

n. 12, aprile 2012

Webzine gratuita

www.eanweb.com

info@eanweb.com



ASTRONOMIA & INFORMAZIONE



INDICE

- Editoriale
- L. STRABLA, U. QUADRI, R. GIRELLI, *L'automazione e remotizzazione dell'Osservatorio astronomico di Bassano Bresciano* pag. 4
- Rodolfo CALANCA, *Il volto di Selene* pag. 12
- Lorenzo FRANCO, *fotometria delle stelle variabili* pag. 25
- Matteo MATURI, *Dolomites Astronomical Observatory* pag. 33
- Redazione EAN, *Campagna osservativa dei transiti di HAT-P-36b* pag. 37
- Autori Vari, *Fotometria di asteroidi nel mese di marzo 2012* pag. 43
- Lorenzo FRANCO, *L'asteroide NEA 2005 YU55* pag. 46
- A. ADIGRAT, G. MICELLO, *Misuriamo le stelle doppie* pag. 49
- Aldo VITAGLIANO, *Una pericolosa correzione di rotta* pag. 50

REDAZIONE

Direttore editoriale: Rodolfo Calanca, rodolfo.calanca@gmail.com

Co-direttore: Angelo Angeletti, angelo.angeletti@virgilio.it

Redattore responsabile: Manlio Bellesi, manlio.bellesi@libero.it

Redattore: Lorenzo Brandi, lbrandi.fi@gmail.com

Responsabile dei servizi web: Nicolò Conte tecnonico@gmail.com

SPONSOR



www.atcr.altervista.org/ita



PROGETTI EAN



EDITORIALE A CURA DELLA REDAZIONE EAN

E siamo giunti, felicemente, al dodicesimo numero della rivista! Già un anno. ... **ASTRONOMIA NOVA** era nata per scommessa: **è possibile proporre sul web una rivista online di cultura astronomica che offra articoli interessanti, di taglio essenzialmente divulgativo, coinvolgendo sia amatori che professionisti?**

A noi pare che alla domanda si stia dando una risposta positiva. E sono i numeri che parlano chiaro e in modo inequivocabile: in questi 12 numeri sono stati pubblicati 63 articoli (escludendo le recensioni), dei quali oltre una quindicina sono stati scritti da professionisti (docenti universitari, astronomi e ricercatori INAF). Ma anche i nostri lettori sono in continuo aumento: grazie a tutti voi!

Crediamo che questi risultati, del tutto soddisfacenti, possano essere migliorati. E, per farlo, abbiamo lanciato progetti osservativi destinati a rendere sempre più proficui i rapporti di collaborazione tra amatori e professionisti. Uno dei nostri nuovi cavalli di battaglia è il progetto **“Il cielo sopra di noi: osserviamolo!”** che ha lo scopo di proporre dei piccoli programmi di ricerca, di medio livello, rivolti a tutti coloro che dispongono di telescopi anche di grosse dimensioni, strumenti che spesso sono sottoutilizzati. I primi positivi riscontri li troviamo già in questo numero della rivista, grazie all’ottimo lavoro di **Lorenzo Franco**, che ha suggerito l’osservazione fotometrica di due asteroidi. I primi contributi osservativi sono sintetizzati alle pagine 43-45. Senza dimenticare le proposte osservative di **Micello** e **Adigrat**, riguardanti le misure di stelle doppie.

Consigliamo la lettura degli articoli sugli Osservatori astronomici di Bassano Bresciano e di quel piccolo gioiello, incastonato nelle Dolomiti, che è il Dolomites Astronomical Observatory. Anche l’articolo del nostro direttore merita un po’ di attenzione, ha infatti ricevuto il premio speciale “Croce del Sud 2010”.

Ma, per festeggiare pirotecnicamente il primo anno di vita della rivista vi offriamo un autentico *scoop*, qualcosa che farà discutere a lungo non solo gli astronomi e gli astrofili, ma anche l’uomo della strada. Ce lo propone il professore **Aldo Vitagliano**, famosissimo autore di uno dei migliori software di calcolo astronomico, SOLEX ed EXORB, al quale avevamo chiesto di formulare previsioni sul moto futuro di un asteroide che è stato oggetto di studio da parte della comunità astronomica internazionale, 2011 AG5, http://en.wikipedia.org/wiki/2011_AG5, un potenziale, anche se improbabile nel medio termine, candidato a collidere con il nostro pianeta. Il professor Vitagliano, con l’ormai proverbiale perizia, ha studiato il problema, utilizzando anche osservazioni che non erano ancora note fino a pochi giorni fa, ed ha formulato alcune interessanti possibilità sul moto dell’asteroide. Egli conferma quanto affermato dal JPL, secondo il quale la probabilità di un impatto con la Terra è di 1/540 per la data del 5 febbraio 2040. Oggi, sostiene lo studioso, *“non possiamo dire se l’asteroide ci colpirà, possiamo invece dire dove ci potrebbe colpire”*. E qui la precisione di calcolo del software sviluppato dal professore Vitagliano mostra tutta la sua straordinaria potenza... ma non vogliamo rovinarvi la sorpresa... leggete l’articolo, rimarrete stupiti!

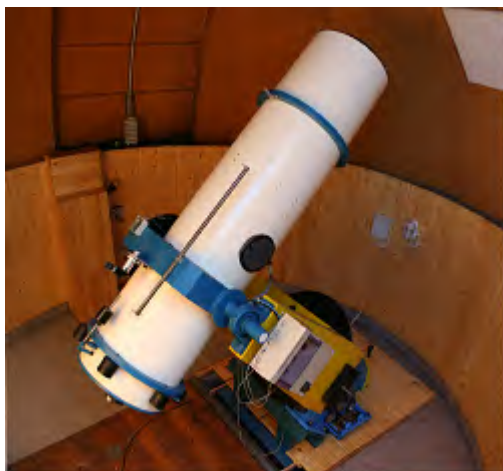
LA REDAZIONE DI ASTRONOMIA NOVA



Da sinistra: Rodolfo Calanca, Angelo Angeletti, Manlio Bellesi, Lorenzo Brandi, Nicolò Conte

L'automazione e la remotizzazione dell'Osservatorio Astronomico di Bassano Bresciano

Luca Strabla, Ulisse Quadri, Roberto Girelli



L' Osservatorio Astronomico Bassano Bresciano ha visto la prima luce agli inizi degli anni Novanta del secolo scorso, dopo un decennio di accurato lavoro di autocostruzione del telescopio e della specola che lo ospita.

Lo strumento principale è uno Schmidt classico con lo specchio di 400 mm di diametro e la lastra correttiva di 320 mm per un rapporto focale 1/3.

Fin dall'inizio il campo di indagine primario è stato lo studio e la ricerca dei corpi minori del sistema solare: questo ha portato alla scoperta di 4 nuovi pianetini nei 3 anni successivi all'entrata in funzione.

Più tardi, l'avvento delle grandi survey, ha ridotto drasticamente le scoperte di nuovi asteroidi da parte degli astrofili, penalizzando l'attività degli Osservatori come il nostro che si sono trovati a dover rivedere o riadattare il loro campo di indagine.

Contemporaneamente, la rivoluzione tecnologica dovuta all'avvento delle camere CCD, ha portato alla necessità di rinnovare le metodologie di acquisizione delle immagini e di trattamento dei dati:

Si pensi che al nostro telescopio si ottenevano lastre fotografiche da 9 cm di diametro che abbracciavano un campo di cielo di 5° di lato, contro gli attuali 25' della camera CCD.

Questi mutamenti ci hanno indotto a considerare nuovi campi di indagine per i quali era però necessario riadattare anche la strumentazione.

Ci siamo resi conto che, qualsiasi ricerca astronomica si

volesse intraprendere, era necessario adattare gli strumenti di osservazione, mettere a punto le metodologie di riduzione dei dati, approfondire le conoscenze sull'argomento.

In pratica, l'astrofilo che oggi desideri affrontare seriamente un campo di ricerca, deve confrontarsi con ricercatori professionali ed amatoriali almeno a pari livello.

Questo porta a vedere pubblicati i risultati delle proprie ricerche su organi internazionali, siano esse le IAUC, le MPC, le GCN... od altri a seconda del campo di interesse.

All'Osservatorio di Bassano Bresciano, a partire dal 2000, abbiamo intrapreso il lavoro di automazione e remotizzazione dell'osservatorio per poter eseguire osservazioni in automatico durante tutta la notte ed anche di comandare la struttura senza doverci recare fisicamente in specola (inutile dire che anche qui si è trattato di un lavoro di autocostruzione).

Le modifiche hanno interessato sia la parte hardware che quella software. Si pensi, ad esempio, che la cupola è stata trasformata in un enorme encoder in grado di aprirsi, chiudersi ed orientare la finestra dove punta il telescopio, che l'osservatorio è in grado di chiudersi se il cielo diventa nuvoloso, che in caso venga rilevato un evento straordinario il server ci invia un SMS, che il telescopio si punta da solo nel caso riceva un "alert" di GRB (gamma ray burst) da parte dei satelliti GCN (Gamma-ray Coordinates Network) e così via...

Queste modifiche si sono concretizzate alla fine del 2009. Il 2010 è stato l'anno della messa a punto di tutti i sistemi e nel 2011 l'osservatorio è diventato completamente operativo con 20.000 immagini ottenute.

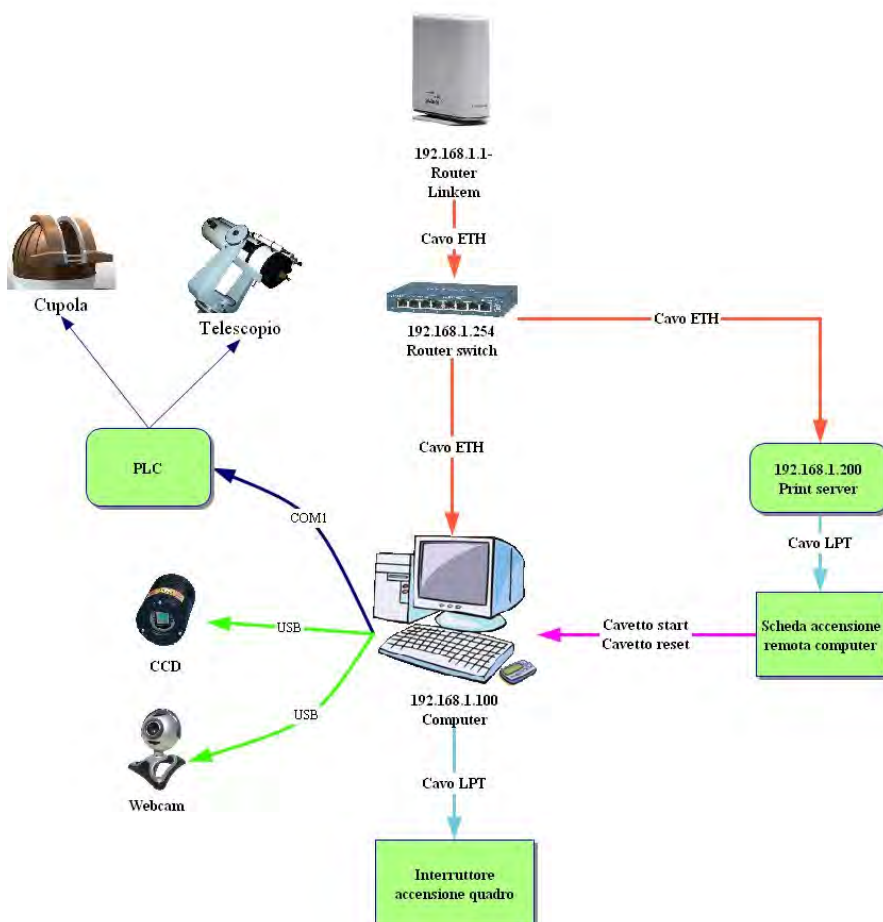
Sono attualmente 3 i filoni di ricerca principali a cui ci dedichiamo: le curve di luce dei pianetini, la ricerca di supernovae e il follow-up delle emissioni di raggi gamma rilevate dai satelliti del Gamma-ray Coordinates Network. *(salvo sempre possibili smentite, crediamo di essere gli unici astrofili al mondo che partecipano al progetto GCN con un telescopio robotico amatoriale in maniera continuativa)*. L'automazione dell'osservatorio è stata raggiunta attraverso una serie di passi.

Per prima cosa sono stati connessi al PC tutti i dispositivi necessari al normale funzionamento dell'osservatorio: gestione cupola, movimentazione telescopio, camera CCD. Inoltre sono stati connessi sistemi di sicurezza e monitoraggio in grado di rilevare imprevisti, errori software o umani. Questa parte è stata molto curata nella prospettiva di lasciar lavorare il telescopio in completa autonomia per tutta la notte. Il passo successivo è stato lo sviluppo di un programma che, sfruttando queste connessioni, permettesse di operare age-

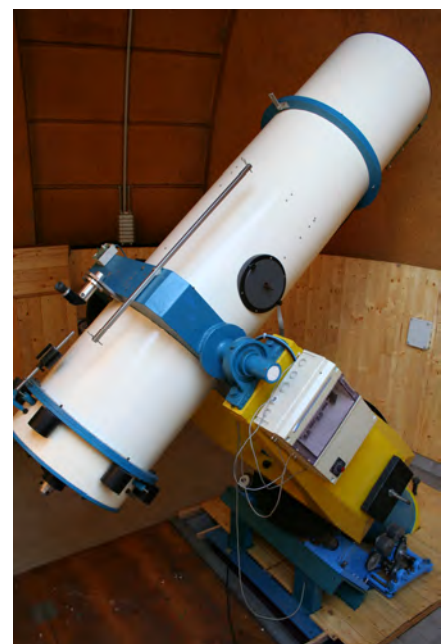
volmente. Lo sviluppo ha seguito una metodologia bottom-up: Da prima sono stati sviluppati e testati una serie di moduli in grado di eseguire funzioni singole, citando le più importanti: interfacciamento di cupola e telescopio con protocollo LX200, interfacciamento della camera CCD, creazione di carte del cielo da catalogo GSC, calcolo posizione di pianeti e pianetini, lettura e scrittura di file FITS.

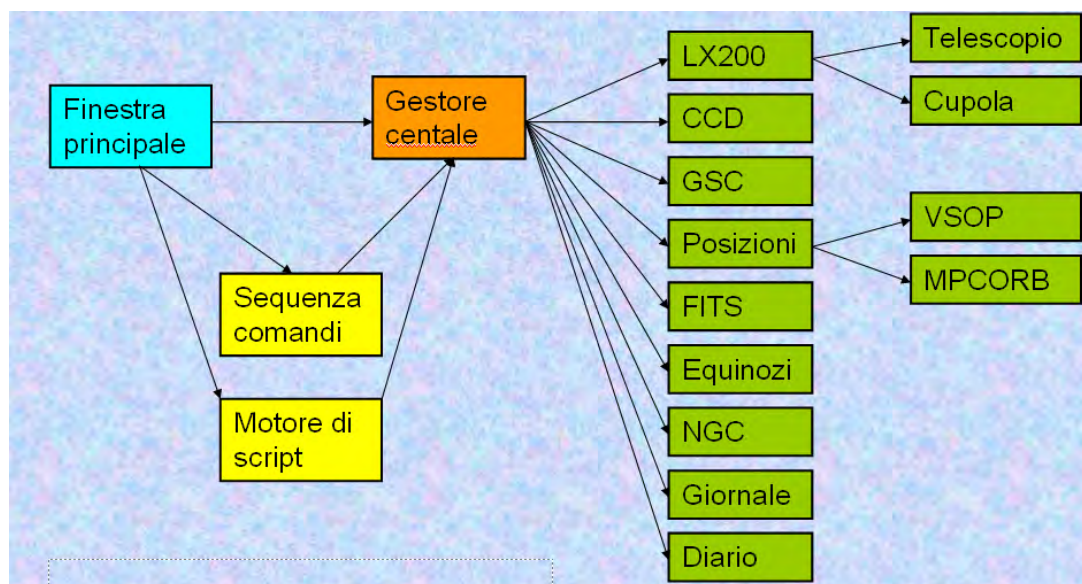
Successivamente è stato sviluppato un gestore centrale in grado di coordinare le operazioni tra moduli diversi, realizzando funzioni di più alto livello: creare la carta del cielo correntemente puntata dal telescopio, allineare graficamente la posizione del telescopio associando una stella sulla foto con la corrispondente sulla carta del cielo, eseguire comandi di posizionamento e ripresa delle fotografie, mantenere l'azimut della cupola allineato a quello del telescopio, chiudere la cupola in caso di cielo nuvoloso o in presenza di segnali di allarme.

La struttura tentacolare che parte dal gestore centrale e giunge a tutti gli elementi dell'osservatorio ci ha suggerito il nome del programma: *Polypus* (Polypus è scaricabile dal sito dell'osservatorio in forma sorgente con licenza GPL).



*Schema dell'automazione
dell'Osservatorio e della strumen-
tazione*

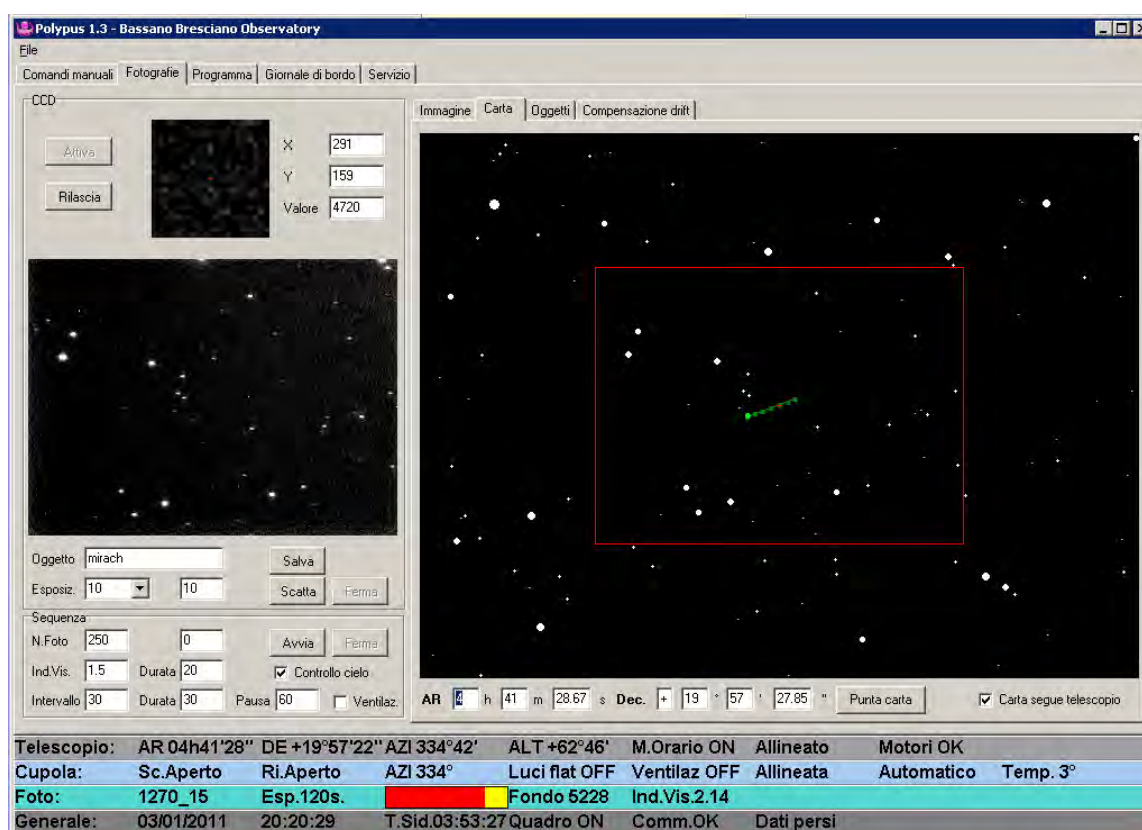


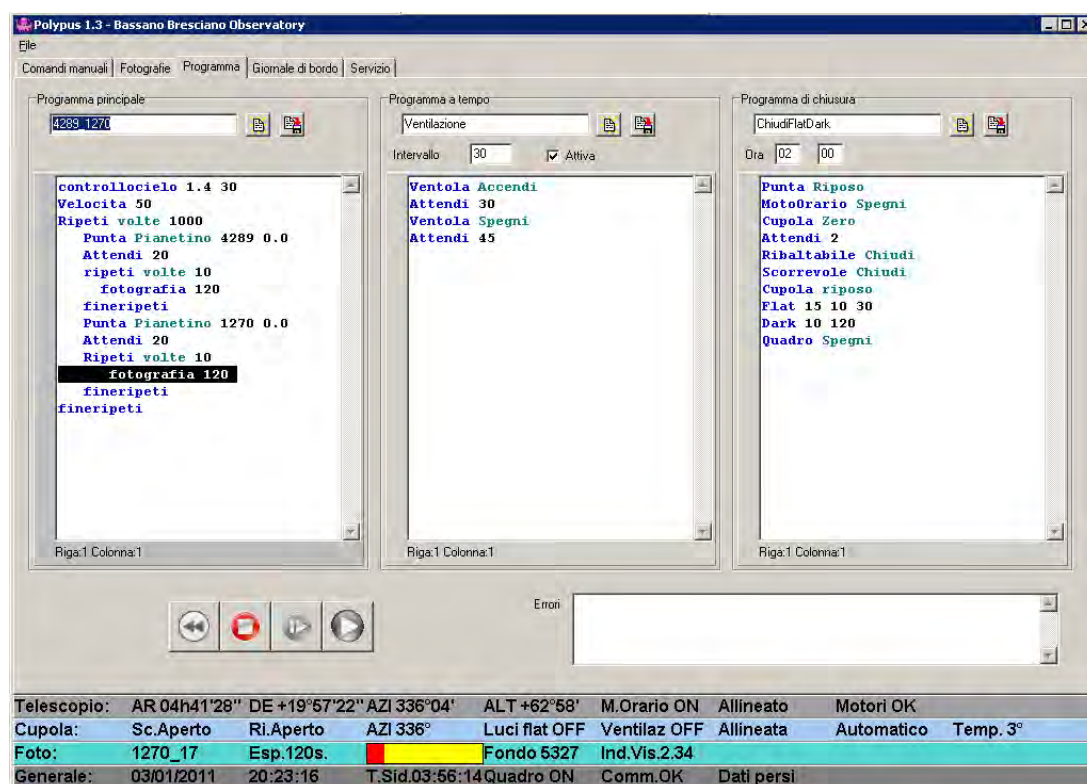


Schema di "Polypus"

Solo alla fine è stata realizzata la finestra di interfaccia verso l'operatore sulla quale sono riportate tutte le informazioni necessarie alla valutazione dello stato dell'osservatorio. Una delle finestre più importanti del programma *Polypus* è quella che permette di vedere l'ultima foto scattata e la corrispondente carta del cielo, nella quale sono evidenziati i percorsi orari dei pianetini che si desidera osservare. Da qui è possibile eseguire tutte le operazioni manuali preliminari all'inizio della serata osservativa. La finestra più importante è quella che permette di editare gli script. Il linguaggio piuttosto

semplice comprende circa 20 istruzioni che possono essere composte a piacimento. Diventa così possibile puntare un oggetto e fotografarlo a ripetizione fino ad un'ora stabilita per poi passare ad un altro oggetto sino al crepuscolo. E' altresì possibile alternare una serie di foto tra due o più oggetti diversi per tutta la notte. Sopraggiunta la fine della notte il telescopio si porta in posizione di riposo, la cupola viene chiusa e sono effettuate le riprese di dark e flat. La remotizzazione dei comandi avviene connettendosi al PC dell'osservatorio attraverso Internet.





Finestra dell'editing degli script

Abbiamo realizzato un hardware di domotica basato su un *print-server* che permette, tramite un apposito software, di accendere il computer a distanza. Non volendo lasciare il PC dell'osservatorio sempre acceso (anche per motivi di risparmio energetico), abbiamo realizzato una schedina elettronica connessa al *print-server* che eccita un relè posto in parallelo al tasto di accensione del computer. Un apposito software invia al relè l'impulso di accensione da remoto. In altre parole abbiamo utilizzato il principio della stampa in rete per accendere il telescopio da lontano. A questo punto ci si connette tramite un programma commerciale di desktop remoto e si lavora come se si fosse in specola.

Come si svolge una tipica sessione osservativa robotizzata

- 1) In prima serata ci si collega al server dell'osservatorio attraverso un software di desktop remoto
- 2) viene lanciata la sequenza di apertura della cupola e accensione/autoallineamento del telescopio
- 3) vengono attivate le procedure di controllo della posizione puntata e il controllo per cielo nuvoloso
- 4) si carica e si avvia il programma di osservazione
- 5) a questo punto l'operatore può disconnettersi, sarà il telescopio a continuare le osservazioni per tutta la durata della notte
- 6) Il ricercatore si riconnetterà all'osservatorio il mattino successivo per scaricare le immagini ottenute da elaborare.

