



Corso comete 2019

# **OBBIETTIVI**

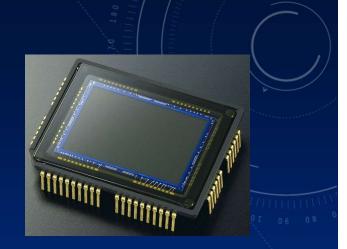
- Conoscenza di base delle tecniche di ripresa (calibrazione immagini)
- Conoscenza di base degli strumenti messi a disposizione dal Minor Planet Center
- Conoscere la posizione delle comete
- Fotografare e misurare l'oggetto
- Inviare le nostre osservazione al MPC

# **IL SENSORE**



Dispositivo al silicio con superficie fotosensibile, basato su una matrice di fotodiodi in grado di trasformare e convertire un segnale luminoso, composto da fotoni, in un segnale elettrico, composto da elettroni.

La superficie di questo dispositivo è quindi composta da milioni di micro diodi, e quindi di micro sensori di luce, disposti secondo le linee di una griglia regolare.



 $Qualità\ immagine_{CCD} \gg Qualità\ immagine_{CMOS}$ 



 $Costo_{CCD} \gg Costo_{CMOS}$ 



Sensori



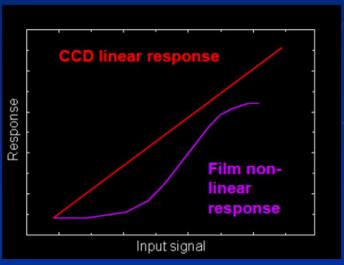
Monocromatici

# Parametri importanti di un CCD

Efficienza quantica QE: è definita come il rapporto tra il numero degli elettroni raccolti ed il numero di fotoni incidenti



<u>Linearità</u>: è la capacità di un rivelatore di fornire sempre un segnale di risposta direttamente proporzionale all'intensità della radiazione incidente.



Intervallo (o range) dinamico: è definito come il logaritmo in base 10 del rapporto fra il massimo e il minimo segnale rivelabile dal sensore.

Tale rapporto indica quindi il numero di livelli di grigio effettivi nella rappresentazione digitale del segnale a valle del convertitore analogico-digitale (A/D).

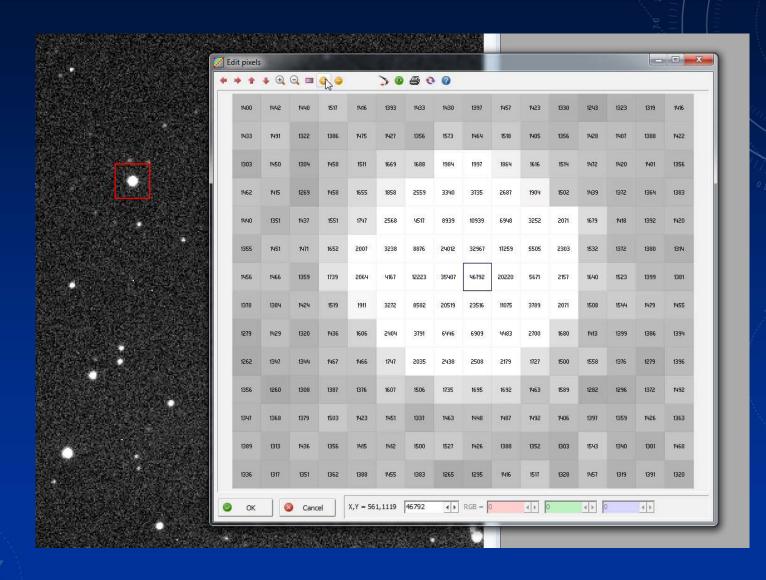
Gli elettroni catturati durante l'esposizione vengono convertiti in ADU dall'integrato A/D (Analog to Digital Converter o convertitore analogico-digitale).

La "precisione" di questo convertitore viene misurata in bit : maggiore è il numero di bit del convertitore e maggiore sarà la capacità del dispositivo di distinguere il segnale in elettroni formato dall'esposizione del CCD: 12 bit = 2^12 = 4096 valori, 15 bit = 2^15 = 32768, 16 bit = 2^16 = 65536 valori

ADU (Analog to Digital Unit) indica l'unità di misura digitale dell'intensità luminosa di un pixel dell'immagine CCD. In pratica è il valore numerico associato ai pixel di un'immagine digitale.

