

# Le occultazioni asteroidali: un campo di ricerca per l'astrofilo

Pietro Baruffetti  
Gruppo Astrofili Massesi  
baruffa@astrofilimassesi.it

## **Sommario**

*Con questo intervento vogliamo presentare brevemente le tecniche di base, i possibili risultati, le organizzazioni e i programmi internazionali di riferimento per svolgere in maniera corretta e coordinata osservazioni di occultazioni asteroidali. Questo tipo di osservazione astronomica, accessibile agli astrofili, dà ancora oggi i migliori risultati su posizione, diametro, e peculiarità dell'asteroide osservato, e richiede realmente un'attenzione concentrata in un'ora (dalla ricerca della stella alla curva di luce finale).*

L'osservazione di occultazioni asteroidali è un tipico settore in cui il lavoro degli astrofili può dare ancora oggi un contributo alla ricerca scientifica. La grande distribuzione (e capacità di movimentazione) delle postazioni osservative amatoriali, il relativo basso costo della strumentazione specifica (che al limite, come vedremo più avanti, può limitarsi all'occhio umano più un buon cronometro), possono risultare vincenti. Osservare occultazioni asteroidali consiste, come dice il termine stesso, nel seguire la luminosità di una stella e di un asteroide nei momenti in cui l'asteroide stesso le passa (ovviamente solo prospetticamente) davanti. Ora nei minuti precedenti o seguenti l'occultazione, i due oggetti risultano comunque irrisolvibili con qualunque strumentazione dal suolo, per cui quello che osserviamo in occasione dei fenomeni è la somma della luminosità dei due oggetti. Al momento dell'occultazione (che può durare dalle frazioni di secondo fino a ben oltre un minuto per gli oggetti più grandi e/o più lenti) rimane visibile il solo asteroide che sta nascondendo la stella, con un conseguente calo di luminosità della luce complessiva degli oggetti, che può risultare, in pratica, nulla quando l'asteroide ci appaia decisamente più luminoso della stella che viene occultata, fino a raggiungere valori di oltre una decina di magnitudini di calo (spessissimo istantaneo) della luminosità osservata, quando la situazione della luminosità dei due corpi celesti sia all'opposto. Ad esempio il 20 marzo 2014 la stella *Regulus* – alpha leonis – di magnitudine 1,4, venne occultata dall'asteroide (163) Erigone di magnitudine 12,4. L'evento, che doveva interessare, nelle previsioni, anche la città di New York, in quel caso non venne poi registrato da nessun osservatore solo a causa della spessa copertura meteo di buona parte della zona interessata dalla traccia di occultazione prevista per il fenomeno.

I dati cruciali che ci si prefigge di ricavare osservando un'occultazione asteroidale sono essenzialmente i tempi di inizio e fine occultazione (e conseguentemente la durata della stessa e il suo istante centrale). Questi devono essere i più accurati possibili. Tranne casi particolari, la precisione assoluta dovrà essere abbondantemente sotto il secondo. In questo settore assumono significato non trascurabile anche le osservazioni negative (ovvero mancata occultazione durante l'osservazione). Queste, infatti, possono segnalare la necessità di correzione dell'effemeride, fissare un limite massimo per le dimensioni di un asteroide rispetto a osservazioni positive vicine ecc. Quel che si ottiene da un'osservazione positiva è sostanzialmente una corda, che, a partire dalla velocità relativa alla Terra dell'oggetto e la durata dell'occultazione registrata, fissa un diametro minimo dell'asteroide stesso, come visto in quel momento dalla nostra postazione. Ma quando le corde iniziano ad essere 2 e molte di più, disponendo le singole osservazioni alla giusta distanza le une rispetto alle altre lungo il percorso previsto della traccia di occultazione sul nostro pianeta, e rispetto ai tempi previsti di occultazione per le singole postazioni osservative, quel che si viene a disegnare è una vera e propria sagoma dell'asteroide in quell'istante (vedi fig. 1, in cui sono riportati in rosso l'inizio dell'occultazione, in verde la fine della stessa, e con le x le

osservazioni negative degli oltre 110 osservatori – oltre la metà dei quali osservava visualmente - che hanno seguito il fenomeno. Come si vede i tempi disegnano la sagoma dell'asteroide (420) Bertholda).

Ma cosa possiamo ottenere ordinariamente da un'osservazione di occultazione asteroidale?