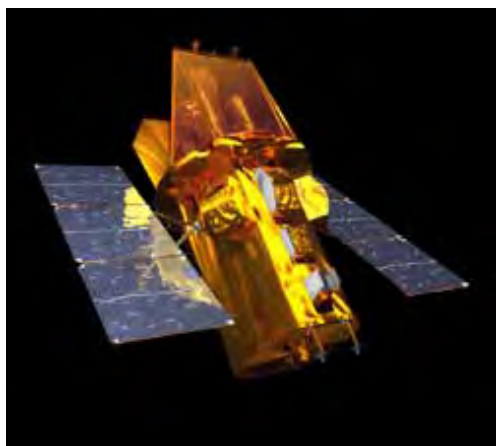
Cosa fa il telescopio durante la notte e quali eventi è in grado di rilevare

- 1) il telescopio inizia ad eseguire il programma della sessione osservativa
- 2) ad ogni immagine verifica se il cielo è sereno o nuvoloso
- 3) in caso di cielo nuvoloso avvia la procedura di arresto e chiusura cupola
- 4) nel caso il satellite Swift (o altri) invii un "**GRB alert**" interrompe il programma in corso e punta sul GRB
- 5) se nessuno di questi eventi si verifica svolge il programma per tutta la notte
- 6) al mattino, all'ora stabilita, chiude la cupola e si posiziona in meridiano
- 7) esegue i dark e i flat
- 8) Spegne il quadro elettrico e si pone in attesa di connessione da parte di un operatore

I programmi di ricerca

Robotizzazione e remotizzazione hanno portato a notevolissimi passi avanti nelle ricerche svolte dal team dell'osservatorio.

Il motivo è evidente: con queste implementazioni è stato possibile allungare il periodo osservativo anche a più di 8 ore per notte, cosa prima assolutamente inattuabile, quando era necessario essere fisicamente presenti in cupola per poter compiere le osservazioni.



Con Swift, **a sinistra**, una missione spaziale NASA ad ampia partecipazione internazionale, gli astronomi dispongono di uno strumento potentissimo per lo studio dei "lampi" gamma cosmici (GRB). Swift è equipaggiato con il BAT (Burst Alert Telescope), che rileva gli eventi GRB e ne calcola le coordinate in cielo ed è in grado di individuare la posizione di ogni evento con una precisione di circa 4' entro 15 secondi. Questa posizione viene immediatamente trasmessa ai telescopi terrestri che così possono puntare la zona di cielo per l'osservazione dell'evento. Si vedano anche gli articoli: www.eanweb.com/2011/il-mistero-buffo-dei-gamma-ray-burst/, www.eanweb.com/2012/la-distanza-dei-lampi-di-luce-gamma-grb/. Nell'immagine **a destra**, una rappresentazione artistica del GRB 080319B.

Il campo di interesse e di indagine ha potuto ampliarsi ed ora comprende lo studio delle curve di luce di pianetini, delle variabili eclisse, delle supernovae oltre a fenomeni di natura astrofisica impensabili un tempo.

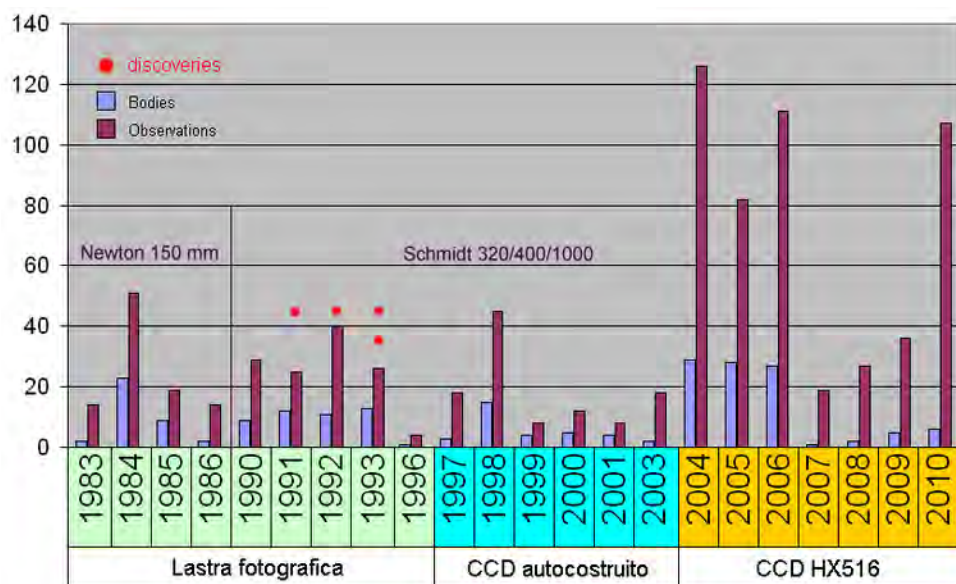
Nel grafico, **qui sotto**, abbiamo riportato la statistica delle nostre osservazioni di pianetini tra il 1983 ed il 2010. Si noti l'evoluzione dei rivelatori utilizzati nelle nostre ricerche. Dal 1983 al 1996 è stato utilizzato il film fotografico classico, che ci ha comunque consentito la scoperta di quattro asteroidi: 6793 Palazzolo; 6460 Bassano; 22370 Italocalvino; 6981 Chirman. Dal 1997 al 2003 abbiamo invece impiegato una camera CCD totalmente autocostituita per poi passare ad un rivelatore

commerciale, l'HX516 della Starlight, con prestazioni più elevate.

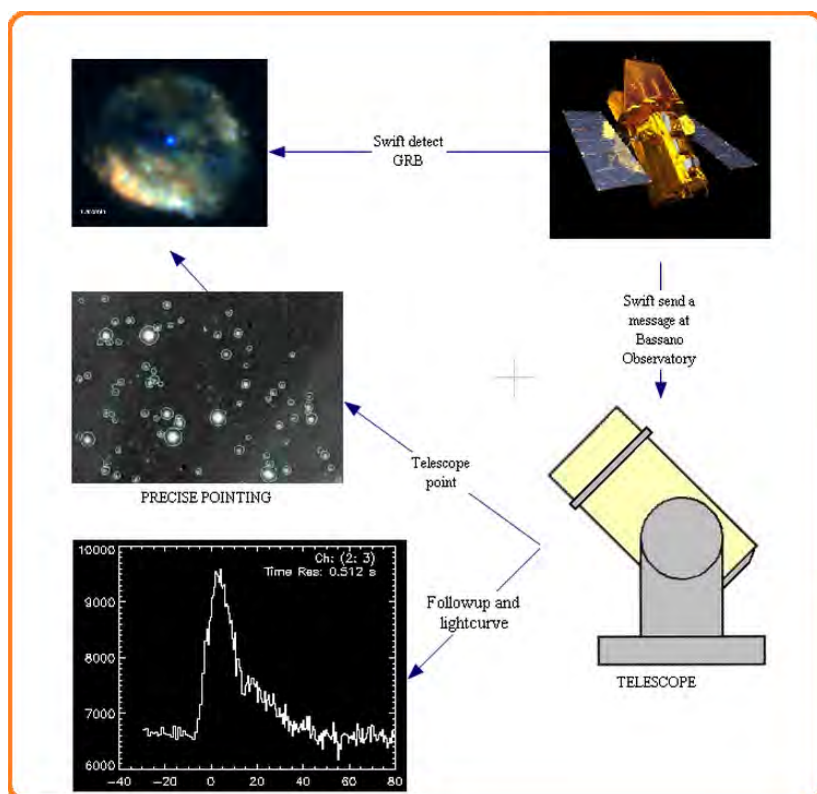
La nostra attività di ricerca sui pianetini si è presto estesa anche alla fotometria. Nella **pagina a fianco**, la curva di luce di 996 Hilaritas, osservato tra il 6 marzo ed il 9 aprile 2010.

Altri lavori di ricerca riguardano le Supernovae (si veda il diagramma a blocchi a **pagina 10**), con procedure altamente automatizzate.

Nel corso di quasi trent'anni di attività, il nostro Osservatorio ha saputo evolversi dal punto di vista strumentale, passando brillantemente dall'epoca dell'astronomia "analogica" a quella "digitale".



Sopra, la camera CCD HX516 della Starlight, con sensore Sony ICX084AL, 660x494 fotoelementi di 14,8 micron di lato, in uso presso l'Osservatorio di Bassano dal 2004.

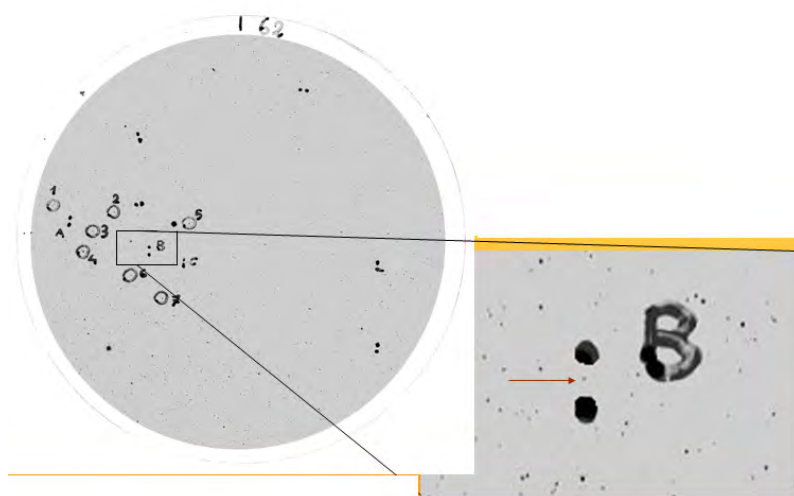


Nel 2011, a seguito dei successi conseguiti nella automazione dell' osservatorio, Il gruppo ha dato inizio al progetto GRB, illustrato nello schema a blocchi **a fianco**, che lo ha portato a collaborare con l' equipe che coordina le attività del satellite Swift presso la NASA. Una tipica sessione osservativa dei GRB all'Osservatorio di Bassano Bresciano è la seguente:

Ogni sera serena e senza luna, dopo l'avvio della procedura di apertura della cupola, il telescopio inizia una normale sessione osservativa automatica che, di volta in volta può essere dedicata allo studio delle curve di luce degli asteroidi, delle stelle variabili o alla ricerca di supernovae.

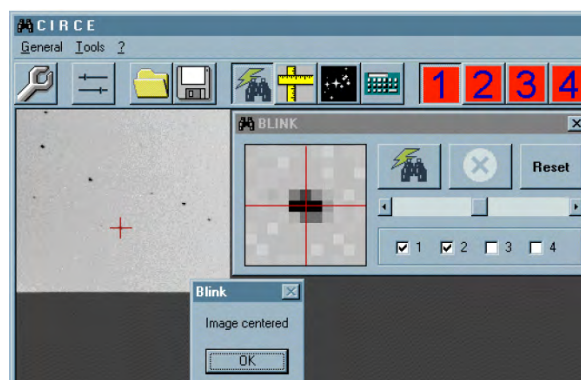
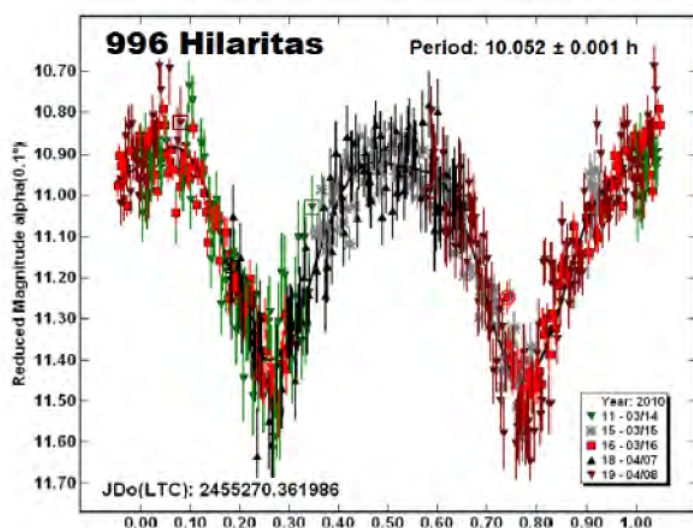
Durante queste sessioni è tuttavia attiva la ricezione degli alert che il satellite **Swift** invia alla rete di osservatori che hanno aderito alla campagna di followup.

Nel momento in cui arriva l'alert il computer dell' osservatorio, dopo aver valutato se l' oggetto è sopra l' orizzonte, punta automaticamente su di esso il telescopio ed inizia a fotografare il GRB (interrompendo le osservazioni che erano in corso). Contestualmente invia un SMS ai componenti dello staff dell'osservatorio per avvisarli del fenomeno.



A sinistra, l'immagine della scoperta del pianetino 6793 Palazzolo, avvenuta, su pellicola fotografica, vent'anni fa. Il pianetino è indicato con la freccia rossa nella sezione B dell'immagine.

Oggi le tecniche di ricerca e di analisi dei dati astrometrici sono totalmente digitali. Anche per questo motivo, all'Osservatorio di Bassano Bresciano abbiamo sviluppato dei software di riduzione astrometrica: il programma **Circe**, oltre a **Vaisala**, per il calcolo di un'orbita provvisoria da due posizioni astrometriche; sono entrambi liberamente scaricabili: www.telescopioremoto.altervista.org/



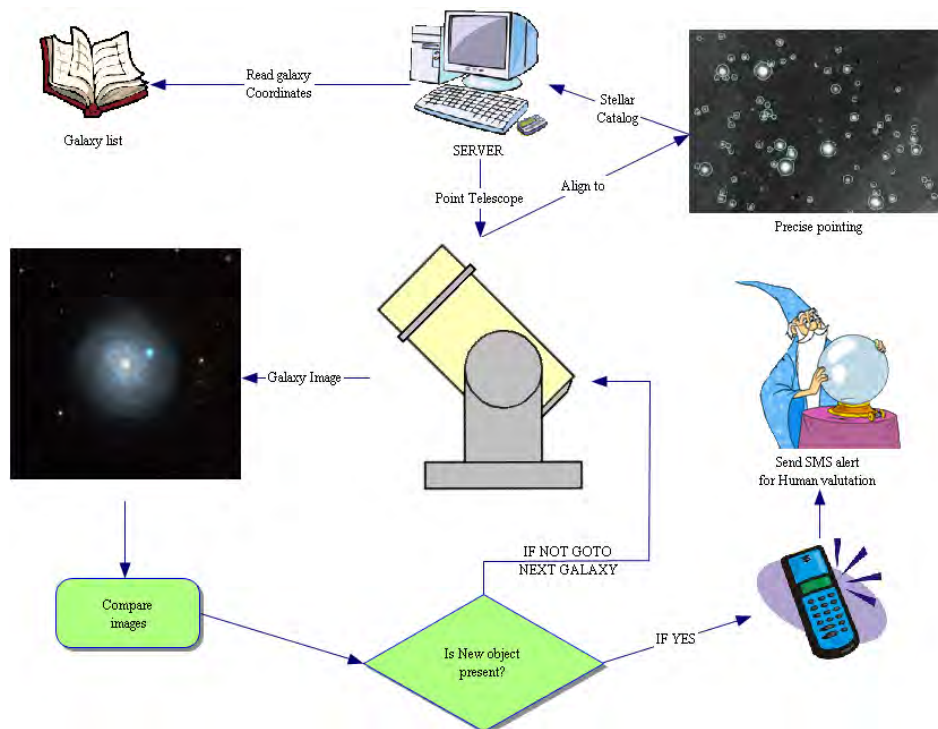
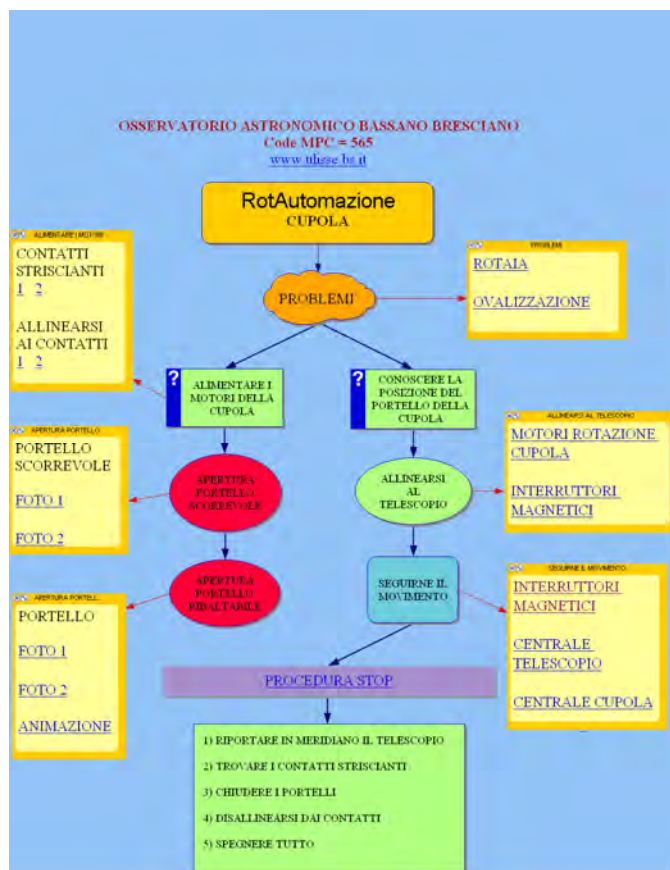


Diagramma a blocchi della procedura automatica di ricerca di Supernovae all'Osservatorio di Bassano Bresciano.



ROTAZIONE SINCRONIZZATA DELLA CUPOLA DELL'OSSERVATORIO DI BASSANO BRESCIANO

La cupola è munita di uno sportello scorrevole e di uno ribaltabile. Il primo viene aperto da un motore collegato ad un riduttore a vite senza fine che, mediante pignone e catena, permette lo scorrimento del portello lungo le sue guide. Il secondo (ribaltabile) viene aperto da un comune pistone apricancello. Questi due motori ricevono l'alimentazione elettrica tramite dei contatti striscianti quando la cupola è in posizione di "zero" (Azimuth 270°).

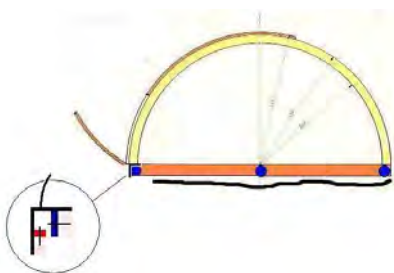
La cupola poggia su 4 ruote gommate, due delle quali sono connesse tramite puleggia ai motori che la fanno ruotare. Nel punto dove i contatti striscianti ricevono l'alimentazione si trova una calamita che eccita un interruttore magnetico per informare l'elettronica di controllo che la cupola è in posizione di zero e che i motori degli sportelli possono essere azionati. Analogamente, su una delle pulegge di rotazione, sono fissate delle calamite che, passando davanti ad un secondo interruttore magnetico, permettono di registrare l'azimut della cupola con la precisione di un grado in maniera da poter orientare la finestra nella stessa direzione in cui punta il telescopio.

SEQUENZA DI APERTURA:

Il software e l'hardware di controllo della cupola eseguono la sequenza di apertura nel modo seguente:

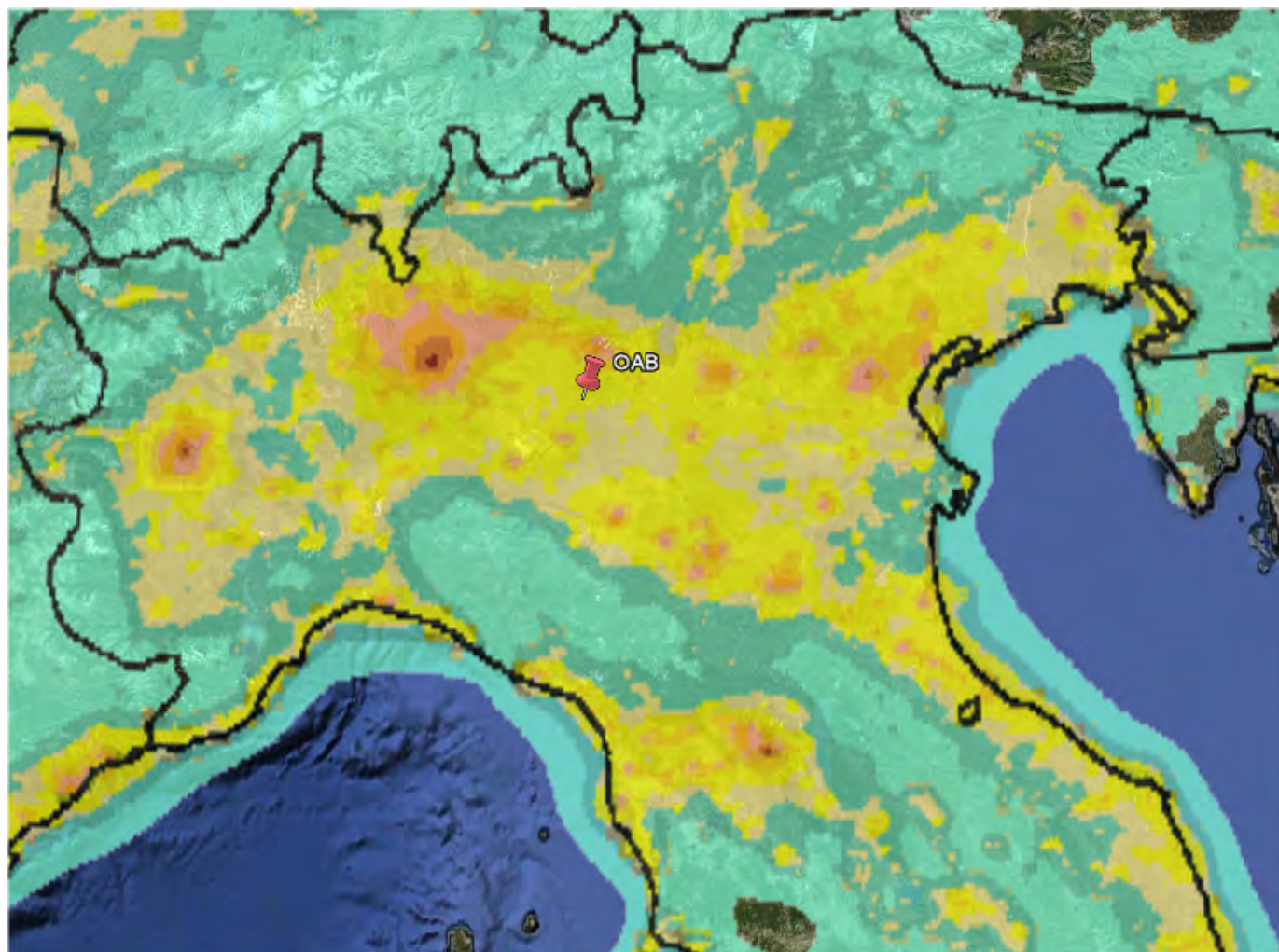
1. la cupola viene ruotata fino a quando giunge sui contatti striscianti
2. si apre il portello scorrevole
3. si apre quello ribaltabile
4. la finestra della cupola viene portata a puntare nella stessa direzione del telescopio (stesso azimuth)
5. si attiva il controllo che tiene costantemente allineati cupola e telescopio.

La sequenza di chiusura è analoga e termina, quando entrambi i portelli sono chiusi, con lo sganciamento dai contatti striscianti per motivi di sicurezza.





Ulisse Quadri (a sinistra) è insegnante di scuola elementare, **Luca Strabla** (al centro) software engineer presso una ditta di automazione industriale e **Roberto Girelli** è medico del lavoro. Insieme hanno collaborato alla realizzazione dell'Osservatorio Astronomico di Bassano portando ciascuno le proprie competenze. Ora, dopo un ventennio di collaborazione, stanno mettendo a frutto le esperienze e le capacità acquisite per svolgere vari tipi di ricerca utilizzando i due telescopi robotici dell'osservatorio.



In questa mappa è visualizzato lo stato dell' inquinamento luminoso della zona dove si trova l'Osservatorio di Bassano Bresciano: come si vede ci troviamo in una delle aree più degradate del pianeta. Questa mappa è tratta dal sito: www.lightpollution.it/

IL VOLTO DI SELENE

GLI INIZI DELLA SELENOGRAFIA
(prima parte)

Rodolfo Calanca

rodolfo.calanca@gmail.com



Nel 2010 questo saggio ha vinto il Premio Speciale "Croce del Sud", nell'ambito del [3° Concorso Internazionale](#) di narrativa e di Letteratura scientifica Città di Salerno.