bit	Range dinamico
8	256
10	1024
12	4096
14	16384
16	65536

# Ripresa con CCD a 16bit



### IL SEGNALE DA RACCOGLIERE

Immagine acquisita = Segnale dalla fonte astronomica + Disturbi

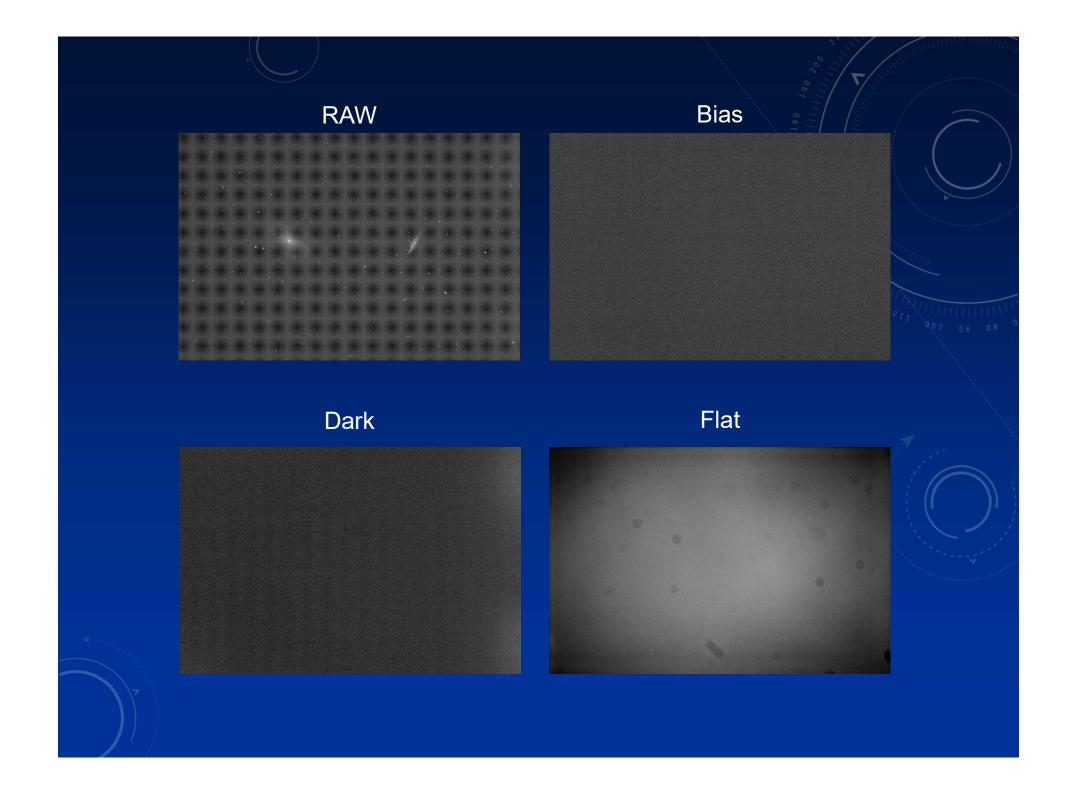
RAW (immagine grezza) = Light frame + (Bias + Dark + Flat)

# Light frame = (RAW - Bias frame - Dark frame) / Flat field

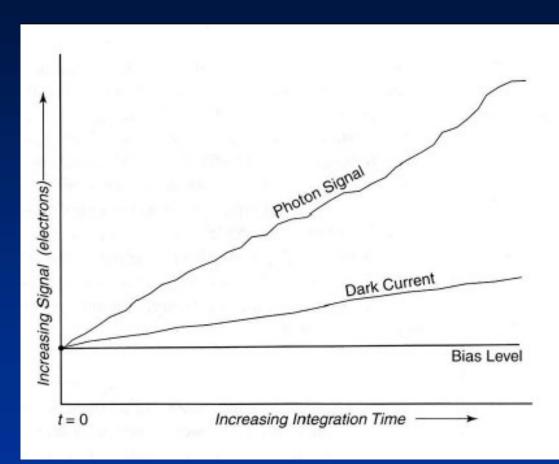
Bias frame: hanno lo scopo di catturare il disturbo legato alla lettura della luce da parte del sensore. Ogni sensore soffre di un diverso disturbo di lettura, dovuto al semplice fatto che i componenti elettrocini devono leggere il contenuto del chip. Generare i "Bias" è molto semplice, basta effettuare uno scatto alla massima velocità possibile dell'otturatore tenendo l'obiettivo coperto (come per i Dark).