- Migliorare la conoscenza della posizione e conseguentemente delle effemeridi per l'asteroide. Non è raro che l'occultazione risulti, infatti, spostata di decine (talvolta centinaia) di km rispetto alla posizione calcolata. Nessun altro tipo di misura astrometrica può raggiungere precisioni così elevate.
- Migliorare la dimensione nota dell'asteroide (in letteratura la dimensione – quasi sempre stimata e media - è data nella maggior parte dei casi assumendo valori di albedo tipici delle diverse classi di asteroidi, ma questo non è necessariamente sempre corretto).
- Disegnare la sagoma dell'asteroide. Ad esempio confermando o smentendo sagome ritrovate per vie indirette (quali quelle del catalogo DAMIT che riporta, ad oggi, una o più possibili forme per quasi 1000 asteroidi, partendo dalle loro curve di luce, dai loro periodi di rotazione ecc,

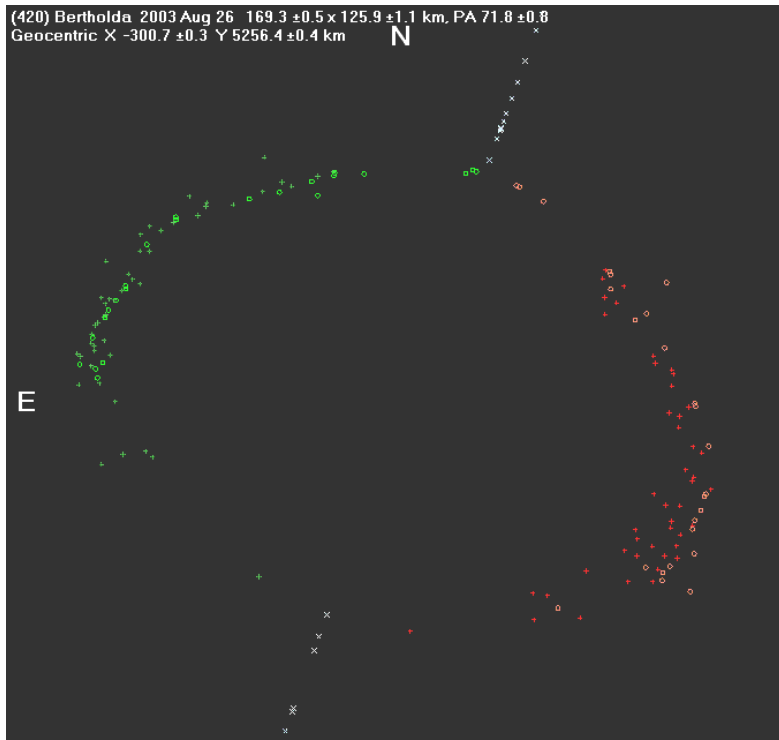
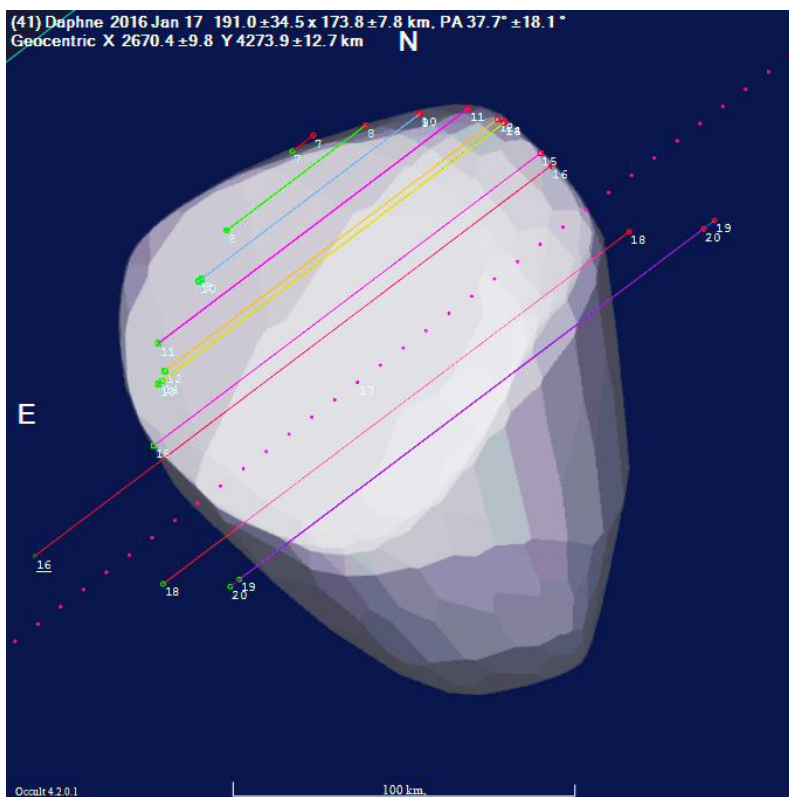


Fig. 1 - I dati osservativi di un'occultazione prodotta dall'asteroide (420) Bertholda della stella TYC 5757-00353-1, nella serata del 26 agosto 2003. (Cortesia Euraster).

Fig.2 – Le corde positive osservate da 11 osservatori in occasione di un'occultazione prodotta dall'asteroide (41) Daphne il 17 gennaio 2016. Le stesse sono, sovrapposte alla sagoma dell'asteroide prevista, in quell'istante, dal catalogo DAMIT.