Introduzione

La selenografia, (**nota 1**) nell'accezione moderna del termine, risale all'epoca dell'introduzione del cannocchiale nell'osservazione astronomica, nel momento in cui la risoluzione dei dettagli percepibili sulla superficie lunare passa repentinamente da un primo d'arco, dell'osservazione ad occhio nudo, ai 10÷20 secondi d'arco dei cannocchiali di Galileo Galilei nel 1609.

Lo stesso Galileo usa il termine *selinografia* (**nota 2**) nel *Dialogo sopra i massimi sistemi*, dove scherza sul fatto che i *selinografi* non avessero ancora operato, in modo sistematico, nella descrizione della superficie del nostro satellite: *"io non so che ci sieno stati in Terra selinografi curiosi, che per lunghissima serie di anni ci abbiano tenuti provvisti di selinografie così esatte, che ci possano render sicuri, nissuna tal mutazione esser già mai seguita nella faccia della Luna; della figurazione della quale non trovo più minuta descrizione, che il dire alcuno che la rappresenta un volto umano, altri ch'è simile a un ceffo di leone, ed altri che l'è Caino con un fascio di pruni in spalla. Adunque il dire <il cielo è inalterabile, perché nella Luna o in un altro corpo celeste non si veggono le alterazioni che si scorgono in Terra> non ha la forza di concluder alcuna cosa"* (**nota 3**).

Secondo l'opinione di molti studiosi, la selenografia si può dividere in **sei periodi**.



Nel *primo periodo*, che va dal primo utilizzo del cannocchiale nelle osservazioni celesti - a partire dalla metà del 1609, un *annus mirabilis* per la scienza - al 1630 circa, le raffigurazioni del nostro satellite sono finalizzate a far conoscere l'esistenza delle sue terre, mari, vallate e imponenti montagne e, in antitesi alle millenarie idee aristoteliche, che essa è un mondo simile al nostro.

Le carte lunari del periodo, tutte di piccole dimensioni, sono carenti di dettagli anche per la scadente qualità e la bassa risoluzione dei cannocchiali. In questo primo periodo inizia a fiorire la letteratura "fantasy" nella quale la Luna e, per estensione gli altri pianeti, viene descritta come un mondo abitato da esseri viventi.

Il *secondo periodo* della storia della selenografia, che

termina alla fine del Seicento, è caratterizzato da un'importantissima finalità pratica: il difficile problema di determinare le longitudini geografiche, specialmente in mare. Nel 1474, Johannes Müller da Königsberg (1436 –1476), detto Regiomontano, suggerì un metodo basato sulla posizione della Luna rispetto alle stelle fisse. Esso esigeva la disponibilità di un catalogo stellare piuttosto ampio e molto accurato.

Per questo motivo in Inghilterra, nel 1675, fu fondato l'osservatorio di Greenwich e il primo astronomo reale, John Flamsteed (1646–1719), fu incaricato di osservare il cielo e di compilare un preciso catalogo di 3000 stelle, che vide però la luce, dopo molte vicissitudini, solo nel 1725. Per trovare la longitudine con questo metodo, mancava ancora un'adeguata teoria del moto lunare, problema affrontato dal secondo astronomo reale, Edmund Halley (1656 –1742). Nel frattempo, fu ampiamente utilizzato un altro metodo per trovare le differenze di longitudine, quello basato sull'osservazione delle eclissi di Luna. Con questo secondo sistema, Pierre Gassendi (1592 –1655) e il ricco aristocratico provenzale Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (1580 –1637), colsero un risultato di straordinario interesse, la determinazione delle reali dimensioni del Mediterraneo.

L'eclisse lunare del 27 agosto 1635 costituì l'occasione per attivare la prima rete d'osservazione astronomica simultanea a fini geografici. Grazie alle influenti conoscenze politiche di Peiresc, alcuni gesuiti, al Cairo, Aleppo, Cartagine, Malta e Italia, opportunamente addestrati nell'uso dei sestanti astronomici, parteciparono al progetto (*nota 4*).

Il loro compito era di rilevare, con la massima precisione possibile, l'ora locale dell'inizio dell'eclisse lunare: la differenza dei tempi avrebbe fornito la differenza di longitudine tra le diverse località.

Le osservazioni raccolte, esaminate e confrontate, diedero un risultato che lasciò allibiti: il Mediterraneo si estendeva in longitudine 20° in meno di quanto creduto da Tolomeo (100 circa – 175 circa), le cui carte geografiche erano ancora in uso in piena epoca Barocca. Con questa misurazione, il *Mar Nostrum* si restringeva di ben 1000 chilometri e si scoprì poi che l'errore tolemaico era nella lunghezza della sua parte più orientale, da Cartagine ad Alessandria, ampiamente sovrastimata. Per ottenere una miglior precisione, il metodo delle eclissi lunari di Gassendi e Peiresc richiedeva la disponibilità di una mappa dettagliata del nostro satellite.



Ritratto di Pierre Gassendi (1592-1655)

A causa delle difficoltà nell'apprezzare il momento d'inizio del fenomeno, sarebbe stato preferibile che due osservatori seguissero il procedere dell'ombra della Terra su mari e crateri sicuramente individuati e, contemporaneamente, rilevassero il tempo locale di tali accadimenti. E' evidente che, anche in questo caso, la differenza dei tempi d'occultazione faceva conoscere la differenza nella longitudine degli osservatori. Purtroppo però il progetto di Peiresc e Gassendi, rimase largamente incompiuto per la morte del nobile provenzale.

Il *terzo periodo* della selenografia dura all'incirca un secolo e si conclude alla fine del Settecento, quando lo studio della Luna perde di attualità ed il numero delle mappe pubblicate del nostro satellite diminuisce vistosamente. La miglior carta lunare di questo periodo fu disegnata da Tobias Mayer (1723 –1762) e fu pubblicata postuma.



Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (1580 –1637)



Sestante secentesco simile a quelli utilizzati dai gesuiti durante l'eclisse di Luna del 27 agosto 1635. Questo esemplare fu realizzato da Erasmus Habermel che lavorò con Tycho Brahe (Praga, Národní Technické Muzeum, inv. 24551).

Nel corso del *quarto periodo* la Luna è studiata nei più fini dettagli da Johann Hieronymus Schröter (1745 – 1816), Wilhelm Beer (1797-1850) e Johann Heinrich Maedler (1794-1874).

Per Beer e Maedler la Luna è un astro che non ospita alcuna forma di vita e bastò questa convinzione, pubblicamente espressa, per determinare, tra gli astronomi professionisti, una perdita di interesse per il nostro satellite che si riaccese però vigorosamente quando un astronomo di grande prestigio, il tedesco Johann Friedrich Julius Schmidt (1825-1884) annunciò l'osservazione di un cambiamento nella forma di un cratere. Con ogni probabilità, quello osservato non fu affatto un reale cambiamento, bensì una semplice *impressione* prodotta da una più efficace capacità di percepire dettagli fini sul nostro satellite resa possibile dalla maggior risoluzione dei telescopi utilizzati. Questo periodo culmina con i primi tentativi di fotografare la Luna negli anni Trenta-Quaranta dell'Ottocento.

La pubblicazione del grande *Atlas Photographique de la Lune* (1896-1910) realizzato da Maurice Loewy (1833-1907) e Pierre Puiseux (1855-1928), che riuscirono nell'impresa grazie all'insostituibile aiuto di Charles Le Morvan (1865-1933), diede inizio al *quinto periodo* della selenografia, che arriva fino agli anni Cinquanta del secolo scorso.

Il *sesto periodo*, ancora in corso, è caratterizzato da uno straordinario sviluppo tecnologico e dai progressi dell'astronautica. La Luna è fotografata più volte dalle sonde sovietiche e americane e, nel 1969, si raggiunge

l'apogeo dell'avventura umana nello spazio con lo sbarco degli astronauti dell'Apollo 13 sulla superficie del nostro satellite.

In questo lavoro, che rappresenta una sorta di introduzione alla storia della Selenografia, mi limiterò ad esaminare solamente i disegni e le raffigurazioni lunari che costituiscono il primo periodo, che si concluse con Galileo ancora vivente.

La Luna prima del cannocchiale: i limiti dell'osservazione visuale

In epoca classica, gli autori greci e latini si interrogarono a lungo sulla natura del nostro satellite, formulando ipotesi spesso contrastanti. Parmenide di Elea (520-440 circa a.C.) riteneva che il Sole e la Luna fossero di natura ignea e che entrambi si fossero formati da materia staccatasi dalla Via Lattea. Anassagora (496 a.C. – 428 a.C. circa) sottostimava le dimensioni della Luna, che paragonava al Peloponneso ed era convinto che l'aspetto della sua "faccia" derivava dalla mescolanza di diverse sostanze.

Aristotele (384 a.C. – 322 a.C.), fondatore della scuola peripatetica, sosteneva invece l'idea di una Luna lucida e levigata, composta di etere ma, come la Terra, priva di luce propria.

Posidonio (135-51 a.C.), filosofo e astronomo che insegnò a Rodi e fu maestro di Cicerone e Pompeo, assegnava al nostro satellite una natura diafana: i raggi del Sole potevano penetrare oltre la sua superficie ed essere rinviati verso la Terra così come accadeva ai raggi luminosi che dopo essere filtrati all'interno di una nuvola, venivano diffusi in tutte le direzioni.

Al contrario, Plutarco (ca. 46 – 127 d.C.), nel famoso dialogo *De facie quae in orbe lunae apparet* ("Intorno al volto che appare nel cerchio della Luna"), vedeva nel nostro satellite un'altra Terra, con avallamenti e depressioni, piene d'acqua e d'aria, dove la luce solare si riflette irregolarmente, dando luogo alle grandi macchie scure. Prima di Plutarco altri filosofi avevano espresso convinzioni analoghe: uno di questi, Eraclide Pontico (385 a.C. – 322 a.C. o 310 a.C.), descrisse la Luna circondata da nubi.

Plinio il Vecchio (23 – 79 d.C.) esclude che il nostro satellite brilli di luce propria: "[la Luna] *come tutte le altre stelle, è dominata dallo splendore del Sole, poiché in effetti essa risplende di una luminosità completamente mutuata da quest'ultimo, simile al riflesso oscillante che scorgiamo sullo specchio dell'acqua*" e le macchie

visibili sulla sua superficie “*non sono altro che impurità di terra aspirate insieme all’umidità*” (**nota 5**).

Con un salto di mille anni, durante la rinascita della scienza presso gli arabi, troviamo Averroè (1126-1198), filosofo e scienziato arabo-spagnolo, noto per i suoi commenti ad Aristotele, che sostiene: “allorché l’illuminazione del Sole le predispone e le eccita, le diverse parti della Luna diventano luminose, ma non tutte allo stesso modo”.

Nel *De constitutione mundi* del falso Beda il Venerabile la Luna è formata da quattro elementi.

Di questi, tre sono ben miscelati e lisci, in quanto per loro natura sono trasparenti e producono essi stessi della luce. Al contrario, nei luoghi dove sono collocate le macchie lunari, la superficie è rugosa e non disperde luce.

Di parere totalmente diverso Honoré il Solitario che nel *De imagine mundi* insegna che l’etere all’interno del quale si muovono i pianeti è identico al fuoco puro: “[La Luna] è di natura ignea, ma la sua materia è mescolata all’acqua. Essa non ha luce propria ed è illuminata dal Sole allo stesso modo di uno specchio... Che si scorga in essa una sorta di nuvola, ciò è dovuto alla sua natura acquosa. Si dice, in effetti, che se essa non fosse miscelata ad acqua, illuminerebbe la Terra come lo stesso Sole ma che, a causa della sua vicinanza alla Terra, la devasterebbe per il suo immenso ardore”.

Nel medioevo, fino al XIII secolo, molti studiosi di filosofia naturale seguirono Platone (427 – 347 a.C.), secondo il quale i corpi celesti, e tra questi la Luna, non sono costituiti da sostanze diverse da quelle terrestri (**nota 6**), fornendo un’interpretazione sostanzialmente corretta.

Trovarono però ampio credito stravaganti idee sulla natura delle macchie lunari: Bernardo di Chiaravalle (1090 ca.-1153), ad esempio, credeva che la Luna fosse un corpo sferico lattiginoso con, all’interno, un altro corpo oscuro le cui macchie filtrano attraverso esso.

Alberto Magno (1206-1280), uno dei primi peripatetici medievali, si oppone a chi sosteneva che le macchie lunari sono un’immagine delle montagne e dei mari terrestri riflesse sul nostro satellite (**nota 7**). Egli va oltre quando dichiara che la Luna è di natura terrestre, affermazione che però poco si concilia con la sua adesione all’aristotelismo.

Dante, in questi pochi, splendidi versi tratti dal *Paradiso* (II, 31-33), riassume le credenze medioevali, fortemente mutate da Posidonio, sulla natura della Luna:

*Parev’a me che nube ne coprisse
lucida, spessa, solida e pulita,
quasi adamante che lo sol ferisse.*

Qui il Poeta, dopo essere penetrato nella materia lunare (*nube*), immagina di esserne avvolto. Egli ritiene che il nostro satellite possieda luce propria e sia polito e simile ad un diamante trafitto dalla luce del Sole.

Non deve eccessivamente stupire l’abbondanza di fantasiose credenze sulla costituzione della Luna prima dell’invenzione del telescopio: l’osservazione ad occhio nudo del nostro satellite è, infatti, assai povera di informazioni, condizionata com’è dal limitato potere di risoluzione del nostro sistema visivo. Il potere risolutivo, sia esso visuale o strumentale, è la maggior limitazione all’osservazione astronomica, in modo particolare in quella lunare e planetaria. Diamo quindi un accenno agli aspetti salienti del problema, ponendoci in una prospettiva prevalentemente storica e prendendo lo spunto per la nostra trattazione dalle ricerche sull’acutezza visiva condotte da Geminiano Montanari (1633 – 1687) (**nota 8**). Il grande studioso modenese, abile osservatore del cielo e realizzatore di una pregevole selenografia, soffrì per tutta la vita adulta di gravi disturbi visivi. E’ quindi con un profondo interesse personale che si dedicò allo studio dei meccanismi e alla fisiologia della visione.

Con la lucidità che lo contraddistingueva, aveva analizzato il problema de “*la sottigliezza de gli organi della vista*” ed aveva mirabilmente descritto “*qual sia il minimo angolo sotto il quale siano visibili (gli oggetti) ad occhio nudo e sano*”. In un bell’esperimento di classica scuola galileiana, concepito per fornire un valore numerico certo a quest’angolo, ebbe come soggetti dell’esperienza i “*giovani miei scolari*” (**nota 9**), giungendo alla corretta conclusione che “*il minimo angolo sensibile a vista sana non è minore di un minuto né maggiore di due*”.

Montanari aveva esattamente determinato il valore del potere risolutivo *bistigmatico* dell’occhio nelle condizioni di miglior visione diurna, che si raggiunge quando la luminosità ambientale è pari a 2000÷3000 lux e la pupilla si dilata di 3 mm. In queste condizioni il sistema visivo umano ha la sua massima acutezza. Se invece l’osservatore si pone direttamente al telescopio oppure, molto più semplicemente, guarda il cielo senza l’ausilio di strumenti ottici, è sicuramente più corretto riferirsi al cosiddetto potere risolutivo *polistigmatico*.

Esso è definito come la capacità dell'occhio di separare gruppi di punti distribuiti su di una superficie.

A differenza della bistigmatica, la risoluzione polistigmatica è meno soggetta a condizionamenti di tipo psicologico che, ad esempio, potrebbero indurre l'osservatore a veder disgiunte due stelle anche quando le loro macchie di diffrazione sono ancora, in parte, sovrapposte. A seguito delle ricerche di André-Louis Danjon (1890-1967) e Vincenzo Cerulli (1859-1927), condotte ai primi del Novecento, si è giunti a stabilire che l'occhio umano ha un potere risolutivo bistigmatico doppio della risoluzione polistigmatica.

Quando osserviamo la Luna piena ad occhio nudo da una località non inquinata da altre fonti luminose, l'illuminamento prodotto dal nostro satellite è pari a circa 0.3 lux e la nostra pupilla si dilata fino a 7 millimetri. In queste condizioni la risoluzione polistigmatica è di 2'30", ne consegue che la capacità dell'occhio umano medio di percepire particolari sulla Luna è limitata ad oggetti tra loro separati di 300 Km e con dimensioni analoghe (**nota 10**).

Questo limite fisiologico ha profondamente condizionato lo sviluppo non solo della cartografia lunare, ma anche dell'astronomia planetaria e stellare fino agli inizi del XVII secolo, quando cioè l'introduzione del telescopio, insieme ad altri successivi progressi tecnici nello sviluppo della strumentazione accessoria (reticoli, micrometri, ecc.), migliorò enormemente la qualità delle osservazioni e la precisione delle misure celesti.

Raffigurazioni lunari pre-telescopiche: Jan Van Eyck, Leonardo da Vinci e William Gilbert

La più antica raffigurazione nota del nostro satellite, vecchia di oltre 5000 anni, fu scoperta da Philip Stooke, della University of Western Ontario, in un misterioso sito neolitico a Knowth nella Contea di Meath in Irlanda. L'incisione, eseguita su di una roccia, mostra alcune caratteristiche della superficie lunare: il Mare Crisium e il Mare Humorum (**fig. 1**). Molti millenni dopo, il grande pittore fiammingo Jan van Eyck nella sua "Crocefissione" (1420/1430) dipinge una piccola luna diurna in modo naturalistico (**fig. 2**, cerchiata in rosso), ma è solamente con Leonardo da Vinci (1452 - 1519) che la raffigurazione della Luna presenta degli aspetti di notevole originalità. Leonardo vagheggia un grande trattato sul nostro satellite e la lettura delle sue numerose note sulla Luna (**nota 11**) evidenzia la modernità del suo approccio multidisciplinare: "Volendo io trattare

della essenza della Luna è necessario in prima..." spiegare la teoria degli specchi piani e gli effetti della riflessione della luce, senza la quale rimarrebbero avvolti nel mistero i fenomeni lunari, come, ad esempio, la luce cinerea. Il trattato lunare è, all'apparenza, uno dei soliti grandiosi, ma spesso inconcludenti, progetti di Leonardo: questa volta però sostenuto da elementi di teoria ottica di indubbio interesse.

Infatti, in un'altra parte del stesso manoscritto (**nota 12**) Leonardo si interroga: "o la Luna à lume da se, o no: s'ell'à lume da se, perché non risplende senza l'aiuto del Sole? E s'ella non à lume da se, necessità la fa specchio sperico [sferico]".

Poi combatte le opinioni dei seguaci del filosofo greco Posidonio di Rodi (135 a.C. circa -50 a.C.), secondo i quali essa risplende di luce propria: "la Luna non è luminosa per se, ma bene è atta a ricevere la natura della luce a similitudine dello specchio e dell'acqua, o altro corpo lucido" (**nota 13**).

Ora, non avendo lume proprio, riceve da altri la luce, cioè dal Sole (**nota 14**). Ne consegue che anche la luce cinerea è dovuta ad un fenomeno di riflessione multipla della luce solare la quale, dopo aver colpito il nostro pianeta, in piccola parte raggiunge la Luna e da questa viene a sua volta riflessa (**nota 15**).



Fig. 1. Raffigurazione della Luna in una incisione rupestre di 5000 anni fa, a Knowth, contea di Meath in Irlanda. L'immagine in alto è la pietra incisa denominata Orthostat 47 che riporta tre disegni, dei quali, quello a destra, secondo Philip Stooke, è una raffigurazione della Luna. Sotto, a sinistra, un disegno della Luna ad occhio nudo sul quale, al centro, è sovrapposta l'incisione di Orthostat 47. Secondo Stooke ci sono almeno una dozzina di punti delle due immagini che si sovrappongono bene.

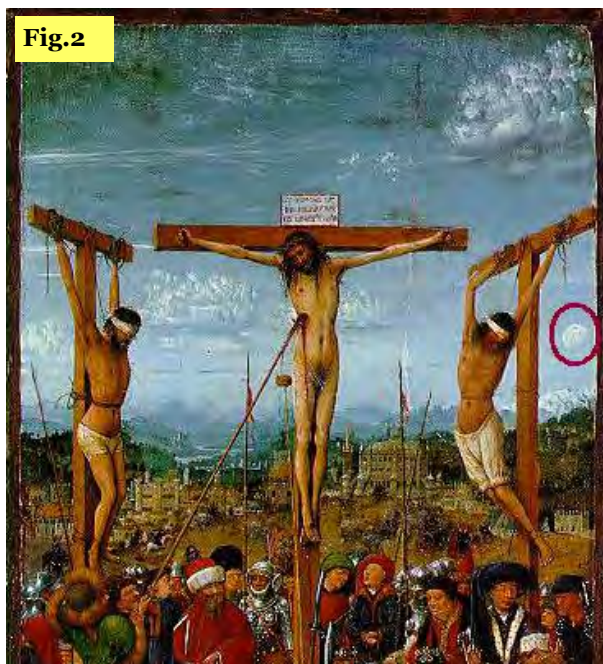


Fig. 2

In altri passi del Codice Atlantico (**nota 16**) discute la diversa natura dei raggi solari da quelli lunari ma, allo stesso tempo, ritiene che se questi ultimi fossero raccolti da uno specchio concavo, brucerebbero esattamente come quelli solari: *“se il razzo refresso [raggio riflesso] dal simulacro del Sole ne l’acqua è raccolto collo specchio concavo, esso, poi che sia refresso da tale specchio, brucerà; il simile farà quel del plenilunio”*.

L’idea di Leonardo di rilevare il “calore” lunare non cadde nel vuoto. Un secolo dopo, Santoro Santorio (1561-1636) focalizzò con uno specchio sferico la luce lunare su di un termometro galileiano e, nel 1685, lo stesso fece Geminiano Montanari che usò uno specchio ustorio e un termometro di “moto assai delicato”.

Le esperienze di Santorio e di Montanari, sulla scia di Leonardo, erano sì importanti, ma i dispositivi che essi realizzarono erano troppo primitivi per misurare una grandezza così piccola. Il primo ad aver successo fu il fisico Macedonio Melloni (1798 – 1854) che nel 1846 utilizzò un sensibile termomoltiplicatore di sua invenzione. Per Leonardo la Luna è una massa solida, opaca e “greve” che, circondata dai suoi elementi (aria, acqua e fuoco), si sostiene nello spazio per le stesse ragioni per le quali vi si mantiene la Terra. Essa è a tutti gli effetti una piccola Terra (**nota 17**) con un brevissimo ciclo stagionale: *“à ogni mese un verno e una state, e à maggiori freddi e maggiori caldi, e suoi equinozi son più freddi de’ nostri”* (**nota 18**).

Un aspetto della Luna che stimola la sua curiosità è la natura delle macchie scure (quelli che per noi oggi sono

i “mari” e gli “oceani”). In diversi Codici non accetta l’opinione di coloro che credono che tali macchie siano dovute a vapori che si innalzano dalla superficie lunare, perché, semplicemente, esse dovrebbero continuamente mutare d’aspetto e posizione (**nota 19**).

In un’altra annotazione, però, si smentisce e sembra disposto ad ammettere che la diversità degli aspetti delle macchie possa anche dipendere dai corpi nuvolosi che si elevano dal mare: *“se terrai osservate le particelle delle macchie della Luna, tu troverai in quelle spesse volte gran varietà, e di questo ho fatto prova io medesimo disegnandole”* (**nota 20**).

Leonardo pensa che sulla Luna vi sia acqua e che i suoi mari siano agitati da onde e che: *“è necessario ch’l corpo della Luna abbia terra, acqua e foco”* (**nota 21**).

La Luna non è quindi una sfera tersa e ben pulita, bensì scabra e aspra e le disuguaglianze della sua superficie sono prodotte dall’incresparsi ed agitarsi delle onde dei mari che, almeno in parte, la ricoprono.

Uno dei suoi disegni lunari (**fig. 3**), contenuto nel Codice Atlantico (foglio 674^v), è stato datato da Gibson Reaves (1923-2005) tramite l’effetto della librazione sulle macchie lunari (**nota 22**). In questo disegno leonardesco Reaves riscontrò che la posizione dei mari suggeriva una librazione in latitudine di 7° e di -2° in longitudine. Per trovare la data corrispondente a questi due valori fu necessario calcolare la librazione lunare tra il 1507 e il 1515. La conclusione di questa laboriosa analisi indica che esso fu eseguito tra il 14 novembre e il 12 dicembre 1513 (**nota 23**).