Dark frame: L'agitazione termica degli atomi del sensore, libera degli elettroni anche al buio più completo. Quindi questa corrente di buio, per pose lunghe, è la componente che più crea fastidi nell'estetica di un'immagine. Un'immagine di dark frame deve essere effettuata con il sensore al buio (per quelli senza otturatore meccanico) ed alla stessa temperatura dell'immagine di luce, con lo stesso tempo di esposizione. Questa immagine conterrà la stessa corrente di buio dell'immagine

Flat field: il flat field elimina le imperfezioni del campo del CCD (vignettatura) ed eventuali difetti estetici come la presenza di polvere o sottili righe e pattern regolari, cioè difetti di origine strumentale, mentre nulla può fare nell'eliminare i gradienti luminosi introdotti da un cielo inquinato o dalla presenza della luna



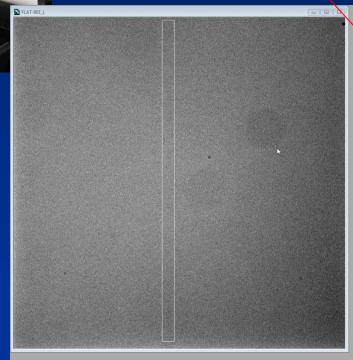
### Contenuto dell'immagine

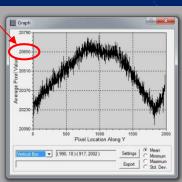


### Come realizzare una immagine di Flat field



CCD 16 bit – Range dinamico 65536 ADU Importante che il livello massimo di ADU del frame flat field non sia troppo elevato tale da finire nel campo non lineare del CCD





I sensori sono decisamente più sensibili rispetto alla pellicola e raggiungono il loro limite in tempi brevi 10-30 min (a seconda della configurazione ottica)

# COMPOSITAZIONE STACKING

Questo permette di aumentare il rapporto Segnale/Rumore (SNR)



 $SNR_{compositazione} = \sqrt{N} \cdot SNR_{singola}$  N = numero di fotogrammi

In termini matematici: il rumore aumenta con  $\sqrt{N}$  mentre il segnale aumenta in maniera proporzionale a N

N=10 Rumore=3,16 Segnale=10 S/N=3,16 N=30 Rumore=5,14 Segnale=30 S/N=5,83

## MINOR PLANET CENTER

- Raccoglie tutte le misurazioni astrometriche di asteroidi e comete.
- Provvede alla designazione degli oggetti
- Calcola e pubblica gli elementi orbitali e le effemeridi
- Assegna in modo definitivo il nome dell'oggetto
- Utilizza Internet come strumento di raccolta e divulgazione.
- Pubblica le circolari MPCs

# COSA OSSERVIAMO STANOTTE?

Conferma di una nuova cometa (https://minorplanetcenter.net//iau/NEO/pccp\_tabular.html)

Cometa catalogata (<a href="https://minorplanetcenter.net//iau/MPEph/MPEph.html">https://minorplanetcenter.net//iau/MPEph/MPEph.html</a>)

Comete periodiche o storice (opposizioni)



Fotometria Afhro



Astrometria Misura della posizione

# PROGRAMMARE L'OSSERVAZIONE

In base alla tipologia dell'attività da svolgere è importante conoscere le caratteristiche dell'oggetto da riprendere:

- ■Posizione (campo stellare, oggetti vicini, altezza sull'orizzonte, Phase, elong)
- Magnitudine (SRN per fotometria, tempi di posa)
- ■Velocità (per feterminare i tempi di posa in relazione alla strumentazione)
- ■Osservabilità (per una programmazione a breve e/o lungo termine)

### **COSA MISURIAMO**

- La posizione dell'oggetto nel cielo utilizzando le coordinate AR e Dec
- Il tempo esatto della misura in UT
- La magnitudine
- Elementi orbitali
- Variazione di luminosità (curva di luce)
- Precisione di circa 1" arcosedondo (in posizione)
- Precisione di circa 1 secondo (in tempo)
- > Effettuare il nostro report secondo le direttive del MPC