Sebbene non esista una completa copertura del diametro asteroidale nel lato sud, è evidente come la sagoma non corrisponda alle corde effettivamente osservate. (cortesia Euraster).



e permettendo di calcolare la sagoma attesa per il momento dell'occultazione) (vedi fig.2).

Con una certa frequenza le osservazioni di occultazioni possono portare a risultati ancora più significativi e, occasionalmente, sorprendenti. Vediamone alcuni qui di seguito:

- La scoperta o la misurazione di asteroidi binari o con più satelliti. Ricordiamo che ad oggi sono noti poco più di un centinaio di asteroidi doppi o con più satelliti, mentre si stima che fra tutti i tipi di asteroidi (Cintura Principale, TNO, NEA) ci dovrebbero essere dal 2 al 3% di asteroidi realmente binari o con uno o più satelliti. Questi possono emergere durante l'osservazione, producendo occultazioni secondarie rispetto al corpo principale. In fin dei conti la prima osservazione di un satellite di asteroide si ebbe proprio durante un'occultazione prodotta dall'asteroide (216) Kleopatra, il 10 ottobre 1980, quando due astrofili americani osservarono un evento secondario della durata di circa 1s, che corrispondeva ad una distanza di 475 km dal corpo centrale. Il fatto era però talmente inatteso all'epoca che la comunità scientifica non diede credito a tale osservazione (rivelatasi poi, a posteriori, corretta) e l'osservazione venne ignorata, per cui ufficialmente il primo satellite di asteroide scoperto è Dactilo, la luna di (243) Ida, fotografato dalla sonda Galileo nel 1993 (13 anni dopo). L'ultimo asteroide doppio scoperto in occultazione risulta essere probabilmente (2494) Inge, che ha mostrato due eventi a distanza di poco più di 2,5s lo scorso 7 novembre. Un bell'esempio di asteroide binario (già noto in precedenza, ma ben caratterizzato in occasione di un'occultazione) è mostrato in fig. 3.

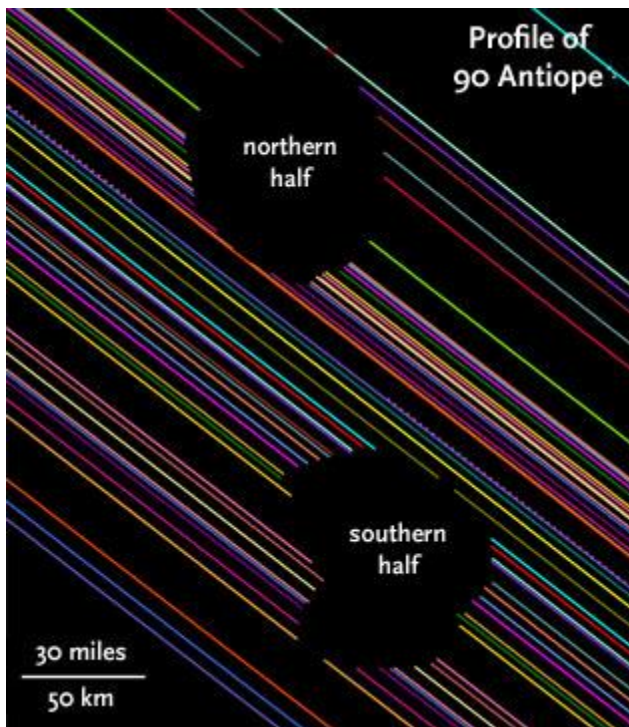
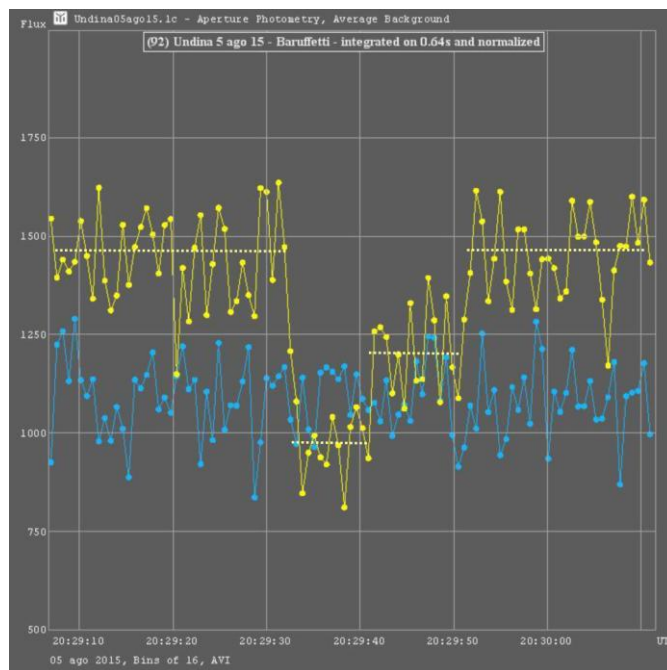


Fig.3 – La buona copertura osservativa dell'occultazione di (90) Antiope del 19 luglio 2011 disegna le sagome dei due corpi che compongono l'asteroide stesso. (da Sky & Telescope)