Alcuni storici (**nota 24**) ritengono che questo disegno del quarto di Luna, raffigurato nel Codice Atlantico e datato con tanta precisione da Reaves, sia stato realizzato da Leonardo con l’ausilio di un dispositivo ottico capace di ingrandire le immagini. Per suffragare tale ipotesi, R. Chavez invita i detrattori di questa ipotesi a tentare di riprodurre su carta l’aspetto della Luna così come appare ad occhio nudo (si veda la fig. 14): *“chiunque di noi si mettesse una sera a disegnare la Luna [a occhio nudo]..., non riuscirebbe che a fissare sulla carta un vago accenno di forme e ombre... un insieme di macchie d’albedo mal poste: un’impressione della Luna ma NON la Luna”*.

A sostegno delle idee di Chavez potremmo richiamare alla memoria un’annotazione sibillina dello stesso Leonardo, breve e fulminante, che ha scatenato la fantasia di molti: *“Fa ochiali da vedere la luna grande”* (**nota**



Fig. 3. Nell'immagine a sinistra, il quarto di Luna di 18,5 centimetri di diametro, disegnato da Leonardo e conservato nel Codice Atlantico (foglio 674v). E' questo disegno che ha fatto pensare che il grande artista possa aver utilizzato un dispositivo ottico d'ingrandimento. Il piccolo disegno in alto appartiene anch'esso al Codice Atlantico (foglio 310r) e raffigura una Luna piena vista ad occhio nudo. Infine, l'ultima immagine, sotto, è tratta dal Codice Leicester e mostra la luce cinerea.

25). Anche un astronomo del valore di Giorgio Abetti (1882 – 1982) avanzò l'ipotesi che Leonardo si fosse costruito un sistema a cannocchiale che si avvicinerebbe all'invenzione del riflettore newtoniano. Altri, invece, e tra questi Vasco Ronchi (1897-1988), ritennero che il grande artista, avendo constatato che più uno specchio è curvo, più vicini dovevano essergli posti gli oggetti per vederli ingranditi, si fosse prefisso di realizzare specchi, forse metallici, di curvatura così tenue da permettere di vedervi ingrandita la Luna.

Un passo meno noto del precedente, che tratta dello stesso argomento, ma assai più in dettaglio, è contenuto nel Codice E, foglio 15^v, intitolato *"veder la Luna grande"*: *"Possibile è fare che l'ochio non vedrà le cose remote molto diminuite, come fa la prospettiva naturale, ... ma l'arte che io insegno qui in margine, ... dimostrerà ... la Luna di maggior grandezza, e le sue macule di più nota figura. A questo nostro ochio si debba fare un vetro pieno di quell'acqua, di che si fa menzione nel 4 del libro 113 delle cose naturali [si riferisce ad uno dei tanti trattati che aveva in animo di scrivere] la quale acqua fa parere spogliate di vetro quelle cose che son congelate nelle palle del vetro cristallino".* L'apparato qui proposto da Leonardo pare più che altro un sistema deformante, simile a quanto si vede attraverso un vaso di vetro pieno d'acqua.

Ma l'aforisma che davvero ci colpisce è contenuto nel Codice Arundel (foglio 279v): *"Per vedere la natura del-*

li pianeti apri il tetto e mostra alla basa un solo pianeta, e il moto refresso di tale basa dirà la complessione del detto pianeta, ma fa che tal basa non veda più d'uno pianeta per volta". Qui Leonardo sembra suggerire l'impiego di uno specchio parabolico e di aprire il tetto, proprio come si fa con una moderna specola astronomica. Mostrare alla "basa" un pianeta significa dirigere lo specchio in modo da ricevere il pianeta nella base della piramide di riflessione. Il moto "refresso di tale basa" è dunque la riflessione nel punto focale dello specchio, dove si può osservare, ingrandita, la "complessione del detto pianeta". La "complessione" è la superficie del pianeta, mentre la "basa" dovrà centrare un pianeta per volta. Da questa nostra analisi, inevitabilmente assai approssimativa, emerge in modo abbastanza netto l'idea del telescopio a riflessione impiegato per osservare i pianeti e la Luna, esattamente come sostiene Remondino Chavez.

Bisogna attendere quasi ottant'anni dopo la morte del genio vinciiano per trovare una rudimentale vista d'insieme della Luna, tracciata allo scopo di registrare le eventuali variazioni di dimensione o luminosità delle macchie. Essa riporta, per la prima volta nella storia, i nomi di alcune configurazioni superficiali (**fig. 4**) e fu realizzata, in un periodo che precede di pochi anni l'invenzione del telescopio, dal celebre medico e fisico inglese William Gilbert (1544 – 1603), il famoso autore

del *De Magnete*, morto di peste nel 1603. Questa raffigurazione selenografica uscì, postuma, solamente nel 1651 (**nota 26**). Per Gilbert, le macchie scure lunari sono “terre”, invece le zone più luminose enormi oceani. Il Mare Imbrium, la configurazione meglio rappresentata, è chiamata *Regio Magna Orientalis*. A nord di questa formazione disegna una *Insula Borealis* in corrispondenza del Mare Frigoris.

E' sorprendente il fatto che Gilbert metta in comunicazione la parte occidentale della *Regio Magna Orientalis* con la *Regio Magna Occidentalis* (regione che comprende i Mari Serenitatis, Tranquillitatis, Fecunditatis e Nectaris), attraverso uno stretto che ha una effettiva corrispondenza nella zona pianeggiante che separa la catena montuosa del Caucaso dagli Appennini, e segna il passaggio dal Mare Imbrium al Mare Serenitatis. La percezione di questa minuscola struttura è prossima al potere risolutivo polistigmatico dell'occhio, il che testimonia la notevole acutezza visiva di Gilbert. Il Mar Crisium, che non è ben proporzionato, è chiamato *Britannia*. Nella parte centrale della Luna, egli intravede un *Mare Medilunarium*, corrispondente all'estremità meridionale degli Appennini, mare che lambisce le coste boreali del *Continens Meridionalis*, l'*Oceanus Procellarum* è invece l'*Insula Longa*. Nel complesso, lo schizzo di Gilbert riproduce, con discreta precisione, le macchie del nostro satellite così come si presentano ad occhio nudo: in assenza del cannocchiale non è sicuramente possibile far di meglio.

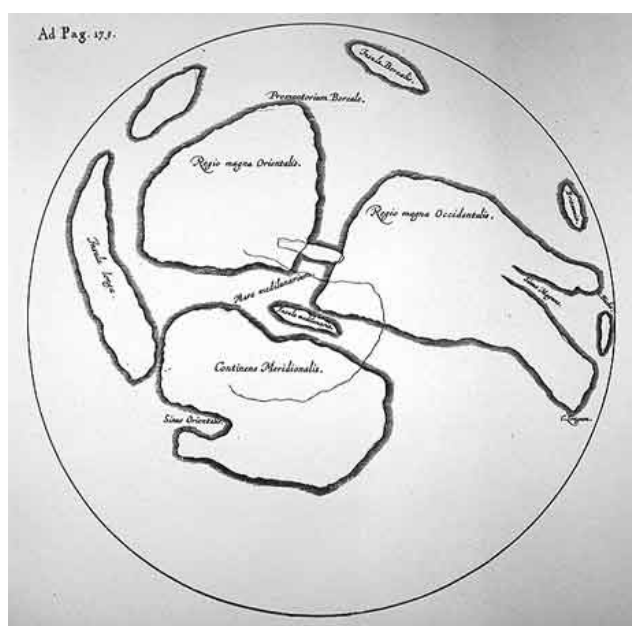


Fig. 4. William Gilbert, autore di questa carta, propose una rudimentale nomenclatura delle principali configurazioni lunari

Il primo periodo della selenografia (1609-1630)

La prima immagine conosciuta di una fase lunare vista al telescopio, che precede di qualche mese i disegni galileiani, fu eseguita dal geniale matematico e astronomo inglese Thomas Harriot (1560 –1621). Tra i suoi manoscritti, nessuno dei quali fu pubblicato, vi sono importanti contributi scientifici in numerosi campi, dall'astronomia, all'ottica, alla matematica. Tra l'altro, trovò per primo la legge della rifrazione, precedendo Willebrord Snel van Royen, latinizzato in Snellius 1580-1626), di alcuni anni.

Le sue carte, ritrovate solamente nel XX secolo, comprendevano anche gli schizzi astronomici eseguiti al cannocchiale tra il 1609 e il 1613, molti dei quali riguardavano la Luna. La sera del 5 agosto 1609 (il 26 luglio del calendario giuliano, **fig. 5a**), nell'osservare la Luna crescente di cinque giorni, Harriot (**nota 27**) utilizzò un cannocchiale a sei ingrandimenti, forse di qualità inferiore a quello che Galileo impiegò alcuni mesi dopo. L'immagine lunare che delineò, fu un frettoloso schizzo dove appena si riconosce il Mar Crisium e un accenno, malriuscito, del Mar Fecunditatis, a riprova delle sue scadenti doti di disegnatore.

Di questo disegno ricordiamo che la linea d'ombra è fisicamente impossibile, perché, come fa giustamente notare R. Casati, “Tutte le linee d'ombra della Luna in diverse fasi devono intersecare il profilo del satellite in due punti diametralmente opposti. Quella di Harriot si spinge troppo da un lato, come nei disegni dei bambini” (**nota 28**).

Il suo interesse per la Luna, che si era affievolito nel corso dei mesi successivi, si riaccese dopo aver letto il *Sidereus Nuncius* di Galileo spronandolo ad eseguire, durante l'estate del 1610, altri 15 disegni delle varie fasi. L'immagine della Luna piena fu invece realizzata l'anno successivo (**fig. 5b**), forse con l'ausilio di un cannocchiale da 10 ingrandimenti. Anche in questo caso, la qualità grafica del disegno lascia alquanto a desiderare: Harriot si limita a delineare, in modo approssimativo, il profilo dei mari, che non sempre sono riconoscibili e, forse disorientato dall'enorme quantità di strutture lunari visibili attraverso il cannocchiale, registra pochi crateri, che dissemina a caso sulla carta (ne inserisce, infatti, raffigurandoli con semplici cerchi, solo una quindicina). Harriot fu il primo ad osservare la librazione in latitudine della Luna, ma non riconobbe la reale natura del fenomeno che è di origine prospettica.

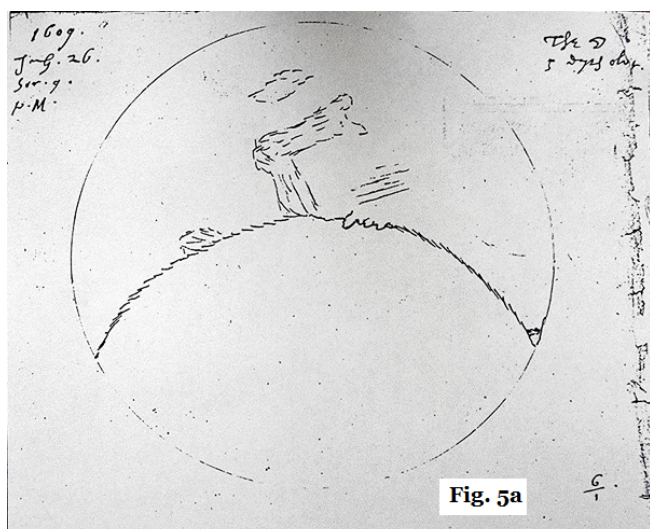
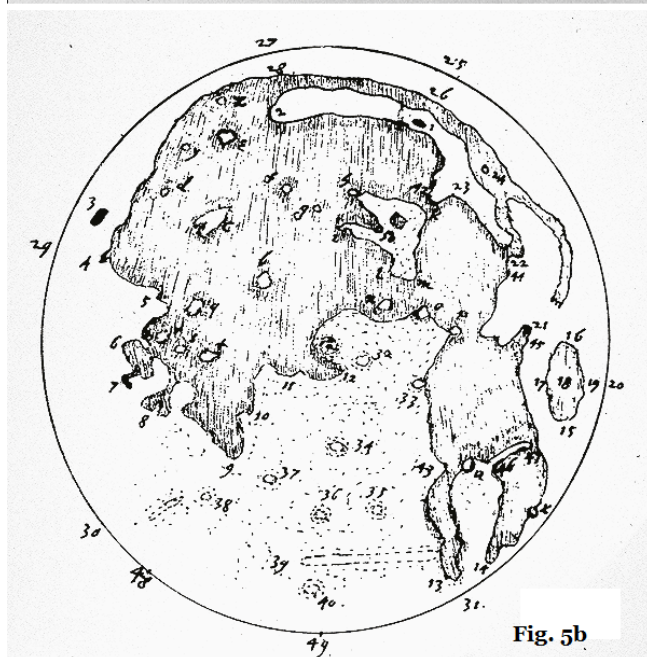


Fig. 5a. Il primo disegno noto della Luna al cannocchiale è dello scienziato inglese Thomas Harriot che lo eseguì il 26 luglio 1609 (del calendario giuliano). Come si può facilmente notare, la posizione del terminatore è totalmente sbagliata perché esso deve sempre intersecare il profilo lunare in due punti diametralmente opposti. Ciò fa pensare che Harriot non avesse compreso ciò che stava vedendo con il suo “tubo prospettico”.

Fig. 5b: L'immagine della Luna piena fu invece disegnata da Harriot nel 1611, forse con l'ausilio di un cannocchiale da 10 ingrandimenti.



logiche quando Galileo, nel tardo autunno del 1609, si mostrò determinato a passare “la maggior parte delle notti più al sereno et al scoperto, che in camera o al fuoco” (**nota 30**).

E i risultati di quelle interminabili, gelide notti invernali segnarono una svolta epocale nella cultura e nella scienza. Galileo punta il suo strumento verso il cielo e ciò che vede e riferisce ai suoi, in larga parte increduli, contemporanei avvierà un'autentica rivoluzione intellettuale.

L'attenta esplorazione della superficie lunare con il suo primo cannocchiale che amplificava otto volte, presto seguito da un altro a venti ingrandimenti, gli riserva la prima incredibile sorpresa quando si accorge “....non essere affatto la Luna rivestita di superficie liscia e levigata, ma scabra e ineguale, e allo stesso modo della faccia della Terra, presentarsi ricoperta in ogni parte di grandi prominenze, di profonde valli e di anfratti” (**nota 31**). Questa prima eccezionale osservazione fu il preludio alla scoperta di una serie di fondamentali novità celesti: tra le quali, la Via Lattea popolata da una miriade di stelle e “l'aver noi scoperto quattro stelle erranti ... le quali hanno lor propri periodi intorno a una certa stella principale [Giove]”, nel corso della notte del 7 gennaio 1610. Si accinge quindi a redigere e stampare, in tempi strettissimi, il *Sidereus Nuncius*, che contiene e chiarisce recenti osservazioni fatte per mezzo di un nuovo occhiale. Galileo, timoroso di essere preceduto in questo straordinario scoop astrale, attese forsennatamente al suo libello dal 7 gennaio ai primi giorni di marzo. Il lavoro, uscito dai torchi il 13 marzo 1610 in 550 esemplari, si rivelò un successo editoriale senza precedenti tanto che, dopo una sola settimana, l'intera tiratura andò esaurita. Le sue prime osservazioni della Luna risalgono al periodo tra luglio e dicembre 1609 (**nota 32**) e i sette disegni autografi (**fig. 6**) che ne ricavò, secondo Giorgio Tabarroni, sono immagini pittoriche di rara efficacia impressionistica (**nota 33**). Nel *Sidereus* la qualità grafica dei disegni lunari è, invece, piut-

Probabilmente consapevole dei propri limiti artistici, egli ritenne invece di aver commesso degli errori non trascurabili nel posizionamento delle macchie in prossimità del limbo lunare.

William Lower, corrispondente di Harriot, in una lettera all'amico ammise di non aver capito che le “strane chiazze” lunari fossero luci e ombre prodotte da montagne e vallate: “[La Luna] nel complesso assomiglia a una torta che ha preparato la mia cuoca la settimana scorsa; una macchia di sostanza luminosa qua, e una macchia di sostanza scura là, e così dappertutto, confusamente. Devo confessare che non riesco a vedere nulla di tutto ciò senza il mio cilindro [il cannocchiale]” (**nota 29**).

I disegni lunari di Galileo

L'osservazione al cannocchiale della Luna e degli altri pianeti diede il via ad infinite dispute scientifiche e teo-

tosto scadente, di molto inferiore alle illustrazioni manoscritte conservate alla Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze alle quali Tabarroni fa riferimento. Ciò si potrebbe giustificare con il tempo straordinariamente breve intercorso tra la redazione e la stampa, che non permise di curare a dovere le incisioni a corredo dell'opera. Le immagini della Luna in fase contenute nel *Sidereus* sono solamente cinque, delle quali una ripetuta due volte. Una di queste ritrae la Luna al primo quarto e presenta un esteso cratere (forse Albategnius) sul terminatore nella zona australe, del tutto inesistente almeno con queste dimensioni apparenti (fig. 7).

Si è spesso dibattuto sul perché Galileo amplificò le dimensioni di Albategnius e la giusta spiegazione è forse quella suggerita da Stillman Drake che, evidenziando le piccole dimensioni complessive dell'immagine lunare, appena 7 cm, ritenne che, per far risaltare l'illuminazione del bordo del cratere e le zone in ombra, l'incisore fosse stato obbligato ad esagerarne l'estensione (**nota 34**). Galileo così illustra i fenomeni ai quali la figura si riferisce: “Questa macchia medesima si vede, avanti la seconda quadratura, circondata da contorni più oscuri che, come catene altissime di monti,

si mostrano più scuri dalla parte opposta al Sole, più luminosa in quella rivolta al Sole: accade l'opposto invece nelle cavità, delle quali appare splendente la parte opposta al Sole, oscura ed ombrosa quella situata dalla parte del Sole”.

Galileo interpreta i giochi di ombre e di luce che osserva sulla Luna, ragionando per analogia: l'ombra che aderisce ad un solido perfettamente sferico deve seguire una linea uniforme e invece la linea d'ombra della Luna è “ineguale, aspra e assai sinuosa”, ciò significa che il paesaggio, fortemente irregolare, è costituito da avvallamenti e da catene montuose. Egli è il primo a comprendere che sotto i suoi occhi si sta svolgendo lo spettacolo grandioso del sorgere lento del Sole sulle montagne della Luna, montagne enormi, molto più grandi di quelle terrestri (ai suoi tempi si credeva che le montagne più alte non potessero raggiungere i duemila metri) e che superavano addirittura gli ottomila metri!

All'uscita del *Sidereus* grande è l'incredulità degli aristotelici: che vi siano montagne gigantesche sulla Luna è un'enormità difficile da accettare. I contestatori di Galileo invocano altre ipotesi per spiegare le osservazioni, infatti, a loro dire, sembrano ombre di montagne ma non è detto che lo siano! Fantasiosa ed elaborata è l'interpretazione alternativa di Lodovico delle Colombe, suo feroce avversario: anche i dipinti suggeriscono un rilievo con il chiaroscuro, eppure sono perfettamente piatti. La Luna ha zone chiare e scure a causa del modo in cui la luce la compenetra. A ben vedere, chi si oppone non ha tutti i torti. Infatti, non è per niente intuitivo comprendere, anche disponendo di un buon cannocchiale, che un punto luminoso che si accende sulla Luna è la cima di una montagna illuminata dal Sole. Per accertarsene serve sia una serie paziente di osservazioni sia un adeguato “abito mentale” (fig. 8).



Fig. 6. Immagini della Luna in alcuni bellissimi acquerelli eseguiti da Galileo tra il 30 novembre ed il 18 dicembre 1609 conservati nei manoscritti galileiani della Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze (Mss. Gal. 48, c. 28r); furono eseguiti in tempi diversi e non sono ordinati temporalmente. Dall'alto: la prima immagine a sinistra fu eseguita il 30 novembre 1609 alle 17:00 TU; la successiva il 1° dicembre alle 16:30 TU. Il primo disegno della seconda fila fu quasi sicuramente la prima raffigurazione del nostro satellite eseguita da Galileo e risale anch'esso al 30 novembre alle 15:00 TU. Il disegno a fianco è del 17 dicembre alle 4:00 TU. Nell'ultima riga, il primo a sinistra è del 18 dicembre alle 6:00 TU, infine, l'ultimo è del 2 dicembre alle 16:00 TU.

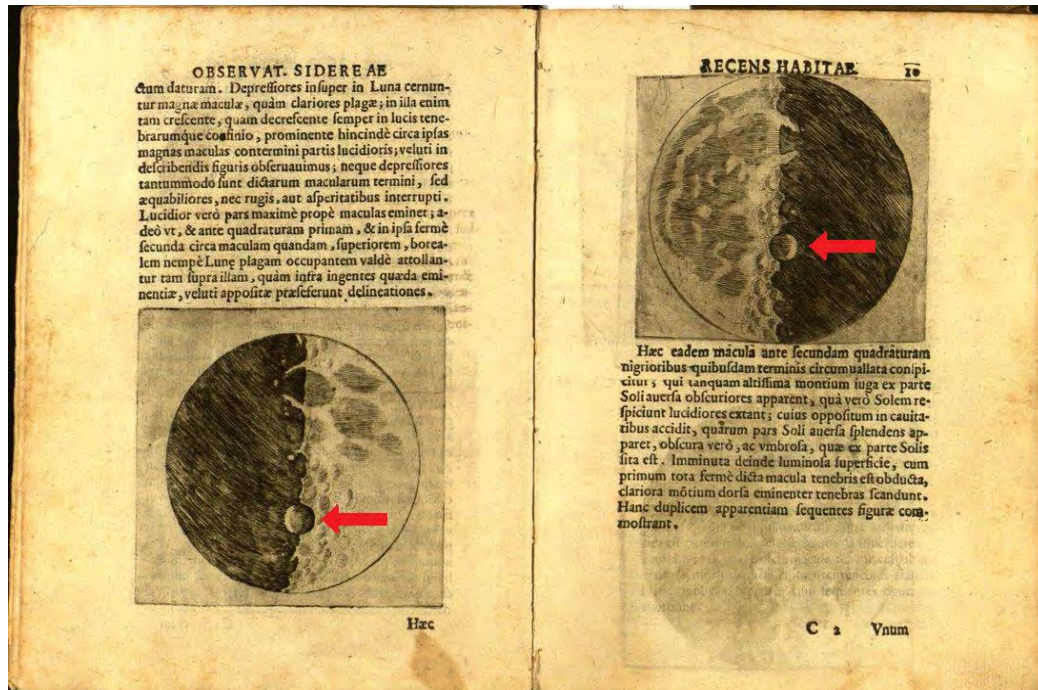


Fig. 7. Il cratere Albategnius, indicato dalla freccia rossa e le cui dimensioni appaiono esagerate, in due incisioni inserite nella prima edizione del *Sidereus Nuncius* di Galileo, pubblicata a Venezia nel marzo del 1610.

Galileo è l'uomo giusto per chiarire la questione: è il primo vero astronomo osservativo in senso moderno ed ha una vasta e profonda esperienza scientifica e culturale. Dispone di un buon cannocchiale, il migliore del suo tempo, ed è un lettore attento di Plutarco.

Nel già citato "Il volto della Luna", i personaggi del dialogo plutarchiano discutono, con sofisticati argomenti, delle grandi macchie lunari e cercano una risposta razionale alla domanda: "esse sono o non sono vere macchie?". In caso affermativo, la Luna sarà scabra e simile alla Terra, altrimenti avrà ragione Aristotele che parla della maggiore o minore densità della materia di cui è composta. Lampria, il narratore del dialogo, difende l'idea delle macchie e si sbarazza una dopo l'altra delle obiezioni alla teoria della Luna scabra: "Il volto che ap-

pare sulla Luna, al pari della nostra Terra, ha grandi depressioni e si è corrugata in sprofondamenti e fratture altrettanto grandi;... ivi la luce del Sole, che al loro interno non penetra, vien meno e restituisce alla Terra un riflesso discontinuo".

Queste parole ci fanno comprendere come Galileo, che ha profondamente meditato il dialogo plutarchiano, abbia potuto immediatamente associare alle sue osservazioni telescopiche lunari l'idea che la superficie del nostro satellite è ricca di catene montuose e di grandi distese piatte.

