornate
- si consiglia quindi di osservare almeno due ore prima e dopo l'orario previsto per l'evento di interesse.



pianificazione delle osservazioni

Sul sito di sezione (stellevariabili.uai.it) o sul sito AAVSO (www.aavso.org) sono reperibili le cartine di riferimento e le tabelle fotometriche.



Field Photometry For **rr gem** From the AAVSO Variable Star Database

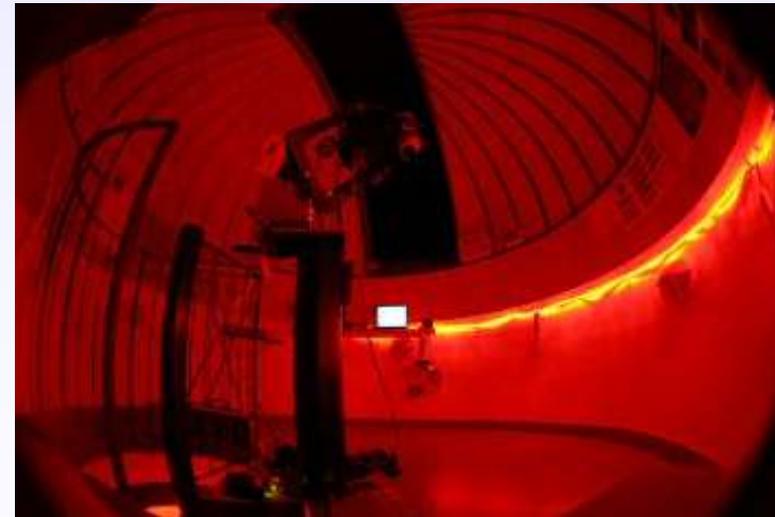
Data includes all comparison stars within 0.25° of RA: 7:21:33.50 (110.38958) & Decl.: 30

AUD	RA.	Dec.	Label	U	B	V	Rc
000-BBM-938	7:21:33.34 [110.38892d]	30:54:43 [30.91194d]	103	-	10.652 (0.016) ¹⁸	10.271 (0.014) ¹⁸	10.043 (0.017) ¹⁸
000-BBM-937	7:21:33.24 [110.38850d]	30:44:50.3 [30.74730d]	104	-	11.384 (0.017) ¹⁸	10.407 (0.014) ¹⁸	9.895 (0.023) ¹⁸
000-BBM-951	7:22:08.48 [110.53533d]	30:50:24 [30.84000d]	106	-	10.784 (0.018) ¹⁸	10.630 (0.016) ¹⁸	10.548 (0.018) ¹⁸
000-BBM-953	7:22:13.84 [110.55767d]	31:07:13.6 [31.12045d]	110	-	11.399 (0.150) ¹	10.979 (0.060) ¹⁶	-
000-BBM-964	7:22:28.76 [110.61983d]	30:52:04.3 [30.86786d]	119	-	12.438 (0.371) ¹	11.897 (0.070) ¹⁶	-



inizio delle osservazioni

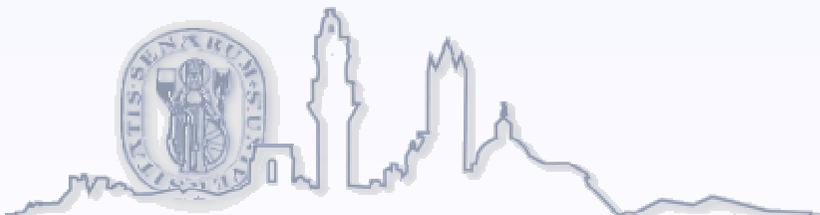
appuntamento al tramonto per aprire la cupola, accendere il telescopio e la ccd, raffreddare gradualmente la ccd.



sincronizzazione temporale

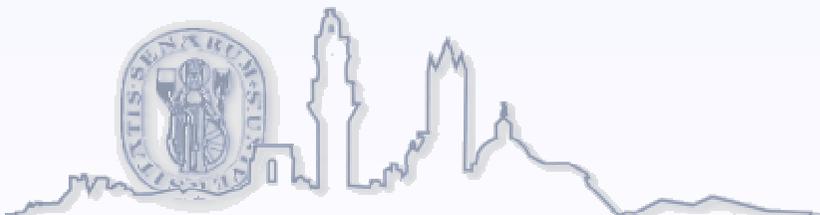
è necessario che l'orologio del PC di acquisizione delle immagini sia preciso; per sincronizzarlo:

- se il PC è connesso a internet, usare un *client NTP* (es. TimeMemo o Dimension4) oppure uno tra...:
<http://www.oink.com/misc/timesync.html>
- alcuni server NTP italiani: ntp1.ien.it, ntp1.inrim.it
- Microsoft Windows offre questa funzione, ma la sincronizzazione è poco frequente;
→ ricordarsi di forzarla prima della sessione
- sincronizzare l'orologio del PC con un orologio radiocontrollato



acquisizione immagini

- puntamento del campo e scelta dell'inquadratura (target, ref & chk stars, **guide star per autoguida**)
- **avvio dell'autoguida (tracking)**
- scelta del giusto tempo di esposizione: ottimizzazione del SNR sulla stella più luminosa da misurare, tenendo conto della variazione dell'airmass durante l'osservazione
- inizio sequenze automatiche



acquisizione immagini

- nominare i files in maniera appropriata, ad esempio:

raw (immagini stellari)

```
00_090s-001.fit
00_090s-002.fit
01_120s-003.fit
...
02_090s-051.fit
...
07_090s-123.fit
```

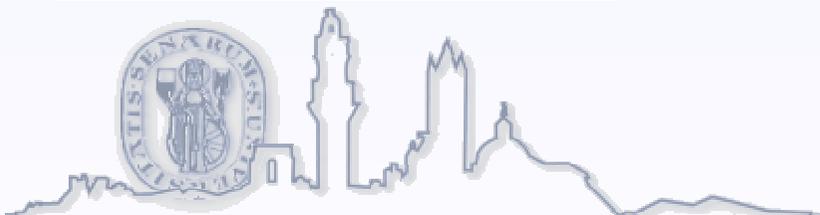
dark e flat (immagini di calibrazione)

```
DRK_090s-20-001.fit
...
DRK_090s-20-015.fit

DRK_120s-20-001.fit
...
DRK_120s-20-015.fit
```

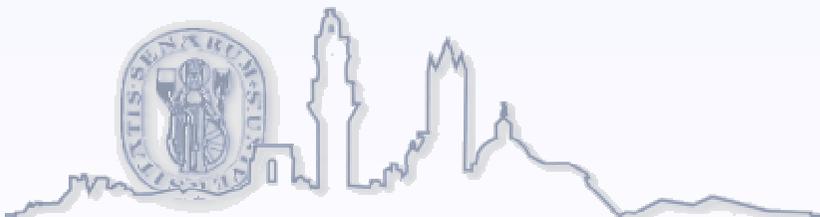
```
flat-001.fit
...
flat-015.fit

flat_DRK-001.fit
...
flat_DRK-015.fit
```



durante le sequenze

- controllo periodico dei valori ADU-max sulle stelle da misurare per evitare la saturazione e tenere sempre alto il SNR
- agire sul tempo di esposizione per alzare o abbassare il segnale

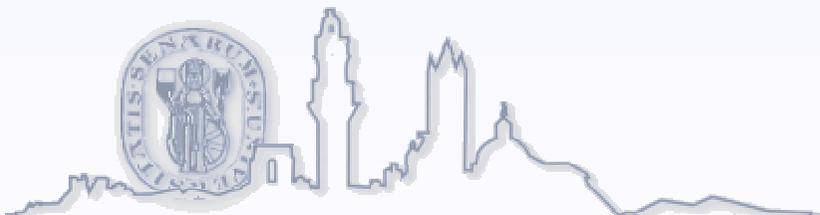


***logbook*: il report osservativo**

Per ogni sessione osservativa è necessario redigere un *logbook* (“diario di bordo”) per vostra memoria futura e per l’invio dei dati ai responsabili della raccolta delle osservazioni.

Il report dovrà contenere tutte le informazioni utili a caratterizzare l’osservatore, la strumentazione, le condizioni di osservazione e le stelle oggetto di fotometria.

Esempio: [RR_Gem_20100226_MXI_logbook.txt](#)



elaborazione delle immagini

- calibrazione:
 - sottrazione dei dark frames
 - applicazione dei flat-field frames
- *opzionale: allineamento delle immagini (in alcuni casi migliora la precisione nelle misure fotometriche)*
- fotometria...

Esempio di elaborazione delle immagini:

[sessione su RR Gem del 2010.02.26](#)