- La scoperta di stelle doppie particolarmente strette che erano sfuggite ad ogni altro tipo di ricerca o osservazione. Come noto una buona percentuale di stelle risulta apparire in cielo come una stella doppia (prospettica) o una vera e propria stella binaria o multipla. Sono quindi relativamente frequenti i casi di occultazioni che mostrino una curva di luce che rivela la presenza di stelle doppie. Molto spesso si tratta di doppie già note, però un 3-6 volte per anno capita di incappare su di una doppia/binaria fino ad allora sconosciuta. La contemporanea osservazione da parte di due o più postazioni (che individuano in pratica diverse “sezioni” del sistema), permette di ricavare la “geometria” del sistema stellare stesso (distanza angolare delle stelle, angolo di posizione, luminosità delle due componenti ecc.). Data la relativa “lentezza” del moto apparente dell'asteroide non è raro ritrovare oggetti separati anche di pochi millesimi di secondo d'arco. Vedi fig.4.

Fig.4 – La scoperta di una binaria stretta durante un'occultazione prodotta dall'asteroide (92) Undina il 5 agosto 2016. Per apprezzare il risultato si tenga conto che il calo principale corrisponde a 0,3 mag (nel rosso) mentre il secondario è di 0,17 m. Le due componenti della stella, 4UC344-090563, sono risultate separate di 0,041 secondi d'arco.(dalla rubrica sulle occultazioni asteroidali presente su *Astronomia UAI* dal numero 2/2014)



Analogamente possono essere messe in rilievo stelle con atmosfera estesa o asimmetrica.

Ci sono poi occultazioni più uniche che rare, quali quelle che hanno permesso di misurare l'estensione dell'atmosfera di Plutone ritrovando recentemente che la stessa si sta lentamente rarefacendo e abbassando sulla superficie, ora che Plutone ha passato il suo perielio e la sua stagione "calda". Oppure l'*unicum* (per ora) di aver ritrovato un sistema di anelli attorno all'asteroide (10199) Chariklo.

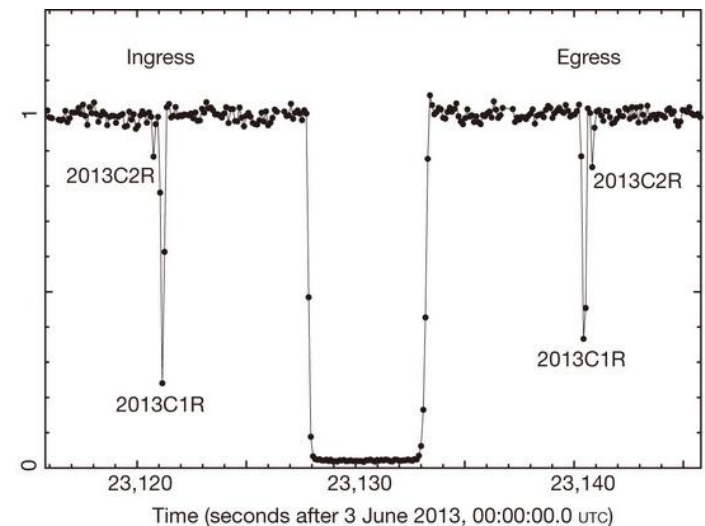
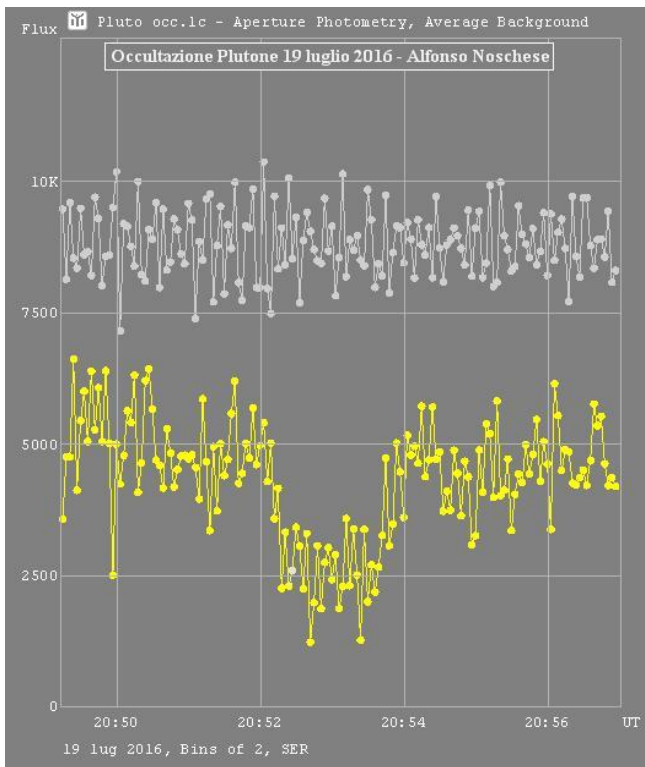


Fig.5 e 6 – (a sinistra) un'osservazione amatoriale di una recente occultazione prodotta da Plutone lo scorso 16 luglio. Come si può vedere il calo e la risalita di magnitudine non sono istantanei, come accade generalmente in occasione delle occultazioni asteroidali, ma prendono alcune decine di secondi data la presenza di un'estesa atmosfera attorno a Plutone. (a destra) una delle osservazioni che ha permesso di misurare posizione, forma e distanza dei due sottilissimi anelli di detriti presenti attorno all'asteroide Chariklo.