I disegni galileiani, di alcuni particolari della Luna (**fig. 9**), non furono superati per decenni. Il primo "selenografo" che graficamente li eguagliò fu il modenese Geminiano Montanari, professore all'Università di

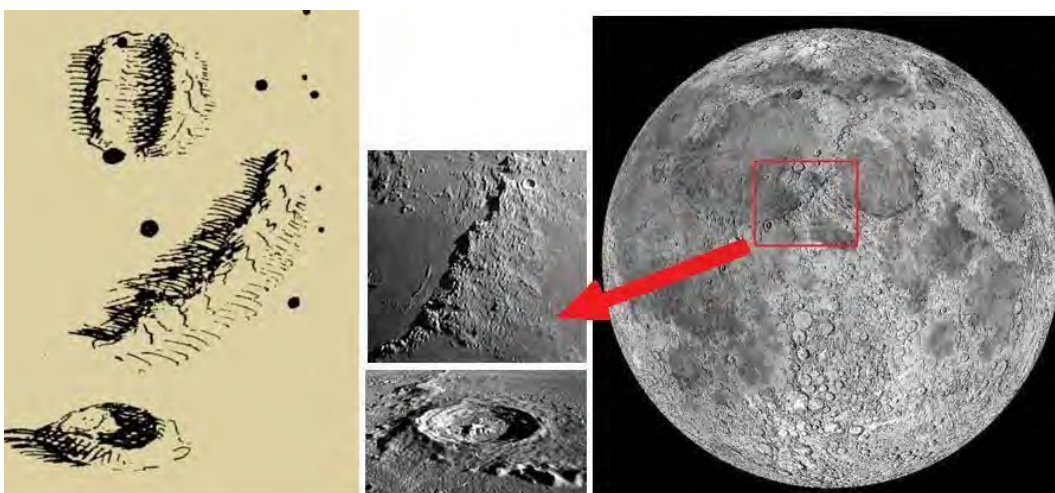


Fig.8. Guardando queste immagini si comprende benissimo che le intuizioni di Galileo erano corrette fin dai primi mesi delle sue osservazioni al cannocchiale. Nel disegno a sinistra, tratto dai manoscritti di Galileo, le catene montuose ed i crateri sono già magistralmente delineati. Significativo il confronto con le immagini fotografiche moderne (al centro: la catena degli Appennini lunari).

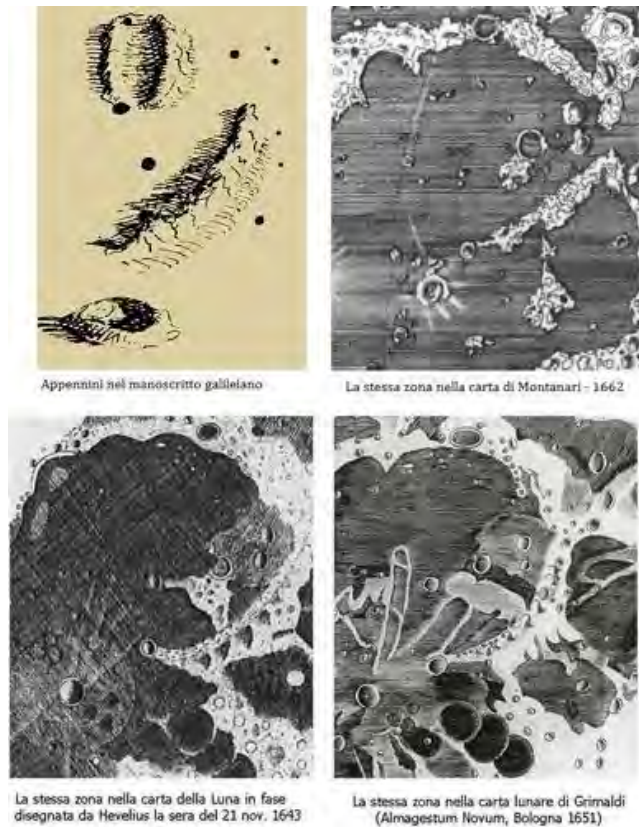


Fig. 9. I disegni galileiani di alcuni particolari della Luna non furono superati per decenni. Il primo “selenografo” che graficamente li eguagliò fu il modenese Geminiano Montanari, professore all'Università di Bologna, in una sua carta lunare del 1662. Rinomati cartografi come il polacco Johannes Hevelius (*Selenographia*, 1647) oppure il gesuita bolognese Francesco Maria Grimaldi (*Almagestum Novum*, 1651), diedero delle raffigurazioni abbastanza fantasiose del nostro satellite, come si può vedere dalle immagini in questa figura.

Bologna, in una sua carta lunare del 1662. Possiamo riassumere le conclusioni di Galileo sulla natura del nostro satellite, riprendendo le considerazioni, formulate qualche anno fa, da Ewen A. Whitaker (**nota 35**):

- La Luna è un solido opaco di forma sferica con una superficie accidentata. La luce cinerea è prodotta da un gioco di riflessioni della luce del Sole che viene riflessa dalla terra verso la luna, illuminando una porzione di superficie in ombra.
- La rugosità della superficie è dovuta alla presenza di centinaia di cavità e da numerose catene montuose; le aree più brillanti sono piene di queste formazioni,
- Le montagne più elevate raggiungono altezze di 6000-7000 m.
- La Luna ha una atmosfera (questa è l'unica ipotesi non corretta formulata da Galileo, che la correggerà poco tempo dopo).

(FINE PRIMA PARTE)

NOTE

Nota 1: Nella mitologia greca Selene (che significa: *splendente*) è la personificazione della Luna piena, insieme ad Artemide, la Luna crescente e ad Ecate, la Luna nuova. Una bella definizione del termine selenografia è dovuta a Lalande: “la Selenografia è la descrizione del disco apparente della Luna, delle sue macchie, dei suoi punti luminosi, delle loro posizio-

ni e delle loro forme” (J.J. de Lalande, *L'Astronomie*, tomo 3, p. 308, Paris 1792, trad. dell'A.).

Nota 2: Bruno Migliorini, in *Lingua e cultura*, Roma 1948, p. 151 ritiene che il termine *selenografia* derivi dal latino di Baccone.

Nota 3: Galileo Galilei, *Opere*, VII, 74

Nota 4: P. Humbert, *L'oeuvre astronomique de Gassendi*, Exposés d'histoire et philosophie des sciences, Paris 1936.

Nota 5: Plinio, *Storia Naturale*, libro secondo: Cosmologia, tr. it. Alessandro Barchiesi, pp. 233 e 235, Torino 1982.

Nota 6: P. Duhem, *Le Système du monde, histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, Paris 1958, tome IX, p. 412.

Nota 7: Alberto Magno, *Libri de Caelo et mundo*, lib. II; tract. III; cap. VIII: “...in quo est digressio declarans causam et figuram umbrae quar videtur in Luna”.

Nota 8: M.U. Lugli, *Geminiano Montanari*, Edizioni Il Fiorino, Modena 2004.

Nota 9: Le citazioni da Montanari provengono da una lettera scritta “ad eruditissimo e Nobilissimo personaggio”, inserita da Francesco Bianchini nel “breve compendio della vita dell'autore” come introduzione al dialogo postumo di Geminiano Montanari: *Le forze d'Eolo, dialogo fisico-matematico sopra gli effetti del Vortice, o sia Turbine, detto negli Stati Veneti la Bisciabuova, che il giorno 29 luglio 1686 ha scorso e flagellato molte Ville, e Luoghi de' Territori di Mantova, &c. opera postuma del Sig. Dottore Geminiano Montanari Modenese, astronomo e meteorista dello studio di Padova*, Parma 1694. L'esperienza di Montanari per determinare il potere risolutivo dell'occhio è illustrata in b. 3 e segg.: “...Posti in un foglio bianco varj punti neri di grandezze diverse et in siti differenti, et esposto il foglio a un lume chiaro del giorno, e disposti in distanza giovani miei scuoari, che avevano secondo il concetto loro ottima vista, faceva che a poco a poco accostandosi procurassero di determinare il luogo, da dove cominciavano a vedere il punto più grande. Quindi accostandoli successivamente, e notando i luoghi da dove cominciavano a sorgere ad uno ad uno i punti minori. Paragonava di poi trigonometricamente le grandezze di que' punti con la distanza da dove l'incominciavano a vedere per determinare l'angolo, che sottendevano all'occhio”.

Nota 10: Si giunge a questo risultato prendendo in considerazione l'illuminamento I in lux della Luna piena che si ricava dalla sua magnitudine visuale ($m_v = -12.55$) con la formula: $I = 10^s = 0.28 \text{ lux}$; dove $s = (-m_v - 13.94)/2.5$. Il diametro della pupilla dell'occhio è legato all'illuminamento da una relazione



Elementi costitutivi di un cannocchiale galileiano:

- 1) Tubo in doghe di legno lungo 84cm
- 2) Alloggio della lente obbiettiva
- 3) Lente obbiettiva pianoconvessa, focale di 98cm; diametro 3,7cm; spessore al centro di 2 mm; di fronte alla lente è applicato un diaframma di cartone che limita l'apertura a 15mm;
- 4) Tubo porta oculare in legno
- 5) Alloggio dell'oculare in cartone, lung. 3cm, diam. Esterno 4 cm
- 6) Oculare con lente equiconvessa, 4,8cm di fuoco e diam. 2,2cm, diaframmata a 1,5cm

non lineare: a 3000 lux la pupilla media D è 3 mm; a 15 lux è 5 mm; a 0.3 lux è 7 mm. Perciò la risoluzione polistigmatica e (in secondi d'arco) dell'occhio umano a 0.3 lux e 7 mm di diametro della pupilla è data dall'espressione: $\varepsilon = (76/D)e^{0.38D} = 2' 30''$.

Nota 11: Leonardo, manoscritto Br. M., f. 94^r

Nota 12: Leonardo, manoscritto Br. M., f. 28^r

Nota 13: Leonardo, manoscritto A., f. 64^r

Nota 14: Leonardo, Codice Leicester, f. 30^r

Nota 15: Leonardo, Codice Leicester, f. 2^r

Nota 16: Leonardo, Codice Atlantico, f. 83^r

Nota 17: Leonardo, Manoscritto F., f. 64^v

Nota 18: Leonardo, Codice Atlantico, f. 303^v b

Nota 19: Leonardo, Manoscritto F., f. 84^r

Nota 20: Leonardo, Manoscritto Br. M., f. 19^r

Nota 21: Leonardo, Codice Atlantico, f. 112^v a

Nota 22: La librazione è una lieve oscillazione apparente della Luna attorno al proprio asse.

Nota 23: G. Reaves, C. Pedretti, *Leonardo da Vinci's Drawing of the Surface features of the Moon*,

Nota 24: Si veda l'intervento di Remondino Chavez (p. 34) in calce all'articolo di R. Calanca, *I contributi di Leonardo all'astronomia*, *Coelum Astronomia*, n. 91, gennaio 2006, pp. 30-38.

Nota 25: Leonardo, Codice Atlantico, fol. 190^r a

Nota 26: E' inserita nell'opera di William Gilbert, *De Mundo nostro Sublunari Philosophia Nova*, Amsterdam 1651, libro II, p. 173. La carta ha un diametro di 183 mm.

Nota 27: T.F. Bloom, *Borrowed Perceptions: Harriot's Maps of the Moon*, in *Journal for the History of Astronomy*, pp. 117-122, giugno 1978.

Nota 28: R. Casati, *La scoperta dell'ombra*, p. 152, Milano 2000.

Nota 29: La lettera è del 6 febbraio 1610, citato da: R. Panek, *Vedere per credere, ovvero, come il telescopio ci ha spalancato gli occhi e la mente*, p. 50, Torino 2000.

Nota 30: Opere di Galilei, Ed. Naz. X, p. 302.

Nota 31: Galileo Galilei, *Sidereus Nuncius*, Venezia 1610, (la traduzione italiana è di M. Timpanaro Cardini con il commento di A. Battistini, Galileo Galilei, *Sidereus Nuncius*, Marsilio Editori, Venezia, 1993).

Nota 32: S. Drake, *Galileo's First Telescopic Observations*, *Journal for the History of Astronomy*, ottobre 1976, pp. 153-168.

Nota 33: G. Tabarroni, *I disegni autografi della Luna e altre espressioni figurative dei manoscritti galileiani*, in *Novità celesti e crisi del sapere*, p. 51, Firenze 1984.

Nota 34: S. Drake, *Galileo - una biografia scientifica*, p. 214, Bologna 1988.

Nota 35: E.A. Whitaker, *Selenography in the seventeenth century*, *The general History of Astronomy*, vol. 2, p. 124, Cambridge 1989.



Rodolfo Calanca è direttore editoriale di ASTRONOMIA NOVA, <https://docs.google.com/file/d/oBxRVI4UFuL2kY3pTd29PczNSbS16bUhWQTNUTDVuZw/edit>

FOTOMETRIA DELLE STELLE VARIABILI

Come si realizza una curva di luce

Lorenzo Franco
lor_franco@libero.it

Il Progetto: “Il cielo sopra di noi: osserviamolo!”

In questo numero della rivista presentiamo il secondo articolo di **Lorenzo Franco**, http://digilander.libero.it/A81_Observatory/ il quale, nell'ambito del progetto “Il cielo sopra di noi: osserviamolo!”, illustra la procedura completa per la realizzazione di buone curve di luce di stelle variabili. Si tratta di un ulteriore stimolo per “imbracciare” il telescopio a caccia di risultati scientifici stimolanti che fanno crescere la passione ed il livello culturale dell'astrofilo.

Premessa

Lo studio fotometrico delle stelle variabili rappresenta un settore storico nel quale gli astrofili hanno da sempre fornito un importante e fondamentale contributo alla ricerca scientifica, sia attraverso le stime visuali che, oggi, con l'ausilio dei moderni sistemi digitali di ripresa. A livello mondiale, l'associazione più attiva ed importante è l'AAVSO (American Association of Variable Stars Observers, www.aavso.org/) che da oltre 100 anni rappresenta un punto di riferimento per gli osservatori di stelle variabili, dilettanti e professionisti.

Questo articolo si propone di fornire uno stimolo ed una guida iniziale per i dilettanti che hanno voglia di sperimentare le tecniche osservative che aprono la strada alla ricerca scientifica amatoriale. Nel testo vengono affrontati i punti fondamentali del processo che vanno dalla individuazione dei potenziali obiettivi, all'acquisizione dei dati ed alla loro riduzione ed analisi.

Le Stelle Variabili

Per stelle variabili si intende tutte quelle stelle che mostrano una variazione misurabile di luminosità con il variare del tempo. Queste variazioni possono essere di carattere periodico semi-periodico o occasionale. Si possono individuare due principali gruppi di stelle variabili, quelle “intrinseche” che cambiano di luminosità per dei processi fisici interni e quelle “estrinseche” che



variano di luminosità a causa di effetti esterni alla stella. Nel primo gruppo collochiamo ad esempio le stelle variabili pulsanti, il cui guscio si espande e si contrae periodicamente nel giro di ore-giorni-anni e nel secondo gruppo collochiamo le stelle variabili ad eclisse, costituite da sistemi binari le cui eclissi causano delle periodiche variazioni di luminosità.

Lo studio delle variabili pulsanti permette di ottenere informazioni sui meccanismi fisici che operano all'interno della stella, mentre lo studio delle variabili ad eclisse permette di determinare le masse e le dimensioni delle componenti del sistema. Sarà sicuramente noto a tutti come l'astronomia del '900 sia stata fortemente segnata dalla scoperta della relazione periodo-luminosità delle variabili Cefeidi da parte di Henrietta Leavitt, che ha poi permesso di definire la scala delle distanze delle galassie più vicine, aprendo così la strada agli studi di Edwin Hubble ed alla sua scoperta dell'espansione dell'universo.

Fotometria e Curve di Luce

La fotometria è la misura del flusso luminoso proveniente dalla stella. E' possibile rappresentare sotto forma di grafico le variazioni di luminosità (esprese in magnitudini) rispetto al tempo. Questo grafico prende

il nome di *Curva di Luce* e permette di determinare la durata del ciclo di espansione-contrazione per le variabili pulsanti oppure il periodo di rivoluzione delle due stelle, nel caso di sistemi binari ad eclisse. Le periodicità vanno da poche ore, a giorni ed addirittura ad anni per le variabili di lungo periodo.

Spesso nello studio delle stelle variabili si determinano solo i punti di luminosità massima (variabili pulsanti) o di minimo (variabili ad eclisse). Queste informazioni sono utili per comprendere le variazioni di periodicità che ad esempio per i sistemi binari possono anche avere il significato di un trasferimento di massa da una stella all'altra.

La forma delle curve di luce varia molto sulla base della tipologia della stella studiata. Le variabili pulsanti ad esempio mostrano spesso una curva di luce che sale rapidamente di luminosità per poi discendere dolcemente. Le variabili ad eclisse invece mostrano un minimo di luminosità profondo a forma di V in corrispondenza delle eclissi, mentre altre mostrano delle variazioni continue di luminosità (sistemi binari stretti).

Metodologia osservativa

Per acquisire la curva di luce di una stella variabile occorre una strumentazione con le seguenti caratteristiche:

- Telescopio (meglio se con montatura Goto), accoppiato ad una camera CCD.
- Planetario per PC es: freeware C2A - Computer Aided Astronomy: www.astrosurf.com/c2a/english/index.htm
- Software per la riduzione e l'analisi fotometrica es: freeware Iris: www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm

I passi da seguire sono simili a quelli adoperati per l'astrofotografia, ma con qualche differenza sostanziale. Vediamoli.

1. Individuiamo la stella variabile da osservare

La fonte primaria di riferimento per il mondo delle stelle variabili è rappresentata dal sito AAVSO all'indirizzo: www.aavso.org, in lingua inglese, dove si possono trovare una sterminata mole di informazioni dalle più semplici alle più complesse. Sul sito segnalo la lettura dell'interessante manuale AAVSO, in italiano:

www.aavso.org/files/vis_manual/italian_manual.pdf

In Italia un importante punto di riferimento è rappresentato dalla Sezione Stelle Variabili dell' UAI (Unione Astrofili Italiani). Si può visitare il sito all'indirizzo: http://stellevariabili.uai.it/index.php/Pagina_principale, fig. 1) e si articola in tre sottosezioni (visuale/telescopi SkyLive, variabili pulsanti di corto periodo e variabili ad eclisse), dalle quali è possibile accedere alla lista delle variabili da osservare nel periodo.

Sul sito sono disponibili, inoltre, numerose informazioni utili, come ad esempio la pagina "come iniziare": http://stellevariabili.uai.it/index.php/Categoria:Come_iniziare. Per aderire al gruppo sarà sufficiente iscriversi alla Mailing List: <http://it.groups.yahoo.com/group/variabili-uai-grav/>, attraverso la quale si potrà accedere ai numerosi messaggi sull'argomento e si potranno chiedere anche dei consigli ai coordinatori delle sezioni osservative.

Per "tuffarsi" nel mondo delle stelle variabili consiglio di partire con la lista riportata all'indirizzo www.setec-observatory.org/start.html dove troviamo le variabili con cui potremo iniziare a sperimentare le tecniche osservative. Dalla lista selezioniamo alcuni candidati per il mese di aprile (tabella 1). In questa lista è particolarmente interessante la variabile AE UMa (fig. 2, una curva di luce) che compie un periodo completo di variazione (un massimo ed un minimo) nel giro di poco più di due ore. Questa variabile viene classificata come SX PHE e la sua curva di luce mostra un interessante andamento irregolare, con una sequenza di massimi che si susseguono di diversa ampiezza. L'andamento irregolare è dovuto alla interferenza costruttiva/distruttiva di due periodi di pulsazione sovrapposti (effetto Blazhko).

L'Autore e la sua strumentazione osservativa.





Fig. 1. Sito italiano sulle stelle variabili SSV-UAI-GRAV

2. Puntiamo il telescopio

Le stelle variabili possono considerarsi metaforicamente come degli orologi che periodicamente scandiscono il tempo con l'alternarsi dei massimi e dei minimi. Per poter misurare accuratamente tali variazioni è di fondamentale importanza sincronizzare l'orologio del proprio PC prima di iniziare una sessione osservativa. A questo scopo si può usare un orologio radiocontrollato, un GPS o il servizio internet NTP (Network Time Protocol).

Per individuare la posizione della stella variabile che vogliamo osservare, ci possiamo avvalere sia di un planetario che delle cartine di riferimento disponibili sul sito AAVSO sulla pagina Variable Star Plotter (VSP) all'indirizzo: www.aavso.org/vsp, fig. 3.

A questo punto siamo in grado di puntare il nostro telescopio sulla nostra stella variabile, avendo cura di inquadrare anche almeno due o tre stelle di confronto riportate nella cartina AAVSO, fig. 4, che serviranno per la successiva analisi fotometrica.

3. Acquisizione delle immagini

Il tempo di esposizione da utilizzarsi dovrà essere sufficientemente lungo per ottenere un buon livello di segnale, mantenendosi lontani dal livello di saturazione della propria camera CCD (all'incirca 50 mila ADU di picco per camere non antiblooming e 30 mila ADU per camere con antiblooming).

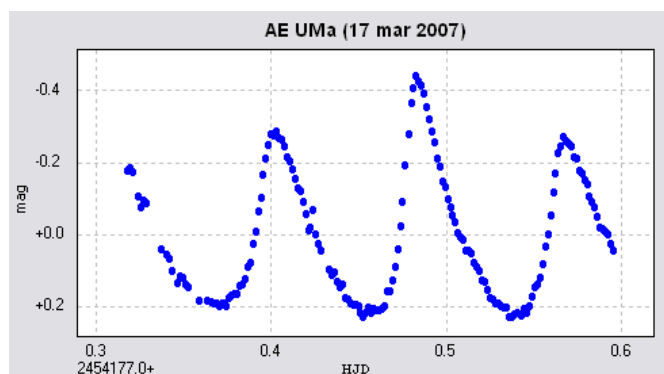


Fig. 2. Curva di luce di AE UMa acquisita il 17 marzo 2007 all'Osservatorio Astronomico del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Siena.

Variable Star Plotter (VSP)

VARIABLE STAR PLOTTER

WHAT IS THIS?
The Variable Star Plotter (VSP) is the AAVSO's online chart plotting program that dynamically plots star charts for any location on the sky, or for any named object currently in the Variable Star Index (VSI). By creating charts this way, every chart utilizes the most current data available. Through the use of unique Chart IDs, generated by the Variable Star Plotter, one user can plot a chart, and another user in different part of the world can plot an identical chart by simply using the same Chart ID. The Variable Star Plotter is the tool you should use to create any chart that you would like to use.

WHAT CAN I DO?
By entering an object name or its

PLOT A QUICK CHART...
WHAT IS THE NAME, DESIGNATION, OR AUID OF THE OBJECT?
Required if no coordinates are provided below
AE UMa

CHOOSE A PREDEFINED CHART SCALE
A is larger, slower; G is smaller, faster.
E

CHOOSE A CHART ORIENTATION
☐ Visual ☐ Reversed ☒ CCD

DO YOU WANT A CHART OR A LIST OF FIELD PHOTOMETRY?
☒ Chart ☐ Photometry Table

PLOT CHART

Fig. 3. la pagina AAVSO che ci permette di ottenere la cartina di riferimento di una determinata variabile, nel nostro esempio AE UMa.

Tabella 1

Variabile	RA	Dec	Periodo (giorni)	Periodo (ore)	Ampiezza	Magnitudine
SZ Lyn	08:09:35.8	+44:28:19.3	0.1205	2.8920	0.51	9.40
VZ Cnc	08:40:52.2	+09:49:27.9	0.1783	4.2792	0.50	7.65
BO Lyn	08:43:01.2	+40:59:51.0	0.0934	2.2416	0.25	11.90
BE Lyn	09:18:17.1	+46:09:11.7	0.0958	2.2992	0.39	8.82
AE UMa	09:36:53.0	+44:04:01.2	0.0860	2.0640	0.66	11.30

Variable Star Plotter (VSP)

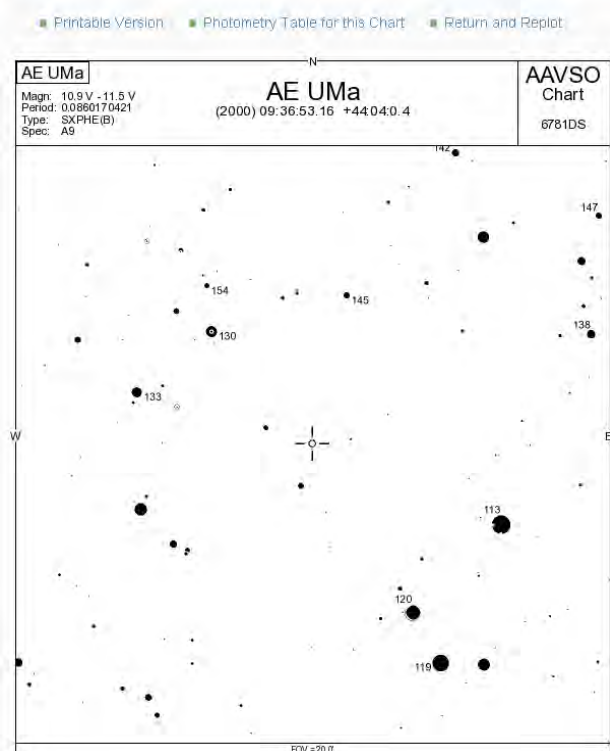


Fig 4. Cartina di riferimento AAVSO della variabile *AE UMa*, utile per individuare la stella variabile (al centro) e le stelle di confronto (identificate con un numero al fianco).