### STRUMENTAZIONE

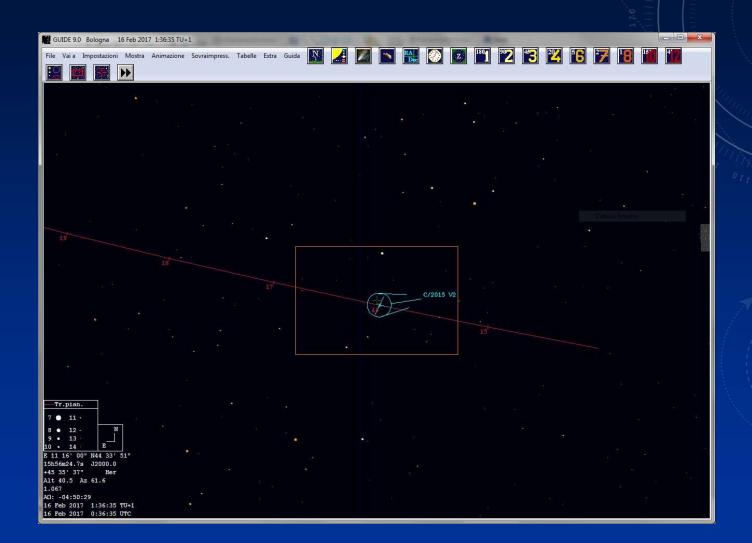
- Codice osservatorio MPC (solo per l'invio al MPC delle misure di posizione)
- Conoscenza del campo inquadrato dal nostro sistema ottico FOV (Field of view)
- Risoluzione dell'immagine arcsec/px ("/px)
- Magnitudine limite raggiungibile a seconda del tempo di posa
- Campo linearità CCD
- Capacità di inseguimento

# LA RIPRESA DELLA COMETA

Diversi strumenti ci aiutano a scegliere gli oggetti che vogliamo osservare:

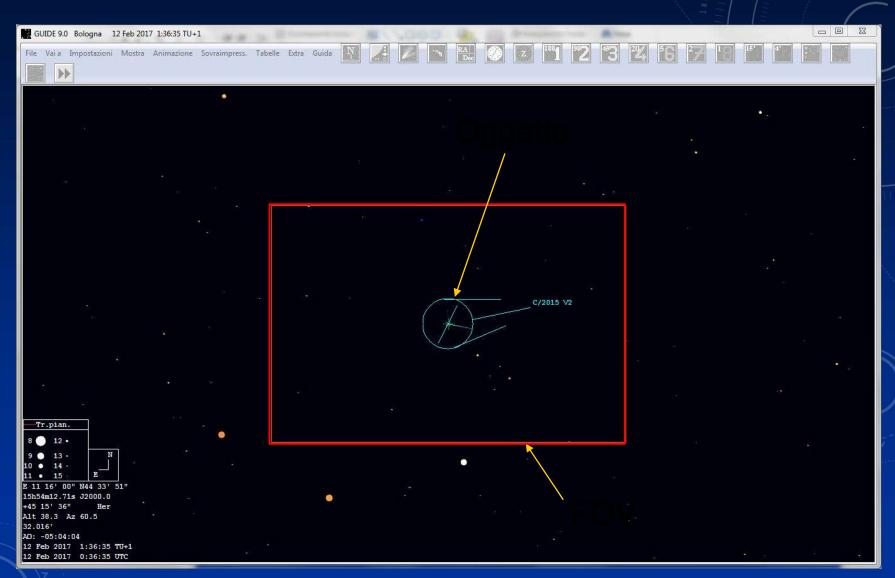
- Planetario
- Software
- Liste su internet
- Programmi osservativi
- Richieste varie

# **PLANETARIO**



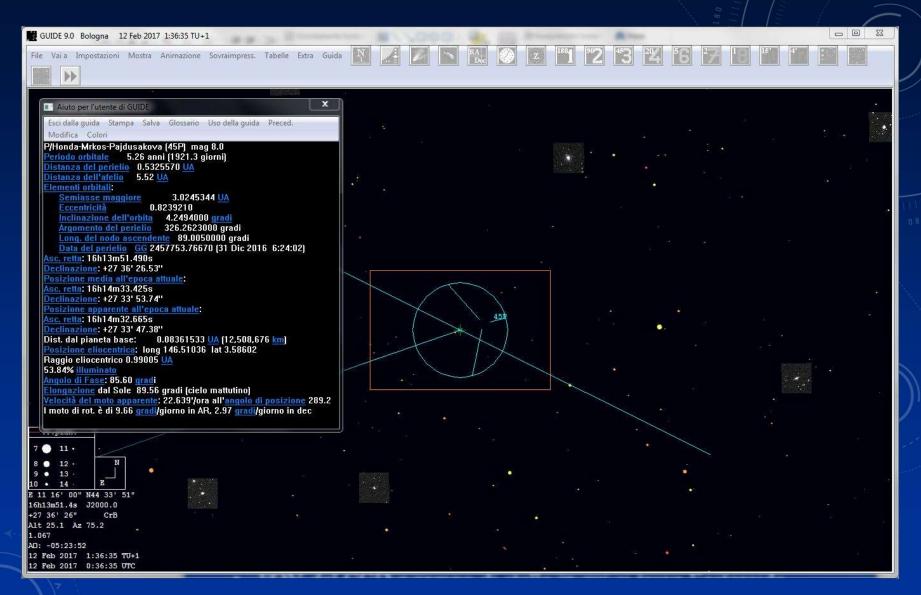
Con l'ausilio di un planetario si possono visualizzare gli oggetti di nostro interesse nella volta celeste