Per quanto riguarda poi l'osservazione di occultazioni, come abbiamo accennato, il parametro più importante è la precisione assoluta dei tempi. Per cui qualunque sia la tecnica che, convintamente o giocoforza, utilizzeremo, dobbiamo sempre avere riferimenti temporali di primissima qualità.

**Visualmente** si potrà utilizzare un riferimento temporale di sottofondo (quali alcune emittenti radio di segnali continui, però non ricevibili da tutta l'Italia) sopra cui si detteranno con dei "top" poi precisati sempre vocalmente in una registrazione audio, i momenti di inizio/fine occultazione. Un sistema che alcuni del nostro gruppo usano con buona precisione è pure l'uso di un cronometro di ottima precisione (analogico o digitale), con possibilità di tempi parziali, sincronizzato qualche minuto prima con una fonte scientifica di ottima qualità (esempio orologi radio sincronizzati su DCF77).

**Fotograficamente** utilizzando specifici programmi che diano il tempo esatto di inizio e termine dell'esposizione (nel caso si utilizzi la tecnica del *driftscan*) o delle singole riprese nel caso si operi mediante una raffica di immagini da posare per il tempo adeguato. Nel caso del (cosiddetto) *driftscan*, si pone la stella interessata in prossimità di un margine dell'immagine, poi viene disattivato l'inseguimento per un tempo adeguato (ordinariamente sui 40-60 s, ma qualche volta, per cause diverse si può superare o non poter arrivare a tale valore) e la stella, causa la rotazione terrestre produrrà una strisciata di luce, sulla quale si andranno a ricercare i tempi di inizio/fine occultazione. Il sistema presenta vantaggi e svantaggi: fornisce una buona visualizzazione dell'evento, ma per le prime volte occorre fare prove per riuscire ad correggere i tempi morti fra il nostro comando (manuale o computerizzato) di avvio registrazione dell'immagine e il suo

effettivo inizio. Lo svantaggio più grande di questa tecnica può aversi nel caso di occultazioni note con incertezze, sui tempi, di parecchie decine di secondi. Può capitare (ed è anche nostra esperienza) che l'evento non compaia nell'immagine, o vi compaia solo una parte ma non la durata totale dell'occultazione. Per giunta col *driftscan* si possono seguire stelle fino ad una certa magnitudine (a titolo indicativo la 10,5/11 con un telescopio di 20cm di apertura) dato che la luce stellare è distribuita su più pixel continuamente cangianti.



Fig. 7 - Un'osservazione di occultazione mediante la tecnica del *driftscan*. Si noti come durante l'evento permanga visibile la sola luce dell'asteroide. Cortesia Stefano Sposetti.

Alcuni usano al posto della camera CCD specifica per l'astronomia, una normale macchina digitale applicandola al fuoco del telescopio. Alcune di queste possono raggiungere sensibilità elevatissime, e/o avere il massimo controllo sulla precisione dei timing nella raffica di immagini. La raffica di immagini è, in pratica, il solo espediente quando si debba posare ogni singola immagine per alcuni secondi per poter vedere oggetti debolissimi, o si intenda osservare occultazioni con incertezza iniziale superi al minuto.

**Con apposite videocamere.** Esistono sul mercato (a partire, inizialmente, da videocamere concepite per la sorveglianza notturna) telecamere analogiche molto sensibili (fino a valori di 0,000005 Lux), sia monocromatiche (consigliate perché in tale modalità la telecamera è, normalmente, parecchio più sensibile) che a colori. E' la tecnica oggi più diffusa in ambito amatoriale. Applicate al posto dell'oculare di un telescopio e accoppiate ad un *time-inserter*, ovvero un'apparecchiatura che sia in grado di stampare su ogni singolo frame del "filmato video" il tempo esatto dello stesso frame, generalmente ricavato grazie al sistema GPS, sono in grado di fornire precisioni sui *timing* che possono raggiungere anche gli 0,02 secondi. Il passo successivo (e molto prossimo) in questa tecnica sarà di avere videocamere digitali che riducano un poco il *noise* della ripresa analogica. Attualmente un kit videocamera analogica+ *time inserter* è accessibile a prezzi sui 1000,00 €. Dei semplici programmi (*free*) permettono automaticamente di trasformare il filmato in una curva di luce quali quelle delle precedenti figure 4 e 5.