Occorre comunque non raggiungere il livello di saturazione, sia per la stella variabile che per le stelle di confronto. Con un telescopio di piccole dimensioni sarà sufficiente all'incirca una posa di **30 secondi** per una stella di decima magnitudine. Consiglio comunque di fare qualche prova. Per le stelle variabili meno luminose sarà necessario ricorrere a tempi di posa di diversi

minuti, per i quali sarà d'obbligo usare l'autoguida, ponendo molta attenzione allo stazionamento del telescopio per minimizzare gli effetti di deriva in declinazione ed alla rotazione di campo. Adesso possiamo iniziare ad acquisire la sequenza di immagini della stella variabile e, se il telescopio e l'autoguida saranno ben impostate, potremo anche andare a dormire (mettendo la sveglia all'alba), mentre la nostra strumentazione lavorerà per noi. Al termine della sessione osservativa sarà indispensabile riprendere le immagini accessorie di calibrazione (Dark e Flat frame) senza le quali il lavoro fin qui fatto potrebbe risultare compromesso.

4. Fotometria

Prima di proseguire con l'analisi fotometrica delle immagini acquisite sarà necessario attuare le consuete procedure di calibrazione ed allineamento delle immagini CCD (non ulteriormente spiegate in questa guida, si veda: www.astrosurf.com/buil/iris/tutorial15/doc38_us.htm). Per i prossimi passi useremo, a titolo di esempio, le immagini acquisite sulla variabile **DY Peg** del 29 settembre 2008. Le immagini sono state ottenute con un telescopio LX200 da 20 cm ed una camera CCD SBIG ST7-XME non antiblooming. Il tempo di esposizione è stato di 20 secondi per 500 frame che coprono un intervallo temporale di circa 3 ore e 30 minuti. Di seguito vediamo il primo frame della sequenza dove è evidenziata la posizione della variabile **DY Peg** e delle due stelle di confronto di magnitudine (V) di 12.041 e 12.435. La seguente scheda sintetizza alcuni concetti base riguardanti la fotometria d'apertura.

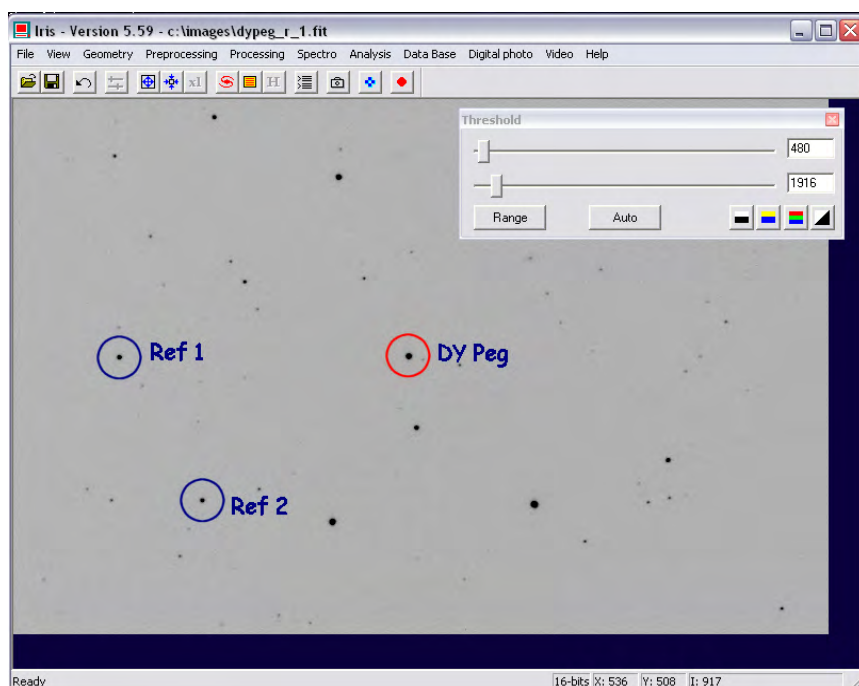


Fig 5. Prima immagine della sequenza su *DY Peg*. Sono evidenziate la posizione della variabile e delle due stelle di confronto.

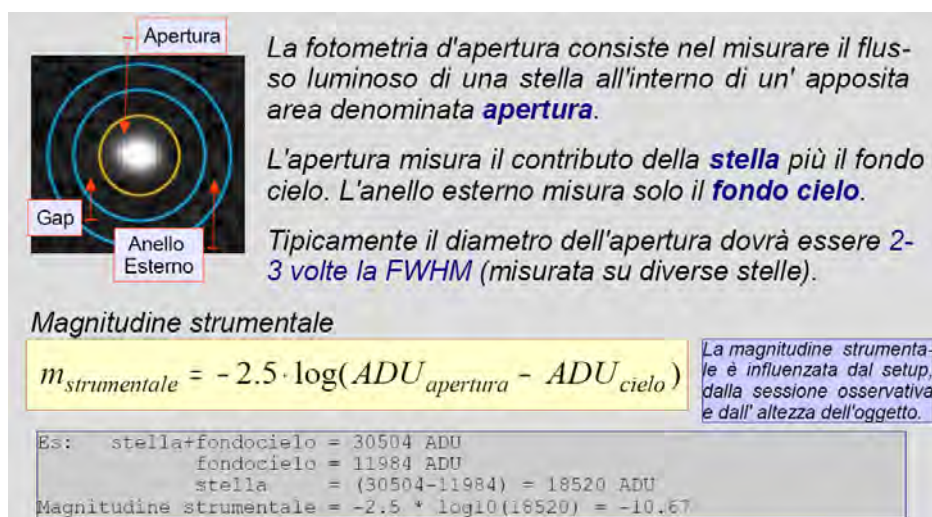


Fig. 6. I principali concetti della fotometria d'apertura

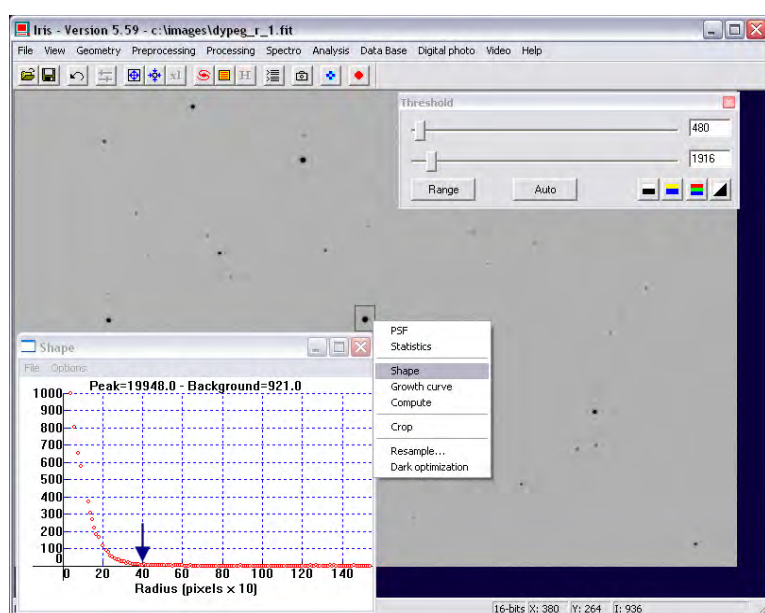
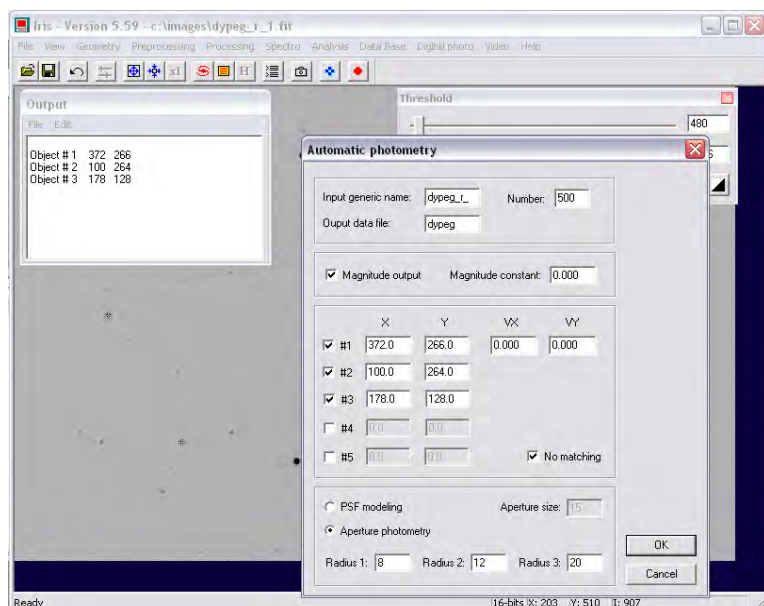


Fig. 7. Il profilo della stella ci permette di individuare il raggio dell'apertura.

Con IRIS, per stabilire quale sia il miglior raggio d'apertura per la nostra sessione, possiamo usare il comando [Shape], raggiungibile selezionando la stella con il mouse e facendo click con il tasto destro (fig. 7). Nel nostro caso con un raggio d'apertura di 4 pixel riusciamo a misurare l'interno flusso luminoso della stella. Procediamo adesso con la vera e propria analisi fotometrica della stella variabile.

Con il primo frame visualizzato diamo il comando del menù [Analysis]-[Select Objects] e selezioniamo con il mouse rispettivamente la posizione della variabile DY Peg e delle due stelle di confronto, quindi [Analysis]-[Automatic photometry...]. Le coordinate (X e Y) della variabile (#1) e delle due stelle di confronto ci vengono mostrate in automatico, fig. 8. Completiamo con il nome della sequenza (dypeg_r_), il numero di frame (500), ed infine con il file dei risultati (dypeg). Premendo il tasto [OK] vedremo scorrere i vari frame in sequenza. Il risultato dell'analisi fotometrica verrà automaticamente salvato sui alcuni file di IRIS. Per controllare subito il risultato possiamo usare la funzione [View]-[Plot] e dalla finestra visualizzata potremo caricare il file [File]-[Load]-[verif.dat] ottenendo il grafico di verifica che ci mostra la curva di luce della stella variabile (fig. 9). Volendo si può usare anche un foglio di calcolo per visualizzare il grafico (fig. 10), ma in questo caso sarà meglio usare il file delta2.dat che riporta per ogni punto la data giuliana e la magnitudine differenziale e potrà essere utilizzato anche per scambiare i propri dati con altri osservatori.

Fig. 8. Fotometria automatica con IRIS



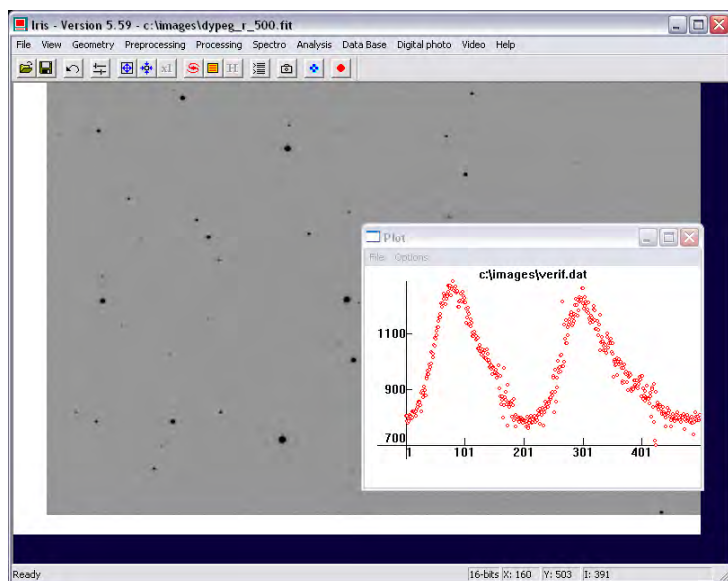


Fig. 9. Curva di Luce della variabile DY Peg ottenuta con il comando plot ed il file verif.dat.

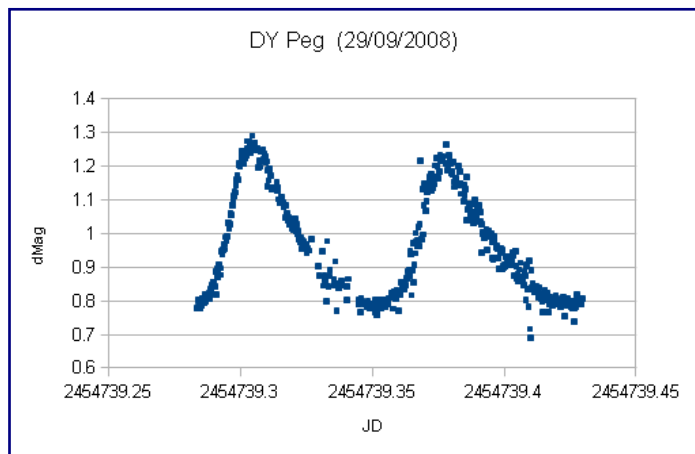


Fig. 10. La curva di luce di DY Peg ottenuta con un foglio di calcolo ed il file delta2.dat

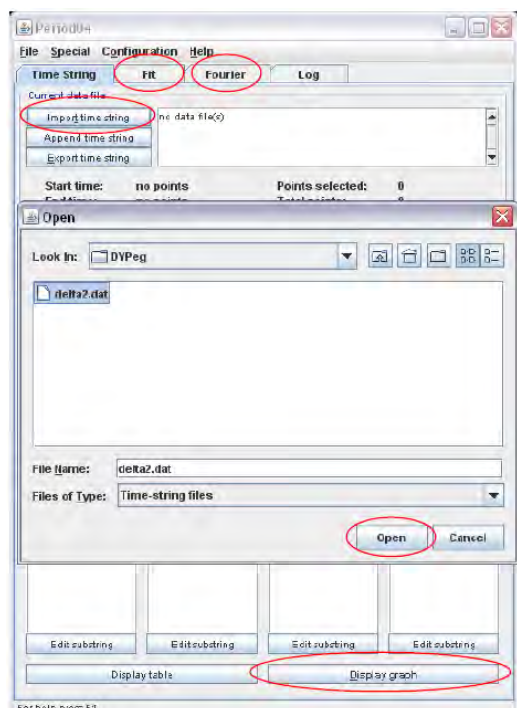


Fig. 11. Importazione dei dati della fotometria.

La nostra curva di luce mostra due massimi e due minimi, da cui si deduce che sono stati osservati due cicli completi durante un intervallo di 3.5h, il periodo sarà quindi all'incirca della metà del tempo. Notare come l'aspetto della curva di luce sia tipico delle stelle variabili pulsati, una rapida salita ed una discesa più dolce.

5. Analisi del Periodo

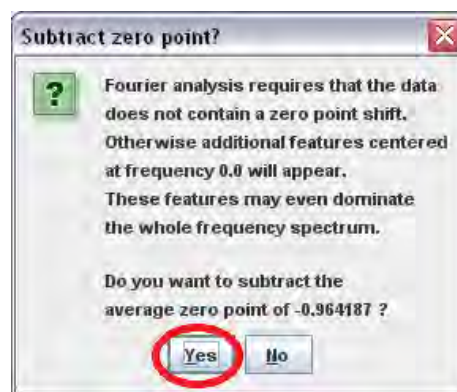
Adesso proviamo a calcolare il periodo di pulsazione della stella variabile in modo più accurato, avvalendoci di un software specifico di analisi (**Periodo4**), liberamente scaricabile all'indirizzo: www.univie.ac.at/tops/Periodo4/.

Carichiamo il risultato della fotometria ottenuta con IRIS, con il tasto [Import time string], indicando il file delta2.dat ed il tasto [Open], fig. 11.

Ci verrà mostrata la finestra con i nostri dati che confermeremo con il tasto [OK], fig. 12.

Dalla finestra principale di "Periodo4", il tasto in basso a destra [Display graph], fig. 11, ci permetterà di ottenere ancora una volta la nostra curva di luce, fig. 13. Sempre dalla finestra principale, fig. 14, selezioniamo adesso il tab [Fourier], lasciando i valori preimpostati. I valori From: e To: indicano la frequenza iniziale e finale da cui parte la ricerca del periodo. Per frequenza si intende il numero di cicli di variazione che avvengono in un giorno. Con il tasto [Calculate] avvieremo l'analisi del periodo.

Dopo un veloce calcolo, ci verrà subito mostrata la seguente finestra alla quale risponderemo con [Yes].



Ed ecco finalmente il periodo calcolato. Confermiamo con [Yes] sulla finestra che ci informa che è stata trovata una frequenza $F=13.7127185$ cicli al giorno, corrispondente al periodo $P=1/F=0.072925d \times 24=1.75h$, fig. 15. Il periodo che abbiamo trovato si avvicina molto a quello riportato dall'AAVSO (0.0729261) sulla cartina di riferimento per questa variabile.

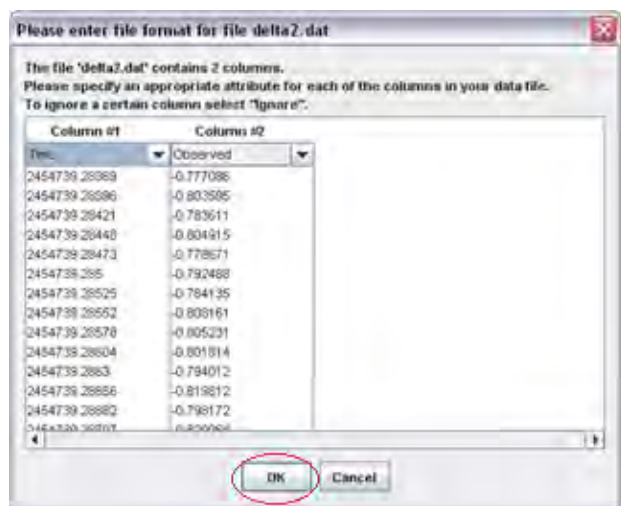
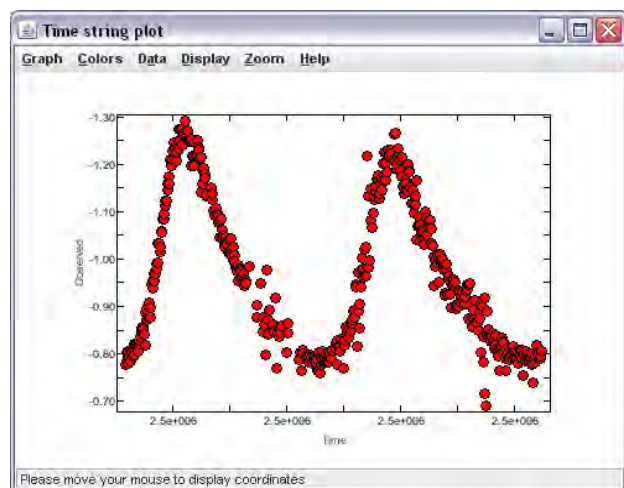


Fig. 12. La finestra di caricamento mostra i dati della fotometria.



Dalla finestra principale e sul tab [Fit], accediamo al bottone in basso a destra [Phase diagram] ottenendo il grafico di fase. Il grafico di fase, fig. 16, rappresenta una diversa modalità con la quale possiamo visualizzare una curva di luce, noto il periodo, le variazioni di ampiezza si ripeteranno sempre identiche tra di loro tra la fase zero e la fase uno. Il tempo che intercorre tra le due fasi (0 ed 1) è per l'appunto il periodo, nel nostro caso 1.75h.

5. Per concludere

In questo articolo abbiamo visto come sia possibile usare la nostra attrezzatura per iniziare lo studio delle stelle variabili, un settore interessantissimo della ricerca scientifica che può riservare delle grandi soddisfazioni. Consiglio vivamente gli interessati ad iscriversi alla mailing list SSV-UAU-GRAV, uno strumento importante per accrescere in conoscenza ed esperienza e tramite la quale si potranno scambiare informazioni, esperienze, problemi, consigli con altri appassionati.

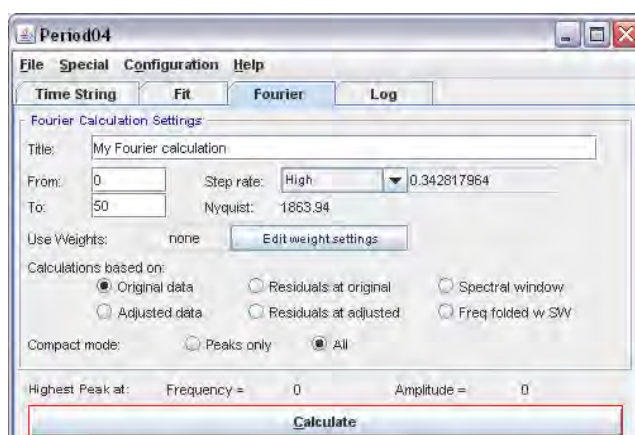


Fig. 14. Finestra per la ricerca del periodo

Fig. 13. Curva di luce ottenuta con Periodo4.

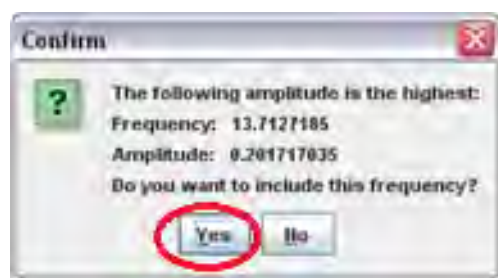
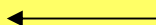


Fig. 15. La frequenza calcolata da Periodo4

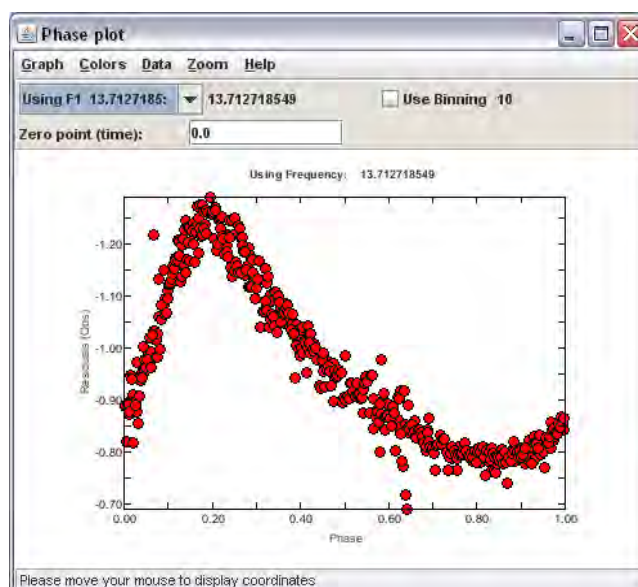


Fig. 16. Diagramma di fase della variabile DY Peg ottenuta con Periodo4, una volta calcolato il periodo.

ED ORA... UNA PROPOSTA OSSERVATIVA!
NEL CORSO DEL MESE DI APRILE
SEGUIAMO LE STELLE VARIABILI:

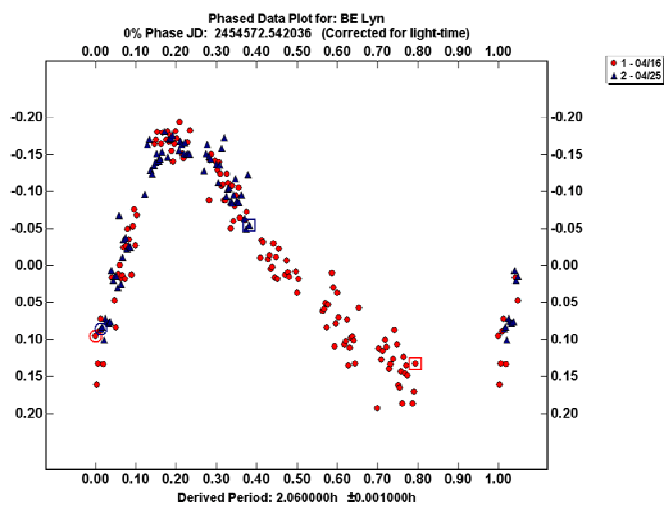
Variabili	A.R. (J2000)	Decl. (J2000)	Magn	Periodo in ore
BE Lyn	09h 19m 17s	46° 09' 11"	8.8	2.2992
AE UMa	09h 36m 53s	44° 04' 01"	11.3	2.0640
EH Lib	14h 58m 56s	-00° 56' 53"	9.9	2.1216

BE Lyn e AE UMa sono osservabili nella prima parte della notte. EH Lib può essere seguita per l'intera nottata.

ESEGUITE LE RIPRESE DURANTE ALCUNE ORE DELLA NOTTE, SEGUENDO ATTENTAMENTE LE INDICAZIONI DELL'ARTICOLO.