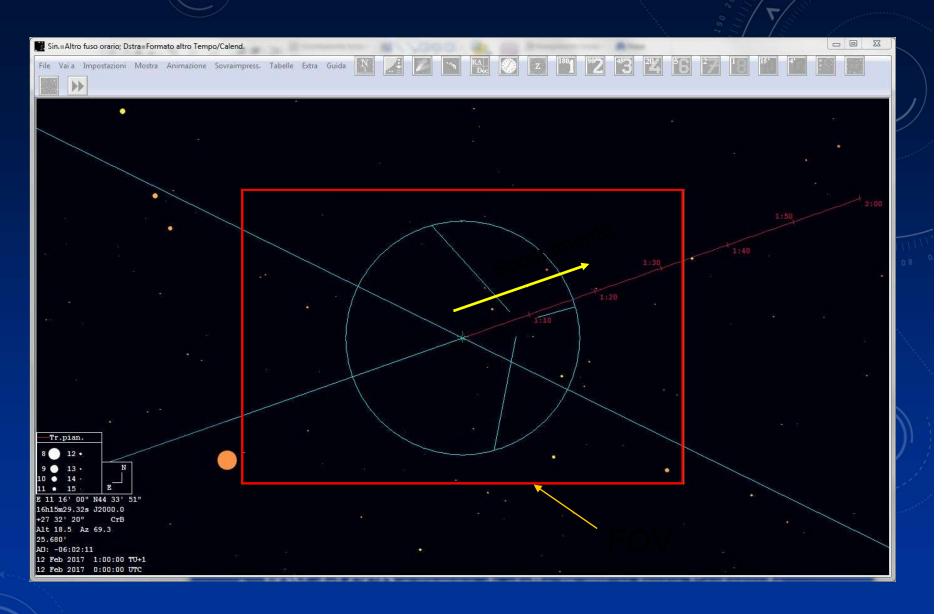
# CAMPO INQUADRATO DEL CIELO



FOV del CCD e campo di stelle in cui si trova l'oggetto

# E PUR SI MUOVE...





Spostamento della cometa nell'arco di 60 minuti Velocità della cometa 22,639 arcsec/min



- Ricaviamo l'effemeridi degli oggetti dal sito MPC
- Utilizziamo i principali strumenti messi a disposizione.

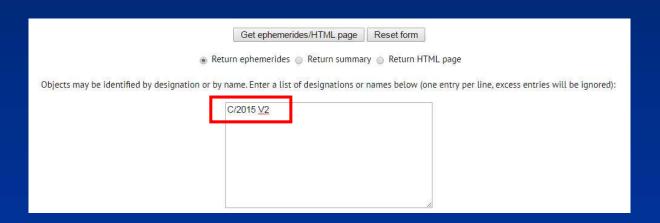
### MPC HOME PAGE

La home page del del MPC offre molte opzioni utili, tra cui il servizio per genere le effemeridi

http://minorplanetcenter.net/iau/mpc.html

http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html





Nell'apposito box inseriamo il nome o la designazione dell'oggetto del quale vogliamo conoscere le effemeridi

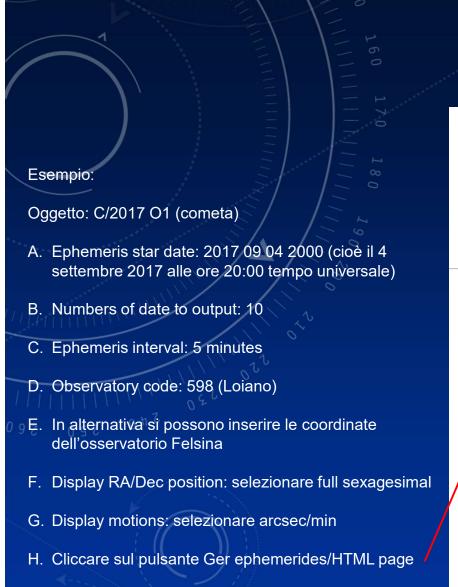
# EFFEMERIDI OPZIONI

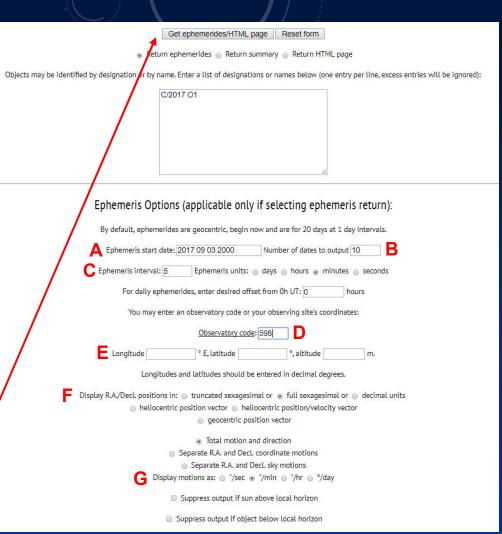
# Questo form ci permette di inserire vari campi