In questo settore la collaborazione internazionale di più osservatori è una (simpatica) necessità, per cui è bene contattare un gruppo (generalmente amatoriale) che segua questi fenomeni fornendo previsioni, cartine, mappe di dove passi la zona di occultazione ecc. La collaborazione fra le diverse associazioni è in questo settore davvero notevole. Qui segnaliamo il programma/rete **Occultwatcher** che coordina le osservazioni mondiali. Aderendo liberamente e gratuitamente a tale rete si avranno le previsioni, continuamente aggiornate, delle occultazioni che possono interessare la nostra zona, si potrà vedere quanti altri osservatori hanno preannunciato un'osservazione per lo stesso evento, e si potrà leggere i loro risultati

Asteroid Name	Event Date, loc.time	P...	R..	Magn.	Ma...	Chor...	Last Updated	M...	Max...	Sta...	Submi...	Feed	Sun A...
(2474) Ruby	gio 05 gen, 23:07	18,5%	36	12,1	3,7	23	17 dic, 20:09 *	17°	1,6	57° SE	3	IBEROC	-63° NW
(146) Lucina **?	ven 06 gen, 20:32	0,0%	100	11,5	-	-362	22 dic, 00:06 *	50°	10,0	51° E	7	IOTA	-38° W
(230133) 2001 OD78	ven 06 gen, 21:59	1,7%	3	7,4	12,2	30	17 dic, 20:09 *	39°	0,6	56° S	3	IBEROC	-53° W
(420) Bertholda	sab 14 gen, 19:43	95,9%	100	11,3	-	-32	28 dic, 00:40 *	0°	4,3	23° SW	6	IOTA	-28° W
(136108) Haumea **	sab 21 gen, 04:11	27,8%	55	16,6	1,4	1185	20 gen, 08:16 new	21°	112,7	50° SE	6	RIO-TNO	-38° E
(51) Nemausa	dom 29 gen, 20:32	61,2%	98	12,1	0,3	54	14 gen, 17:45 *	-13°	5,8	32° SW	3	IBEROC	-34° W

**[420] Bertholda occults TYC 0576-01087-1**  
 Event time: 19:43:20  
 Position: In the shadow, 35 km from the central line  
 Error in time: 1 sec  
 Max duration: 4,3 sec  
 Combined magnitude: 11,3 m  
 Star magnitude: 11,3 m  
 Magnitude drop: 3,5 m  
 Constellation: Pisces  
 Star altitude: 23° SW  
 Sun altitude: -28°  
 Moon altitude: 0° E  
 Moon distance: 156°

Fig. 8 - La pagina iniziale di Occultwatcher con i risultati e le previsioni di una occultazione (evidenziata in blu).