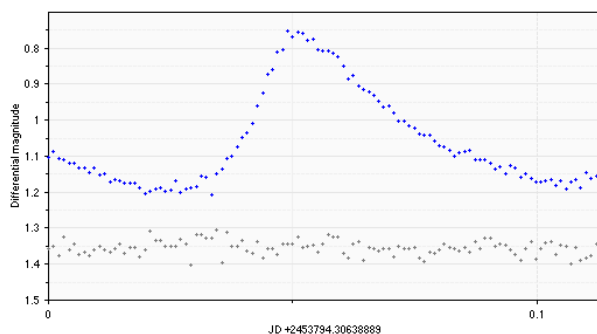
INVIATE LA CURVA ALL'AUTORE: lor-franco@libero.it
ed a EAN: info@eanweb.com

GRAZIE!

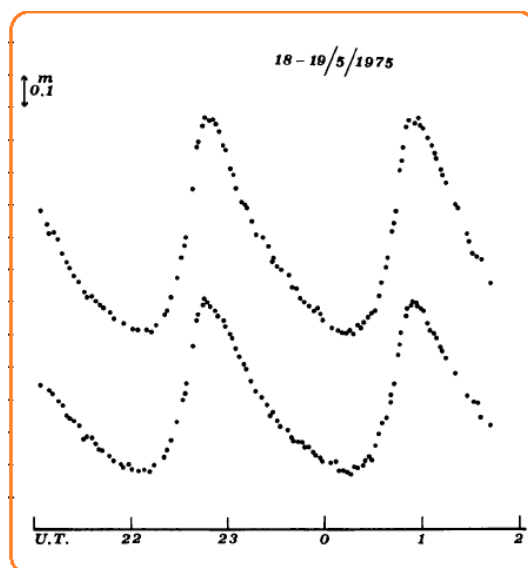


Curva di luce di BE Lyn

60 sec. unfiltered exposures. Comp star: GSC 1234 4321, err = 0.021



Curva di luce di AE UMa



Curve di luce nella banda U (in alto) e V, sotto, di EH Lib

Per EH Lib potrebbe essere interessante la lettura di questo articolo in inglese: http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?1977A%26AS...29..321B&data_type=PDF_HIGH&w_hole_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf



Lorenzo Franco, nato a Monte S. Angelo (FG), è appassionato di Astronomia da sempre, tanto da conseguire la Laurea in Astronomia presso l'Università di Bologna. Vive e lavora a Roma nel settore dell' Information Technology di una Banca. Dal 2005 si dedica nel tempo libero all'osservazione di asteroidi e comete ed alla ricerca scientifica amatoriale, collabora con la Sezione Stelle Variabili dell'UAI.

DOLOMITES ASTRONOMICAL OBSERVATORY

Un Osservatorio astronomico nella splendida cornice delle Dolomiti di Madonna di Campiglio

Matteo Maturi
maturi@uni-heidelberg.de



Già da qualche anno è attivo nei pressi di Madonna di Campiglio ai piedi delle Dolomiti di Brenta, un osservatorio che alterna le sue attività tra ricerca scientifica, divulgazione e apertura verso gli astrofili.

Il Dolomites Astronomical Observatory è collocato in una fortunata posizione, si trova infatti a 1720m di quota all'interno di una delle aree protette più pregiate d'Italia, il Parco Naturale Adamello-Brenta, e sul tetto di uno dei maggiori alberghi del Trentino, il Carlo Magno Hotel SPA & Resort, www.hotelcarlomagno.com/.

Oltre al buon cielo e alla quota, il fatto di essere associato ad un albergo favorisce tutti coloro che desiderano coniugare l'osservazione astronomica con una vacanza completa di tutti i comfort, ai quali si aggiungono poi tutte le ulteriori strutture annesse, quali le sale conferenze, a disposizione anche delle associazioni astrofili.

L'osservatorio, che è dotato di una cupola da 3 metri di diametro, contiene, come strumento principale, un Ritchey-Chretien Officina Stellare da 408mm di diametro aperto a $f/8$, (si veda la foto a fianco). Ad esso si accede tramite una terrazza dalle dimensioni di 4x5metri con tanto di tetto scorrevole per ospitare comodamente la strumentazione degli ospiti. La dislocazione delle "aree astronomiche" è comoda essendo raggiungibile direttamente dalla propria camera e dal bar sottostante, permettendo di rifocillarsi durante le lunghe nottate di osservazione. L'orizzonte, aperto specialmente a sud, è ampio e non supera mai i 15 gradi di altezza dove viene delineato dal profilo delle Dolomiti di Brenta.

La strumentazione

Il 40 cm di Officina Stellare ha un'ottica in vetro ceramica della Intes (russa) e una struttura a giorno che utilizza materiali compositi e in lega leggera (carbonio, alluminio, ecc.). Un sistema di anticondensa mantiene lo specchio sopra la temperatura critica tramite una resistenza elettrica sia sullo specchio primario che su quello secondario anche se in realtà fino ad ora non è mai stato necessario il suo impiego. L'ottica è sostenuta da una montatura Paramount ME che da quanto abbia-





mo accertato, garantisce le prestazioni promesse.

Infatti la precisione di puntamento è mediamente al di sotto del primo d'arco, mentre le misure dell'errore periodico hanno mostrato un periodismo di $+0.8''/-1.1''$ ancora prima delle correzioni elettroniche. Quando poi si usa il PEC e T-point, un programma che, avendo come riferimento fino a 500 stelle, permette di correggere le distorsioni meccaniche di puntamento e inseguimento correggendole, le deviazioni riportate diventano pressoché trascurabili. In ogni caso è presente un'autoguida (separata) che si avvale di un rifrattore Vixen 80/900. Un sistema integrato nella montatura evita che lo strumento urti qualche parte, anche per un eventuale comando errato. Quest'ultima funzione è particolarmente importante in quanto lo strumento è gestibile da remoto e, assieme alla stazione meteo, permette una gestione sicura e completamente automatizzata dell'osservatorio. Infatti, la maggior parte delle riprese vengono condotte in automatico con le richieste di osservazioni processate in base a criteri di priorità.

Al fuoco del telescopio è collegato un CCD della Finger Lake Instrument con sensore KAF 1001E da 1024×1024 pixel, per una dimensione di $2,45 \times 2,45$ cm (con pixel di 20 micron). La ruota porta filtri ospita l'intera serie fo-

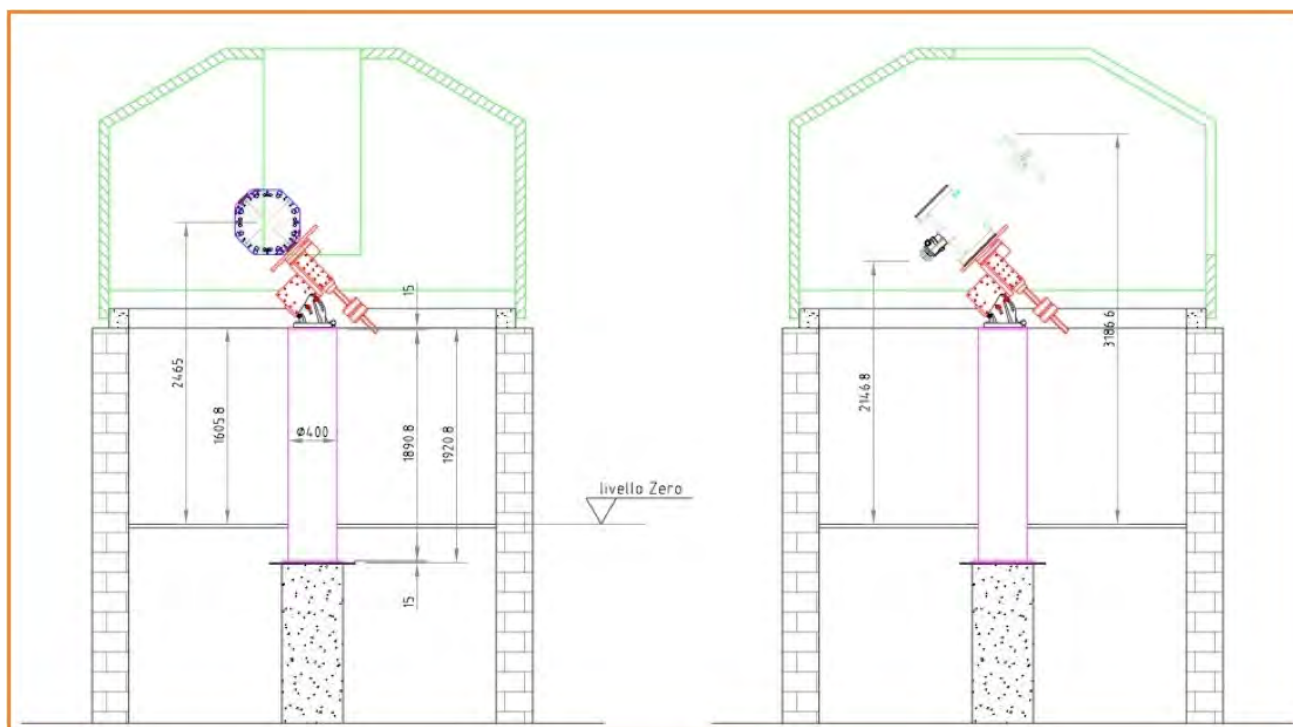


La galassia M101 e la supernova SN2011fe, ripresa l'11 agosto 2011 al telescopio di 408mm RC dell'Osservatorio.

tometrica della Sloan Digital Sky Survey (u'g'r'i'z') più un filtro interferenziale H-alpha e un filtro per la luminosità. Da notare che i filtri SDSS, oltre a rappresentare uno dei migliori standard per la fotometria, sono di recente concezione e quindi ottimizzati per l'uso con camere CCD, permettendo di sfruttarne le potenzialità anche in campo astrofotografico. Con esposizioni relativamente brevi, attorno ai 15 minuti, è possibile compiere misurazioni fotometriche fino alla magnitudine 21 in banda r' come, per esempio, facciamo per l'osservazione delle esplosioni di raggi gamma (GRB).



Camera CCD della Finger Lake Instrument con sensore KAF 1001E da 1024×1024 pixel, $2,45 \times 2,45$ cm e pixel di 20 micron.



Il progetto dell'Osservatorio

A completare la gamma degli accessori vi è poi un filtro H-alfa SOLARMAX 60/BF 10, con larghezza di banda totale di $<0.7\text{\AA}$, utilizzato per l'osservazione della cromosfera e delle protuberanze solari.

L'Osservatorio è a disposizione degli astrofili

L'Osservatorio è aperto agli astrofili, i quali possono disporre di spazi appositamente creati, come la terrazza con tetto scorrevole adatta ad accogliere comodamente la strumentazione portatile. La terrazza, e i locali annessi, possono essere prenotati, mentre, per ora, lo strumento principale è visitabile solamente con un accompagnatore. Grazie al sistema di gestione remota precedentemente descritto, il telescopio è comandabile da qualsiasi locale dell'albergo (stanze, sala controllo, sale conferenze, ecc.) dove lo si può anche vedere in azione grazie ad una camera ad infrarossi che lo inquadra. Per rendere questo strumento accessibile a tutti, stiamo realizzando un programma a diversi livelli (di base, standard e avanzato) per permetterne un uso semplice e sicuro a tutti. Le sale conferenze dell'hotel sono poi ideali per le associazioni astrofili che desiderino organizzare i loro incontri.

La divulgazione astronomica in Osservatorio

L'osservatorio è attivo nel campo della divulgazione con presentazioni settimanali durante i periodi di apertura dell'albergo. Durante questi incontri, il pubblico ha la

possibilità di osservare il cielo dalla terrazza con tetto scorrevole e di seguire in diretta quanto viene ripreso dal telescopio principale rimanendo comodamente seduti in un comodo e vasto salone al piano terreno. Tutte le osservazioni sono commentate anche con il supporto di materiale audiovisivo di qualità professionale.

Oltre a soddisfare la curiosità dei profani e ad operare attivamente in ambito didattico e divulgativo, in Osservatorio ci si occupa di formazione attraverso corsi di aggiornamento per insegnanti delle scuole superiori tedesche. Diversi ricercatori provenienti da Germania, Italia e Austria, hanno tenuto corsi monotematici rivolti agli insegnanti.



La terrazza con tetto scorrevole durante il lavoro notturno



Un corso di aggiornamento per insegnanti tenuto in una delle sale dell'hotel.

Eventi

Data la bellezza del luogo e le notevoli strutture a disposizione, nei programmi delle attività dell'Osservatorio non potevano certo mancare eventi come, ad esempio, la **"Settimana astronomica"** che, dall'oramai lontano 1994, ha visto decine di edizioni.

Sempre vivi sono i ricordi delle scrivente: lunghe notti passate con altri appassionati nei prati intorno all'Hotel, con i telescopi caricati, per il trasporto, sul nostro vecchio glorioso furgoncino. Da quei giorni la **"Settimana Astronomica"** si è molto arricchita in contenuti e tematiche; l'astrofilo può, infatti, presentare e condividere i propri risultati e imparare da astronomi professionisti che partecipano alla manifestazione appositamente per illustrare le ultime scoperte nel loro specifico campo di ricerca e per osservare insieme il cielo delle Dolomiti. E' sicuramente la cosa più bella vedere amatori e professionisti che tra un'osservazione al telescopio, un caffè, un'escursione in montagna e una ripresa CCD, approfondiscono e discutono argomenti, magari esposti durante una delle conferenze diurne.

Ricerca scientifica

Per quanto riguarda le altre attività, oltre alla divulgazione e all'astrofotografia, il Dolomites Astronomical Observatory è impegnato in diversi progetti di ricerca: astrometria di asteroidi e comete, con un particolare riguardo ai NEO (Near Earth Objects), ai pianeti extrasolari, tramite misure fotometriche e di esplosioni di raggi gamma (Gamma Ray Bursts). Per questi ultimi la velocità di risposta è fondamentale in quanto i fenomeni fisici più interessanti avvengono proprio nei primi minuti successivi al loro rilevamento nella banda dei

raggi gamma o X, segnalata dagli osservatori spaziali. Queste attività sono svolte grazie anche a proficue collaborazioni con l'Università di Heidelberg, di Porto, del North Carolina at Chappel Hill e dell'Astronomical Research Institute. Ad oggi si possono vantare diverse pubblicazioni di circolari del Minor Planet Center (MPEC), del Gamma-ray Coordinates Network (GNC) e, in preparazione, abbiamo un articolo su *Astronomy and Astrophysics* riguardante il pianeta extrasolare WASP-3b.

Coordinate dell'Osservatorio:

Latitudine: 46°14'29' N

Longitudine: 10°50'13" E

Altezza: 1720m s.l.m.

Per informazioni, contattare:

Dr. Matteo Maturi

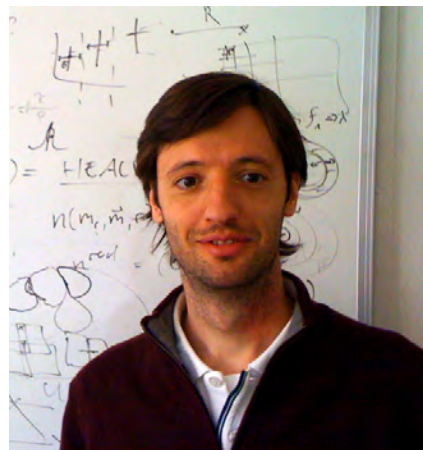
<http://www.dolomitesobservatory.it/>

<http://www.hotelcarlomagno.com/>

info@hotelcarlomagno.com

Tel. +39 0465-441010

Fax. +39 0465-440550



Matteo Maturi, cresciuto a Madonna di Campiglio, si è appassionato di astronomia sin dalle scuole medie quando ha iniziato ad osservare il cielo con un binocolo. Si è iscritto alla facoltà di astronomia presso l'Università di Padova conseguendo la laurea, 110 cum laude, alla fine del 2002. Nel 2000 ha condotto un esperimento a gravità zero durante una campagna di voli parabolici dell'ESA. Ha conseguito il dottorato di ricerca nel 2006 per poi spostarsi in Germania, dove ha lavorato come ricercatore presso il Max Planck Institute for Astrophysics e l'Istituto di Astrofisica teorica dell'Università di Heidelberg dov'è tutt'ora occupato. E' rimasto legato al suo luogo di origine, tanto da fondare e dirigere, dal 2005, il Dolomites Astronomical Observatory descritto in questo articolo.

PROGETTO: “IL CIELO SOPRA DI NOI: OSSERVIAMOLO!”

**Una nuova campagna osservativa sul sistema con pianeta extrasolare:
HAT-P-36b**

NOTA INTRODUTTIVA

Il progetto: “Il cielo sopra di noi: osserviamolo!” PICCOLI PROGRAMMI OSSERVATIVI da proporre agli astrofili tramite le NEWSLETTER EAN e ASTRONOMIA NOVA

L'idea di fondo del progetto è di proporre **piccoli programmi osservativi per l'intera annata 2012** che riguarderanno una vasta gamma di oggetti e fenomeni astronomici: comete, asteroidi, transiti, stelle variabili, sciami meteorici. Le proposte osservative saranno divulgate tramite le NEWSLETTER EAN e la rivista ASTRONOMIA NOVA.

OBIETTIVI DEL PROGRAMMA: Nessuna organizzazione nazionale, attiva nel settore della divulgazione astronomica, si è mai posta l'obiettivo di fornire agli astrofili un adeguato supporto a livello osservativo e di ricerca scientifica di base. EAN è in controtendenza: si propone, infatti, sia di stimolare l'interesse scientifico degli astrofili, sia di fornire loro utili indicazioni tecniche per l'esecuzione di progetti di ricerca di un livello medio. Ricordiamo che molti astrofili hanno a disposizione telescopi anche di grosse dimensioni, oltre a camere CCD o CMOS in grado di fornire prestazioni semi-professionali. Ma, come risulta da un'analisi preliminare dei dati del censimento nazionale degli Osservatori astronomici che abbiamo promosso nel dicembre scorso (si veda la nota di **Mirco Villi** e **Nicolò Conte**, www.eanweb.com/2012/il-censimento-ean-delle-associazioni-osservatori-astronomici-e-planetari-pubbliciprivati-in-italia/) la strumentazione è purtroppo in gran parte sottoutilizzata. La rivista online ASTRONOMIA NOVA, www.eanweb.com/rivista-astronomia/, è stata promossa da EAN allo scopo di fornire un servizio informativo che non si limita alla pura e semplice divulgazione ma che comprende anche un'opera di diffusione delle conoscenze tecnico-scientifiche legate all'osservazione del cielo.



**UNA NUOVA CAMPAGNA OSSERVATIVA
DEI TRANSITI DEL PIANETA
EXTRASOLARE HAT-P-36b**

Il progetto “**Il cielo sopra di noi: osserviamolo!**” prosegue con una nuova proposta per l'osservazione di alcuni transiti extrasolari prodotti dal pianeta **HAT-P-36b**.

Il Progetto HATNet e la scoperta di pianeti extrasolari in transito

Il pianeta HAT-P-36b è stato scoperto dall'Automated Telescope Network (HATNet), un sistema costituito da una rete di sei piccoli telescopi completamente automatizzati.

L'obiettivo scientifico del progetto è di individuare e caratterizzare pianeti extrasolari con il metodo dei tran-



siti, esso è gestito dall'Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.

L'acronimo sta per HAT, Hungarian Automated Telescope perché è stato sviluppato da un piccolo gruppo di astronomi ungheresi. Il progetto è iniziato nel 1999 ed è pienamente operativo dal maggio 2001. Attualmente si utilizzano sei telescopi che utilizzano obiettivi fotografici Canon di 11 cm di diametro a $f/1.8$, e un FOV di $8^\circ \times 8^\circ$ e di CCD 2000x2000 fotoelementi, collocati al Kit Peak Observatory in Arizona.

Dal 2009, tre altre località hanno aderito al progetto HATNet con telescopi di design completamente nuovo. I telescopi sono distribuiti in Australia, Namibia e Cile. Ogni sistema è costituito da 8 astrografi (quasi) in parallelo, Takahashi, 180 mm, $f/2.8$ con CCD Apogee 4000x4000 fotoelementi.

HAT-1 è stato sviluppato da Gaspar Bakos e dal Konkoly Observatory di Budapest. Finora HAT ha scoperto una trentina di pianeti extrasolari.

HAT-P-36b

La stella HAT-P-36 ha una massa ed un diametro pressoché identici a quelli del Sole. La sua luminosità apparente è $V = 12.26$ e la distanza da noi di 300 pc circa.

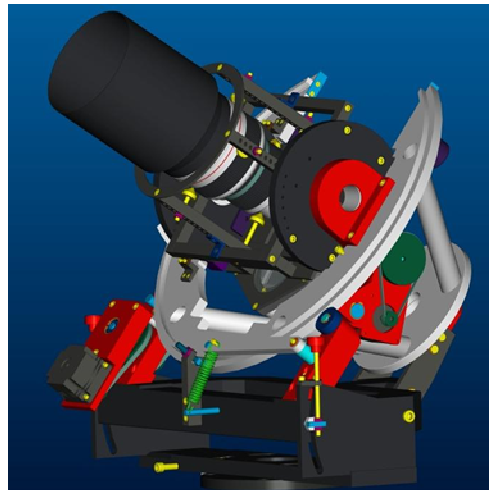
HAT-P-36b, la cui scoperta è stata annunciata nei primi giorni di gennaio 2012, ha un periodo molto breve, circa 32 ore e una massa quasi due volte quella di Giove, mentre il suo raggio è 1.2 volte quello di Giove. Si conoscono, al momento, solo due altri pianeti che, entro il 10% dei valori, sono simili ad HAT-P-36b: TrES-3b e WASP-3b.