- A. Data e ora (TU) inizio effemeridi (anno mese giorno hhmm; 2017 09 04 2000)
- B. Numero di dati in output\*
- C. Intervallo tra le effemeridi (giorni, ore, minuti o secondi)
- D. Codice osservatorio MPC (per noi si può benissimo utilizzare il 598 di Loiano)
- E. In alternativa la posizione geografica del sito
- F. La tipologia delle coordinate RA e DEC (selezionare full sexagesimal)
- G. Tipo di velocità e movimento (selezionare arcsec/min)
- H. La sospensione delle effemeridi se l'oggetto di trova sotto l'orizzonte, o se visibili durante il giorno (si può anche non selezionare)

Ephemeris Options (applicable only if selecting ephemeris return):										
By default, ephemerides are geocentric, begin now and are for 20 days at 1 day intervals.										
Ephemeris start date: Number of dates to output										
C Ephemeris interval: Ephemeris units: G days C hours C minutes C seconds										
For daily ephemerides, enter desired offset from 0h UT: 0 hours										
You may enter an observatory code or your observing site's coordinates:										
Observatory code:										
E Longitude °E, latitude °, altitude m.										
Longitudes and latitudes should be entered in decimal degrees.										
Display R.A./Decl. positions in: C truncated sexagesimal or full sexagesimal or decimal units  heliocentric position vector heliocentric position/velocity vector  geocentric position vector										
<ul> <li>Total motion and direction</li> </ul>										
C Separate R.A. and Decl. coordinate motions										
C Separate R.A. and Decl. sky motions G Display motions as: C "/sec ⊙ "/min C "/hr C °/day										
Suppress output if sun above local horizon										
☐ Suppress output if object below local horizon ☐										
Generate perturbed ephemerides for unperturbed orbits										
Also display elements for epoch										

\* Esempio: se seleziono un numero di dati in output pari a 10 e un intervallo tra le effemeridi di 5 minuti, i dati che verranno generati saranno 10 righe di effemeride intervallate di 5 minuti





# Ecco i risultati

### C/2017 O1 (ASASSN)

Epoch 2017 Sept. 4.0 TT = JDT 2458000.5 T 2017 Oct. 14.7679 TT

q	1.498980	(2000.0)		P	Q	
z	+0.001643	Peri.	20.8937	+0.7217446	-0.6334051	T = 2458041.26790 JDT
+	-/-0.000143	Node	25.8182	+0.5085289	+0.2117290	q = 1.4989799
e	0.997537	Incl.	39.8506	+0.4695563	+0.7442908	Earth MOID = 0.53553 AU

MPC

Perturbed ephemeris below based on elements from MPEC 2017-Q48.

CK170010																
Date	UT	R.A. (J2000	) Decl.	Delta	r	El.	Ph.	m1	Sky Mot	ion	Obje	ect	Sun	Moon		
	h m s								"/min	P.A.	Azi.	Alt.	Alt.	Phase	Dist.	Alt.
2017 09 03	195900	03 46 07.0 -	10 49 16	1.023	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.5	239	-14	-23	0.94	105	+27
2017 09 03	200400	03 46 07.3 -	10 49 25	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.5	240	-13	-23	0.94	105	+27
2017 09 03	200900	03 46 07.7	10 49 33	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.5	241	-13	-24	0.94	105	+28
2017 09 03	201400	03 46 08.0	10 49 42	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.5	242	-12	-25	0.94	105	+28
2017 09 03	201900	03 46 08.3	10 49 50	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.5	243	-11	-25	0.94	105	+28
2017 09 03	3 202400	03 46 08.6	10 49 59	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.4	244	-10	-26	0.94	104	+29
2017 09 03	202900	03 46 08.9	10 50 07	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.4	245	-10	-27	0.94	104	+29
2017 09 03	203400	03 46 09.2 -	10 50 16	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.4	246	-09	-27	0.94	104	+29
2017 09 03	203900	03 46 09.6 -	10 50 25	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.4	247	-08	-28	0.94	104	+29
2017 09 03	204400	03 46 09.9	10 50 33	1.022	1.604	104.3	37.5	13.1	1.95	028.4	247	-07	-29	0.94	104	+29

Ma come leggerli?