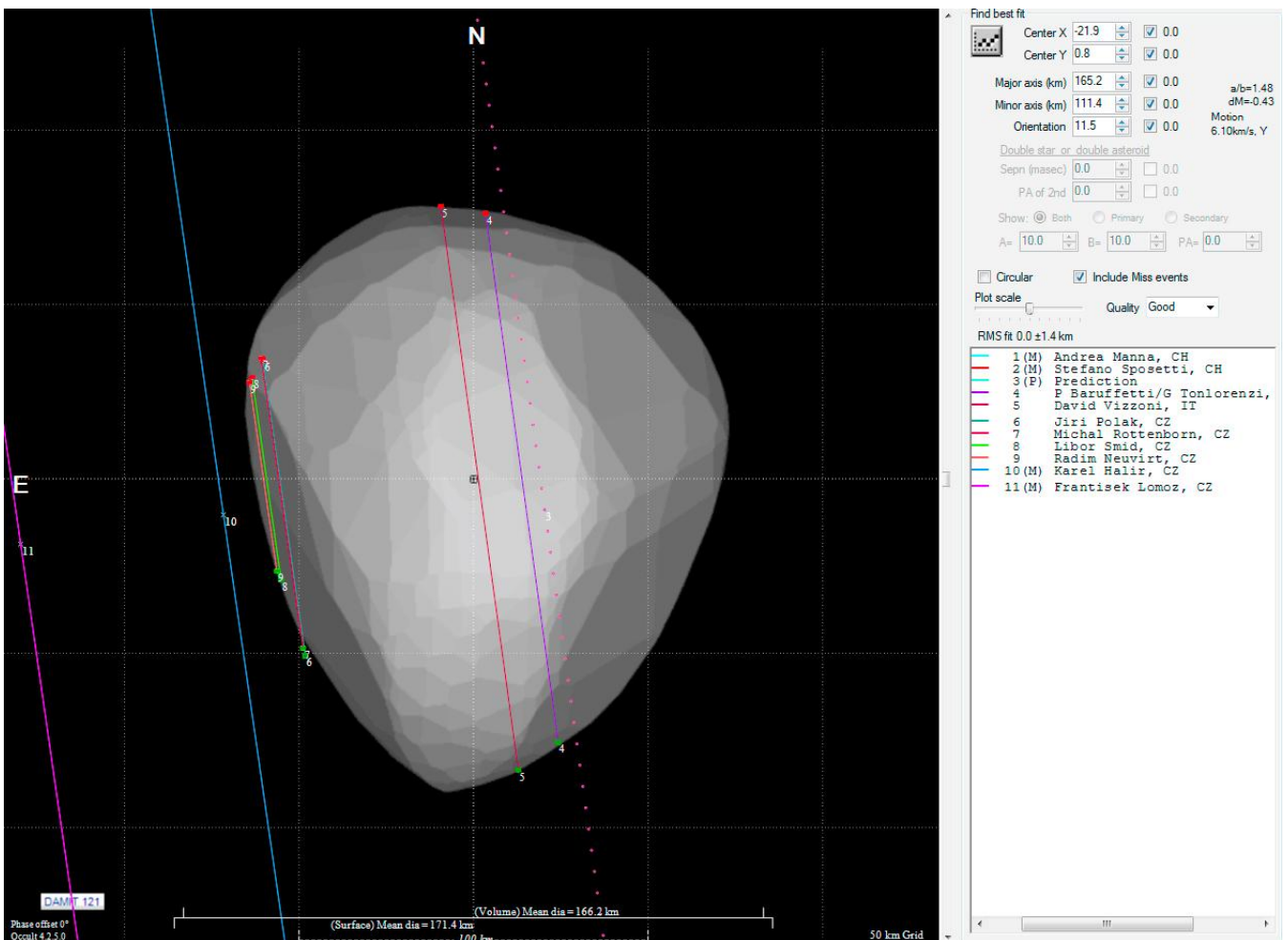
preliminari (ed interagire, volendo, con loro). Una mailing list è **Planoccult** in cui girano segnalazioni, risultati, commenti, campagne ecc. a livello europeo. Per i risultati osservativi e una serie sterminata di link utili (dalle tecniche osservative, alla correzione degli errori strumentali, da tutte le osservazioni effettuate a livello europeo dal 1997 ad oggi e aggiornata ogni 5-10 giorni) c'è **Euraster** di cui riportiamo un esempio dei risultati osservativi pervenuti e della sagoma ricavata per l'asteroide Kalliope in occasione di un'occultazione dell'8 novembre 2016 (figg. 9 e 10)

```

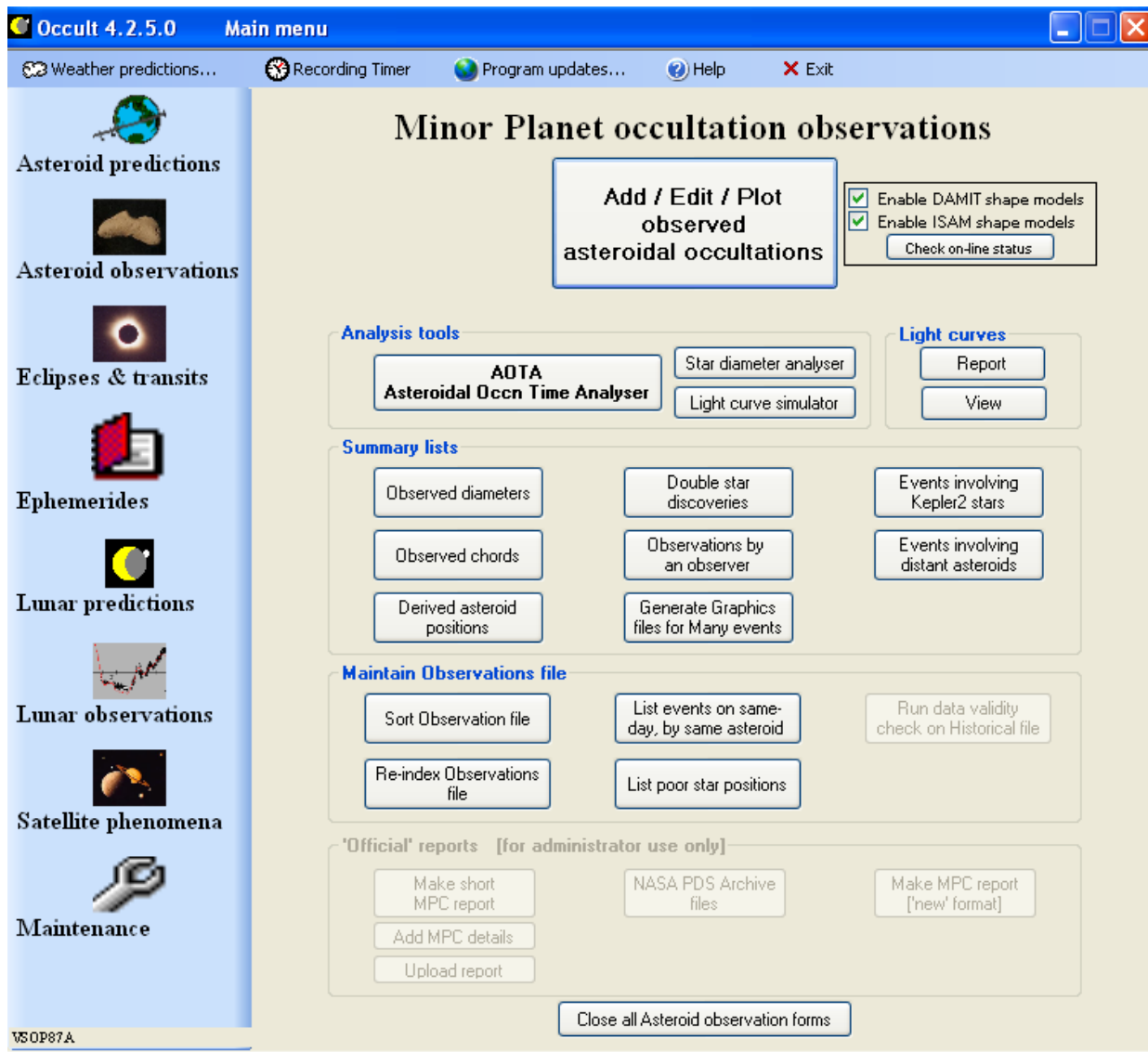
2016/11/08 | 22 | Kalliope | TYC 1906-01539-1
chords + DAMIT model
asteroid measurement: at least 163 km

P+ | prediction | 03:39:39 | 03:39:39 | | | | E 10 03 29 | N 44 00 00 | 0 | WS | ;
0- | andrea Manna | 03:34:49 | 03:46:35 | M200 | VID | CH | E 08 55 13.8 | N 46 10 35.5 | 240 | WS | ;
0- | Stefano Sposetti | 03:33:12 | 03:47:04 | M280 | VID | CH | E 09 01 26.5 | N 46 13 53.2 | 260 | WS | ;
0+ | P. Baruffetti et al | 03:38:25 | 03:41:29 | M200 | VID | IT | E 10 07 56.7 | N 44 01 17.2 | 30 | WS |
24.84 | 03:39:25.53 | 0.05 | 03:39:50.37 | 0.05 | GPS++ | | | |
Observation with G. Tonlorenzi. | ;
0+ | David Vizzoni | 03:36:09 | 03:43:08 | M200 | CCD | IT | E 10 15 59.1 | N 43 56 46.9 | 256 | WS |
26.48 | 03:39:24.02 | 0.06 | 03:39:50.50 | 0.06 | NTP | | | | ;
0+ | Jiri Polak | 03:36:14 | 03:46:31 | M200 | VID | CZ | E 13 19 15.6 | N 49 41 41.1 | 339 | WS |