# FORMATO DELLE EFFEMERIDI

Form	at for elements output:									
⊙	none	C MPC 1-line	C MPC 8-line							
0	SkyMap (SkyMap Software)	C Guide (Project Pluto)	C xephem (E. Downey)							
0	Home Planet (J. Walker)	C MyStars! (Relative Data Products)	C TheSky (Software Bisque)							
0	Starry Night (Sienna Software)	C Deep Space (D. S. Chandler)	C PC-TCS (D. Harvey)							
0	Earth Centered Universe (Nova Astronomics)	C Dance of the Planets (ARC)	C MegaStar V4.x (E.L.B. Software)							
0	SkyChart 2000.0 (Southern Stars Software)	C Voyager II (Carina Software)	C SkyTools (CapellaSoft)							
0	Autostar (Meade Instruments)									
If yo	u select 8-line MPC format, you may display the residual block t	for the objects selected:								
□:	Show residuals blocks. Show only residual lines containing obser	vations from code								
If you select 8-line MPC format the elements will be displayed with the ephemerides. If you select any format other than MPC format only the elements are returned. In such instances, your browser should download the elements file then save it to your local disk.										

- Questa funzione ci permette di scegliere quale tipo di formato vogliamo per le nostre effemeridi.
- Utile per poter creare un archivio di determinati oggetti da inserire nel nostro planetario
- Permette di mostrate i residui delle misurazioni per tutte le misure inviate o per un determinato osservatorio munito di codice MPC

# PARAMETRI ORBITALI

```
C/2015 V2 (Johnson)
Epoch 2017 Feb. 16.0 TT = JDT 2457800.5
T 2017 June 12.3428 TT
                                                       MPC
   1.636970
                         (2000.0)
  -0.001071
                  Peri. 164.8965
                                                       +0.4943677
                                                                                  2457916.84281 JDT
 +/-0.000001
                  Node
                          69.8516
                                       -0.8577658
                                                       -0.1274149
                                                                                      1.6369705
e 1.001752
                  Incl. 49.8750
                                       -0.1547304
                                                       -0.8598640
1/a(orig) = +0.000018 AU**-1, 1/a(fut) = -0.000569 AU**-1.
Perturbed ephemeris below based on elements from MPC 102953.
```

- Il risultato della interrogazione (in formato MPC-8) darà il seguente output
- Nome o designazione oggetto
- Elementi orbitali dell'oggetto riferiti ad una detirminata epoca
- Il numero delle osservazioni per tale oggetto
- I valore medio dei residui

### **ELEMENTI ORBITALI**

К1	6X18F	[H=24.0]											
Date	UT	R.A. (J2000) Decl.	Delta	r	El.	Ph.	V	Sky Mot	tion	Object	Object Sun Moon		Uncertainty info
	hms	32311 6%						"/min	P.A.	Azi. Alt.	Alt.	Phase Dist. Alt.	3-sig/" P.A.
2017 02	12 015900	04 00 42.8 -60 47 38	0.310	0.983	80.2	81.7	24.3	0.80	146.0	043 -53	-46	0.99 102 +49	84 042.3 / Map / Offsets
2017 02	12 020000	04 00 42.9 -60 47 39	0.310	0.983	80.2	81.7	24.3	0.80	146.0	043 -53	-46	0.99 102 +49	84 042.3 / Map / Offsets
2017 02	12 020100	04 00 42.9 -60 47 40	0.310	0.983	80.2	81.7	24.3	0.80	146.0	043 -53	-46	0.99 102 +49	84 042.3 / Map / Offsets
2017 02	12 020200	04 00 43.0 -60 47 40	0.310	0.983	80,2	81.7	24.3	0.80	145.9	043 -53	-46	0.99 102 +4 <mark>9</mark>	84 042.3 / Map / Offsets
2017 02	12 020300	04 00 43.1 -60 47 41	0.310	0.983	80.2	81.7	24.3	0.80	145.9	043 -53	-45	0.99 102 +4 <mark>9</mark>	84 042.3 / Map / Offsets
2017 02	12 020400	04 00 43.1 -60 47 42	0.310	0.983	80.2	81.7	24.3	0.80	145.9	043 -53	-45	0.99 102 +49	84 042.3 / Map / Offsets
2017 02	12 020500	04 00 43.2 -60 47 42	0.310	0.983	80.2	81.7	24.3	0.80	145.9	043 -54	-45	0.99 102 +4 <mark>9</mark>	84 042.3 / Map / Offsets

L'anno il mese il giorno e l'ora a cui si riferiscono le effemerid

La posizione dell'oggetto nelle coordinate RA e DEC

La distanza dalla Terra (Delta) e dal Sole (r) in UA

L'elongazione dal sole. (El.)

L'angolo di phase (Asteroide sole terra) (Ph.)

La magnitudine (V) - per le comete m1

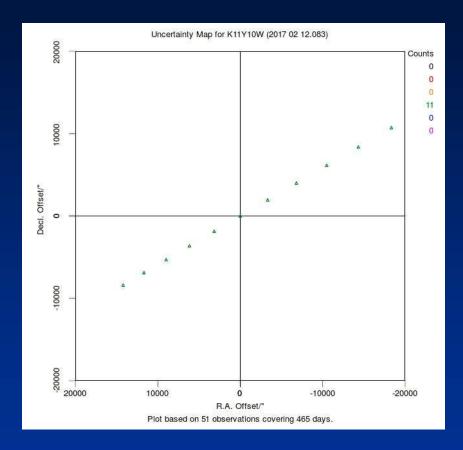
Il moto e la direzione

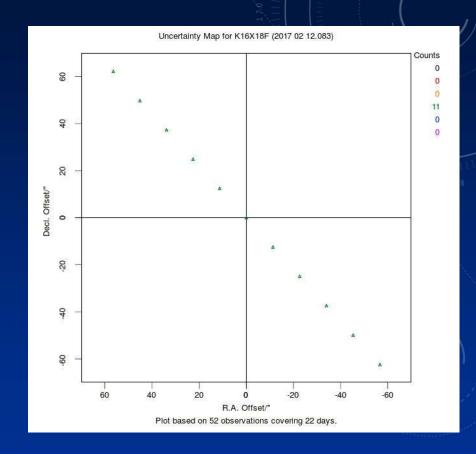
Le coordinate azimut dell'oggetto

L'altezza del sole

La posizione della luna e la sua fase







### **FOTOGRAFIAMO**

- Dalle effemeridi possiamo ricavare la posizione dell'oggetto, la magnitudine, la velocità, e l'osservabilità
- Adesso non ci resta che puntare la nostra strumentazione alle previste coordinate e riprendere la cometa per i nostri scopi.

# TEMPO DI POSA

- Dalle effemeridi si ricava il movimento dell'oggetto (Mo)
- Conoscendo la scala di ogni singolo pixel nell'immagine acquisita (Sc)
- Si calcola il tempo di posa massimo affinché l'oggetto risulti puntiforme (T)

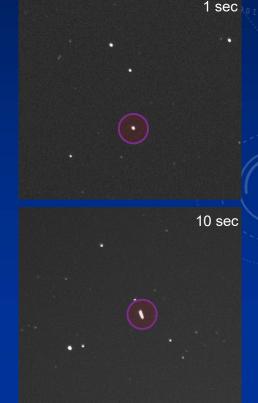
$$T = \frac{Sc}{Mo}$$

### Esempio:

La nostra scala **Sc** immagine è di: **1,89** "/px L'asteroide si muove di **7,21** "/min

$$T = \frac{1,89}{7,21} = 0,262 \,\text{min} \cdot 60 = 16 \,\text{sec}$$

Dovremmo esporre al massimo per 16 secondi



# STACK AND TRACK

- Questa particolare tecnica ci permette di effettuare precise misure astrometriche o di magnitudine (Afhro) di oggetti deboli e/o veloci.
- Somma le immagini sulla velocità e spostamento dell'oggetto.
- Questi valori si ricavano dalle effemeridi.

Sky Mot	ion
"/min	P.A.
0.17	207.9
0.46	244.0
0.46	252.3
0.14	270.5
0.25	062.3
0.52	071.2
0.69	076.2
Access (CC)	

# Permette di aumentare il rapporto segnale/rumore, aumentando così la precisione della misura

Cometa 15/P Finlay 18/01/2015

0015P Date		UT	R.	Α.	(3200	90) [	Dec	1.	Delta	r	El.	Ph.	m1	Sky Mot	tion
		h m s												"/min	P.A.
2015 0	18	173800	23	05	01.7	-04	18	17	1.395	1.031	47.6	44.8	12.9	3.10	062.2
2015 0	18	174300	23	05	02.6	-04	18	10	1.395	1.031	47.6	44.8	12.9	3.10	062.2







Stack and track di 30 frame da 40s

# GRAZIE