13.91 | 03:41:13.42 | 0.08 | 03:41:27.33 | 0.08 | GPS++ | | | | ;
0+ | Michal Rottenborn | 03:39:22 | 03:43:22 | M203 | VID | CZ | E 13 19 55.8 | N 49 42 26.4 | 326 | WS |
13.64 | 03:41:13.55 | 0.02 | 03:41:27.19 | 0.02 | GPS++ | | | | ;
0+ | Libor Smid | 03:38:00 | 03:45:10 | M355 | CCD | CZ | E 13 23 34.2 | N 49 43 48.2 | 334 | WS |
9.53 | 03:41:14.90 | 0.03 | 03:41:24.43 | 0.06 | RAD++ | | | |
Slow R (0.13s). | ;
0- | Karel Halir | 03:37:51 | 03:44:30 | M507 | VID | CZ | E 13 36 09.3 | N 49 45 06.3 | 402 | WS | ;
0+ | Radim Neuvirt | 03:39:02 | 03:43:31 | M432 | VID | CZ | E 13 50 48.3 | N 50 38 18.0 | 275 | WS |
8.87 | 03:41:30.97 | 0.03 | 03:41:39.84 | 0.02 | GPS++ | | | | ;
0- | Frantisek Lomoz | 03:38:52 | 03:43:32 | M200 | VIS | CZ | E 14 24 45.9 | N 49 39 22.0 | 481 | WS | ;
  
```

Figg. 9 (qui sopra) e 10 (sotto). Vedi testo



Un programma/sito internazionale che riporta poi tutte le osservazioni mondiali di occultazioni (comprese quelle lunari) nonché programmi per il calcolo della sagoma a partire dai risultati osservativi (e tantissimo altro ancora) è **Occult 4**, di cui diamo la pagina iniziale del settore occultazioni asteroidali.



Tutti i programmi/servizi citati sono in inglese e assolutamente gratuiti. Ringraziando per l'attenzione, restiamo a vostra disposizione per suggerimenti e consigli a chi vorrà intraprendere questa affascinante attività osservativa, ricordando il nostro indirizzo mail: [gam@astrofilimassesi.it](mailto:gam@astrofilimassesi.it)