- Basic data :

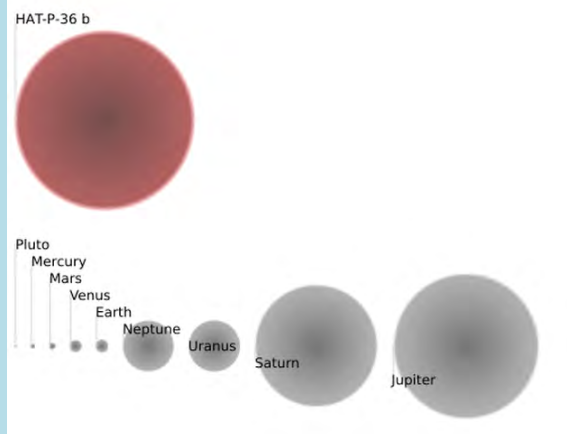
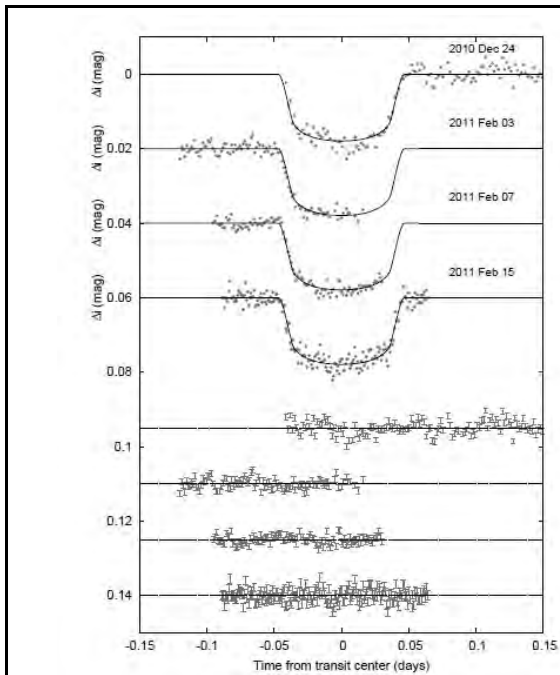
Name	HAT-P-36 b
Discovered in	2012
$M \sin i$	$1.832 (\pm 0.099) M_J$ ref.
Semi major axis	$0.0238 (\pm 0.0004) AU$ ref.
Orbital period	$1.327347 (\pm 3e-06) days$ ref.
Eccentricity	$0.063 (\pm 0.032)$ ref.
ω	$95 (\pm 63) deg.$ ref.
Radius	$1.264 (\pm 0.071) R_J$ ref.
$T_{transit}$	$2455565.18144 (\pm 0.0002)$ ref.
$T_{sec-transit}$	$2455565.844 (\pm 0.027)$ ref.
Inclination	$86 (\pm 1.3) deg.$ ref.
Update	14/01/12

- Basic data :

Name	HAT-P-36
Distance	$317 (\pm 17) pc$ ref.
Apparent Magnitude V	12.26
Mass	$1.022 (\pm 0.049) M_{sun}$ ref.
Age	$6.6 (-1.8^{+2.9}) Gyr$ ref.
Effective Temperature	$5580 (\pm 100) K$ ref.
Radius	$1.096 (\pm 0.056) R_{sun}$ ref.
Metallicity [Fe/H]	$0.26 (\pm 0.08)$ ref.
Right Asc. Coord.	12 33 03
Decl. Coord.	+44 54 55

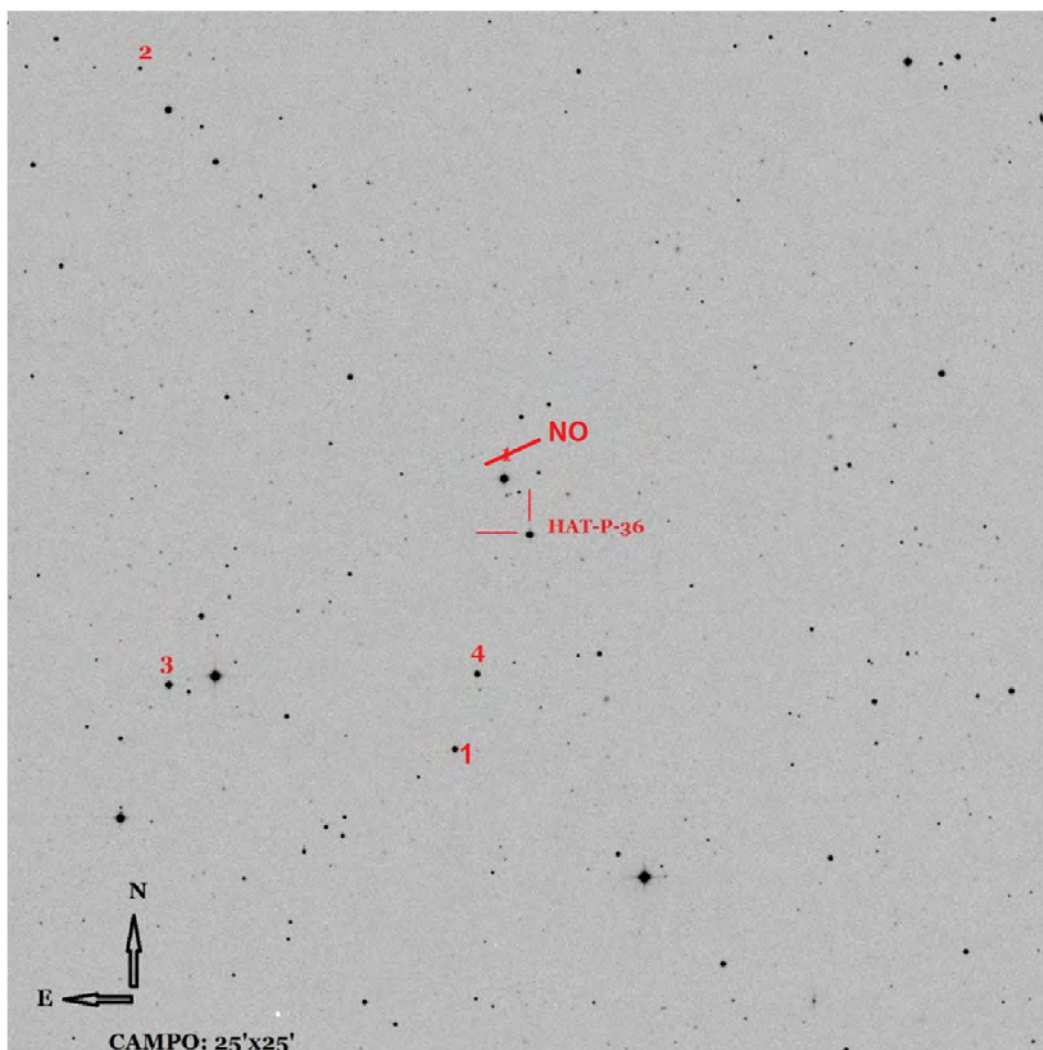


A sinistra la batteria di telescopi del progetto HAT, collocato all'Osservatorio di Kit Peak in Arizona. A destra, disegno del telescopio e della relativa montatura a ferro di cavallo.



A sinistra, le curve di luce di alcuni transiti di HAT-P-36b riprese dagli scopritori del progetto HAT (si veda l'articolo che riporta la scoperta: <http://arxiv.org/abs/1201.0659>).

Sopra, confronto tra le dimensioni del pianeta HAT-P-36b e i pianeti del Sistema solare.



IMPORTANTE: La stella TYC 3020-2195-1, indicata precedentemente con il numero 1, quale stella di confronto, è stata cancellata a seguito della segnalazione di **Giuseppe Marino** che ha scoperto essere una variabile Scuti, con un periodo di 1h e una caduta di luminosità di 0.015 magnitudini.

**TRANSITI DI HAT-P-36b
dal 2 al 14 aprile 2012**

Oggetto	Data	Inizio transi- to UT, h°	Metà transito UT, h°	Fine transito UT, h°	Inizio e fine delle riprese CCD UT (indicativo)
HAT-P-36	02/04/2012	21h 58m; 81°	23h 34m; 87°	0h 10m (03	21h 15m – 0h 45m
HAT-P-36	06/04/2012	21h 32m; 79°	22h 38m; 88°	23h 45m; 78°	21h 00m – 0h 30m
HAT-P-36	10/04/2012	21h 06m; 77°	22h 12m; 88°	23h 19m; 80°	20h 30m – 01h 00m
HAT-P-36	14/04/2012	20h 40m; 75°	21h 46m; 87°	22h 53m; 81°	20h 00m – 23h 40m

Come si riprende un transito extrasolare?

Per una chiara introduzione alle riprese dei transiti extrasolari potete consultare i seguenti documenti (in italiano):

<http://digilander.libero.it/nellut/PROCEDURE%20RIPRESE%20DIGITALI%20TRANSITI%20EXTRASOLARI.pdf>

http://www.angeloangeletti.it/ASTRO_UNICAM/2011/lezione11_1.pdf

http://win.eanweb.com/Coelum_articoli/Coelum_n_113_pp_32-37.pdf

http://www.astrofiliatavaldera.it/sezioni/extrasolare/2008/Transiti_ML.pdf

http://win.eanweb.com/Astrofilo_articoli/calanca_n_14_Astrofilo_1_parte.pdf

http://win.eanweb.com/Astrofilo_articoli/Calanca_15_6articolo2_Astrofilo.pdf

Documentazione in inglese:

<http://www.cornellcollege.edu/physics/courses/phy312/Student-Projects/Extra-Solar-Planets/Extra-Solar-Planets.html>

http://brucegary.net/book_EOA/x.htm

http://www.britastro.org/vss/ccd_photometry.htm

http://brucegary.net/book_EOA/ExoplanetObservingAmateurs2ndEdition.zip

Il link ai video illustrativi sulle tecniche di ripresa dei transiti, realizzati da Angelo Angeletti e Paolo D'Avanzo (INAF Osserv. Brera):

<http://www.youtube.com/watch?v=KNi5AeTNyqI>

<http://www.youtube.com/watch?v=wsbW5TRo9go>

Chi eseguirà l'analisi dei dati

Ricordiamo, inoltre, che l'analisi dettagliata e comparata delle curve sarà eseguita dall'astronomo **Andrea Mantegna**, che scriverà un articolo per uno dei prossimi numeri di ASTRONOMIA NOVA.

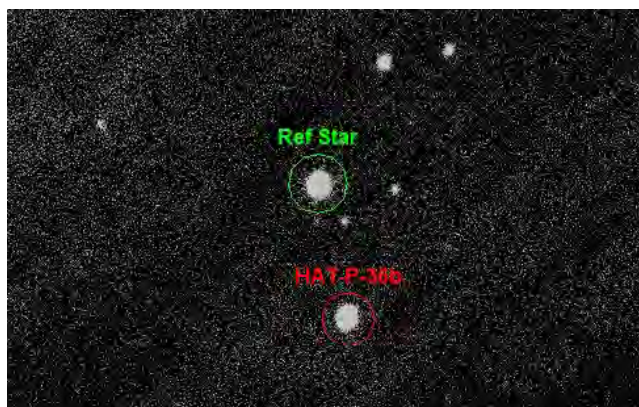
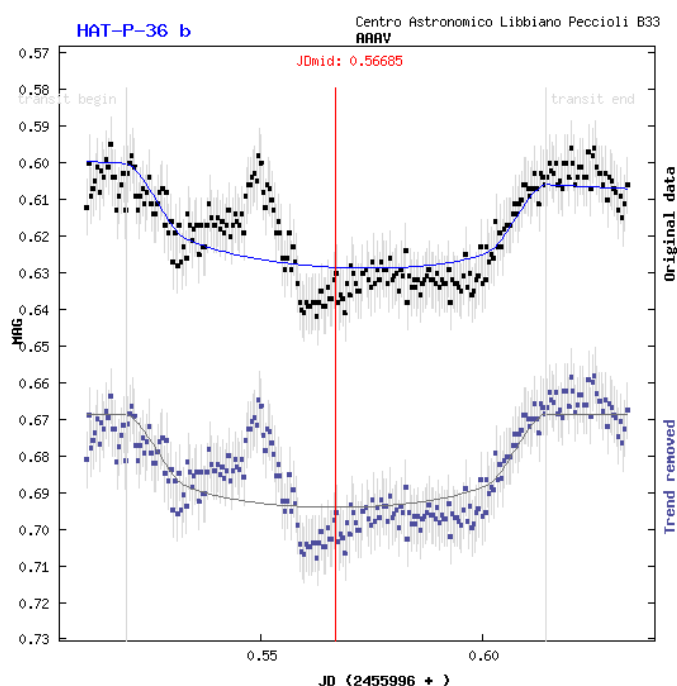
LE PRIME CURVE DI LUCE DI HAT-P-36B PER LA CAMPAGNA EAN

Le prime curve di luce di HAT-P-36 di questa nuova campagna osservativa sono state realizzate dall'**Associazione Astrofili Alta Valdera** e da **Nello Ruocco** (pag. 41), dei “veterani” in fatto di transiti extrasolari (sono attivi con ottimi risultati in questo settore fin dal 2007). L'AAAV, guidata da **Alberto Villa**, ha realizzato la curva del transito, sotto riportata, il 10 marzo, in condizioni meteo precarie (vento forte). Nonostante ciò, la caduta di luce è evidente e molto ben delineata. Il telescopio è il 50 cm dell'Osservatorio Astronomico di Libbiano - Peccioli (PI). Leggete il report osservativo compilato dall'AAAV:

<https://docs.google.com/file/d/0BxRVI4UFuL2kbHJ1elZ6WEduBy1KVjVEV1puRHFYZw/edit>.



All'Osservatorio di Libbiano, la notte tra il 9 ed il 10 marzo: da sinistra, Angelo Angeletti (vicedirettore EAN), Paolo Bacci, Paolo Piludu, Alberto Villa e Carlo Buscemi.



In alto: l'Osservatorio di Libbiano—Peccioli e, sotto, il telescopio di 50 cm. A fianco: la curva di luce del transito di HAT-P-36b del 10 marzo scorso e il campo con la stella di riferimento per la fotometria differenziale.

Nello Ruocco, dall'Osservatorio "Nastro Verde" sito in località Priora di Sorrento, <http://digilander.libero.it/nellut/index.html>, ha realizzato la curva di luce di **HAT-P-36b** durante il transito del 17 marzo. Nel corso della stessa notte, Nello ha così descritto la sua attività osservativa: *"La serata del 17 Marzo, non prometteva una buona riuscita delle osservazioni perchè alle ore 18.30 c'era un elevato tasso di umidità che mi ha inizialmente fatto desistere dall'aprire il portellone della cupola"*

Poi, improvvisamente si e' avuto un brusco calo della stessa e mi ha convinto ad iniziare le osservazioni.

Avevo comunque già preparato i dark di 4 minuti, prevedendo che con quel tempo avrei avuto un buon rapporto segnale/rumore sulla stella.

Ad inizio serata ho ripreso un minimo di una binaria ad eclisse anche per far acclimatare il telescopio e poi verso le 22.30 ho puntato HAT-P-36b.

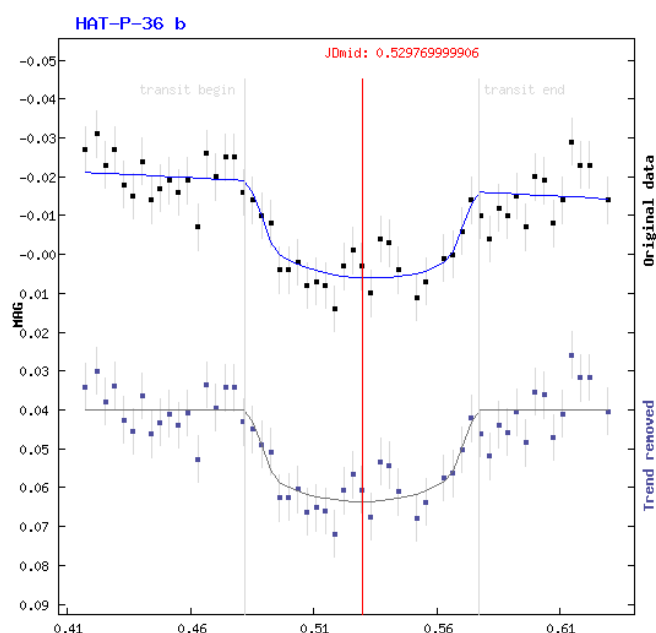
Metto a fuoco, scelgo il filtro fotometrico R Johnson-Cousin Astrodon ed faccio il primo scatto di 4 minuti.

Verifico il rapporto segnale/rumore S/R e noto che e' ancora un po' basso: pertanto scelgo di aumentare a 5 minuti l'esposizione, sperando che l'autoguida mantenga: in questo modo avrei anche abbattuto meglio la scintillazione, evitando la sfocatura.

Alle 24 UT faccio la prima fotometria veloce per verificare la presenza dell'inizio transito: c'è!

Vado avanti rifacendo di tanto in tanto la fotometria.

Va tutto bene fino a poco dopo la metà quando inizia qualche fastidiosa velatura.



Sospendo la sessione alle 3.10 UT, per il sopraggiungere delle nubi che non facevano sperare in possibili aperture del cielo!

Faccio a questo punto qualche dark di 5 minuti e riporto le armi quando ormai sono le 3.45 UT

Stamattina ho rifatto la fotometria definitiva utilizzando un master flat di qualche giorno fa e i dark ottenuti in fine serata"

Ecco la strumentazione utilizzata da Nello:

- Osservatorio Astronomico "Nastro Verde" MPC C82 - Sorrento (località Priora)
- Telescopio LX200 25 cm f/10 ridotto a 6.3
- riprese e autoguida con CCD Sbig ST7
- filtro R Johnson-Cousin Astrodon
- esposizione: 5 minuti
- dark, flat
- Gestione riprese ed elaborazione Maxim DL

Nello Ruocco è membro della sezione stelle variabili dell'UAI (Unione Astrofili Italiani) e co-responsabile della sez Stabia-Penisola Sorrentina di AstroCampania.



A sinistra, curva di luce di HAT-P-36b durante il transito del 17 marzo scorso, ottenuta da Nello Ruocco. Sopra, l'Osservatorio astronomico "Nastro verde" ed il telescopio in esso alloggiato.

FOTOMETRIA DI ASTEROIDI NEL MESE DI MARZO 2012

L'invito rivolto agli astrofili da **Lorenzo Franco** nello scorso numero della rivista, www.eanweb.com/2012/fotometria-degli-asteroidi-come-si-realizza-una-curva-di-luce/, per l'osservazione di alcuni asteroidi è stato accolto, tra gli altri, da **Giorgio Corfini** e **Roberto Zambelli**, i quali hanno ottenuto, rispettivamente, la curva di luce di **416 Vaticana** e **16 Psyche**.

Giorgio ha così commentato le sue osservazioni di **416 Vaticana**: “La strumentazione impiegata è la mia solita: Newton GSO apertura 200 mm f/4 e camera CCD -UAI. Le serate osservative sono state tre e la durata di ognuna è approssimativamente di 5 ore tant'è il periodo di Vaticana. Sarebbe stato meglio fossero state più lunghe ma il meteo è sempre stato sfavorevole e le nubi hanno limitato le sessioni. Come si vede dagli allegati, le curve di luce delle tre sessioni, elaborate con Peranso, <http://www.peranso.com/>, messe in fase (fig. 1) ed indagate riguardo al periodo di rotazione (fig. 2) con il metodo FALC suggerito da Lorenzo Franco, hanno rivelato un periodo di 5.372 ore che corrisponde esattamente a quello che si trova sul sito della NASA”.

A destra, Giorgio Corfini, autore di questa nota.

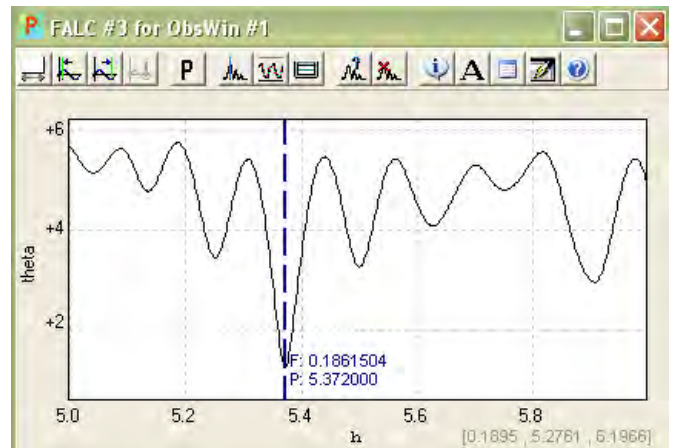


Fig. 2

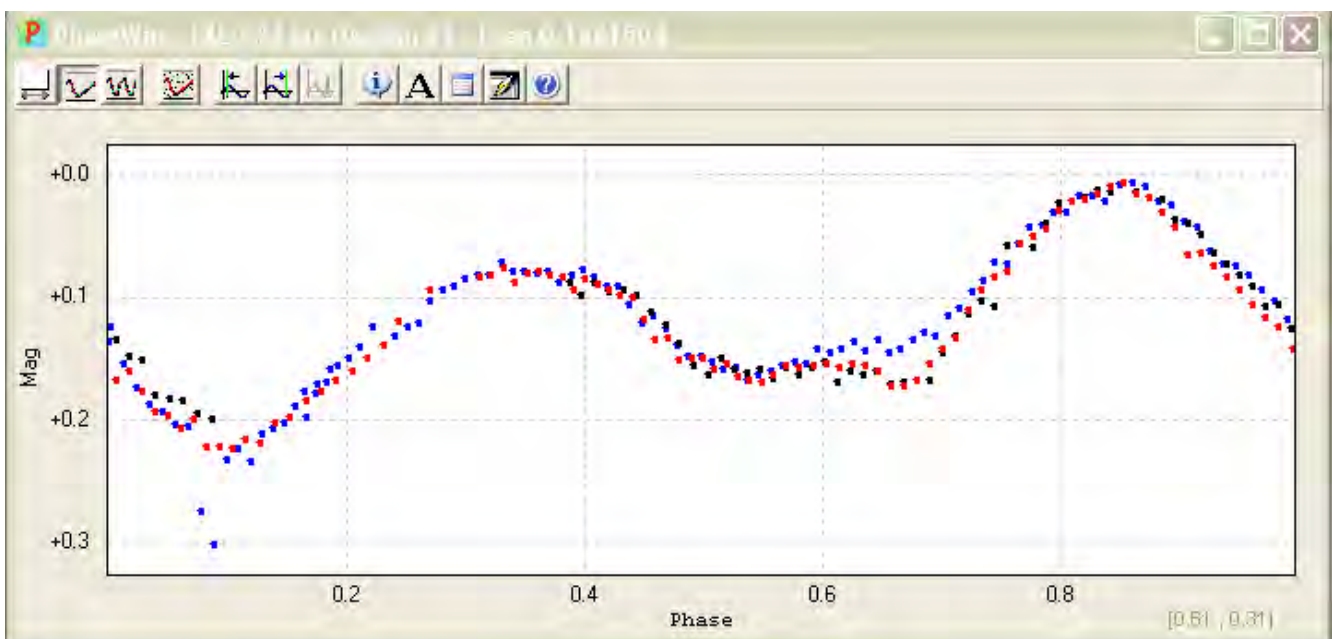


Fig.1

Report dell'osservazione fotometrica dell'asteroide 416 Vaticana

di Nello Ruocco

nello_ruocco@hotmail.com

Rispondendo all'invito di **Lorenzo Franco** su **Astronomia Nova** dello scorso mese, ho deciso, la sera del 19 Marzo, di provare a riprendere l'asteroide Vaticana per farne la fotometria. Anche se sono abbastanza esperto in fotometria di variabili e di pianeti extrasolari, questa esperienza sugli asteroidi posso dire che è la prima. La strumentazione utilizzata è la solita del mio osservatorio "Nastro Verde", codice MPC C82, con telescopio LX 200 25 cm f/10, ridotto a 6,3 e CCD Sbig ST7, si veda a pag. 42.

Dopo aver portato in temperatura la camera CCD, alle ore 18.30 ho puntato il campo dove si trovava l'asteroide e, simulando il movimento dell'asteroide su un planetario, ho verificato che durante l'intera notte esso riusciva a rimanere nel campo di vista del mio sistema di ripresa, per cui ho posizionato l'asteroide verso il bordo del campo e trovata la stella di guida col secondo sensore, ho iniziato le riprese. Ho effettuato e alcune prove sui tempi di posa prima di scegliere l'esposizione giusta con un buon rapporto segnale rumore: ho scelto 2 minuti senza uso di filtri. Sono andato avanti per l'intera notte controllando di tanto in tanto la fotometria che evidenziava le variazioni di luminosità. Verso le 4 ho sospeso le osservazioni ed effettuato una serie di dark frame. Fatta la fotometria e l'analisi con Peranso, www.peranso.com/, ne è risultato un periodo di 5.361h $\pm$ 0.0714, compatibile con quanto riportato sul sito Nasa (<http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=vaticana&orb=1>) dove il periodo è di $P = 5.372$, risultato più che buono considerando che la sessione ha coperto meno di due periodi. Ringrazio Lorenzo Franco per aver valutato i miei dati ed avermi dato preziosi suggerimenti.



Nello Ruocco, assiduo osservatore di transiti extrasolari e di stelle variabili dal suo Osservatorio "Nastro Verde" C82 nella penisola sorrentina.

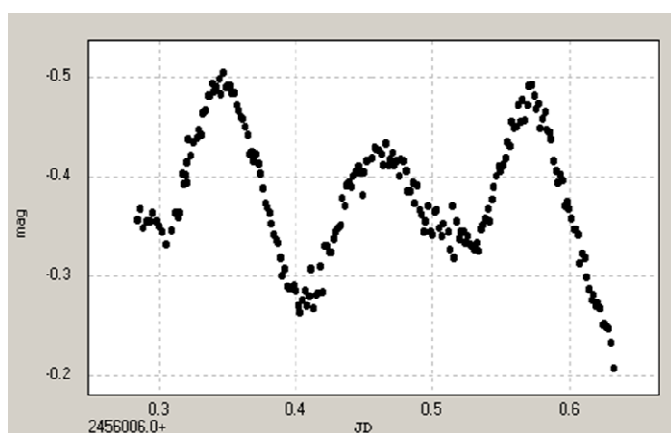
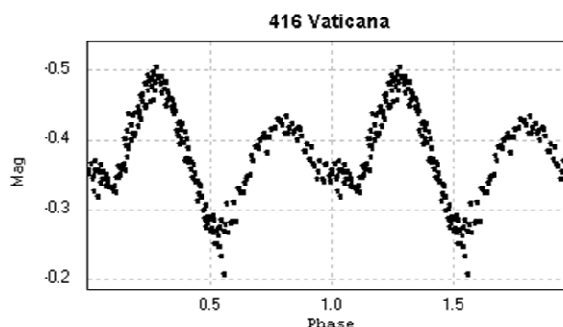
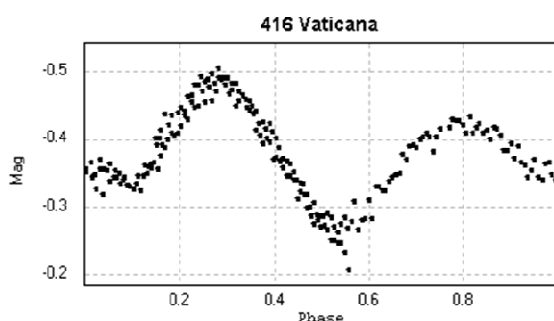


Grafico della curva di luce di 416 Vaticana durante la notte del 19 marzo scorso.



A sinistra, grafico con una sola fase mentre, a destra, due fasi complete

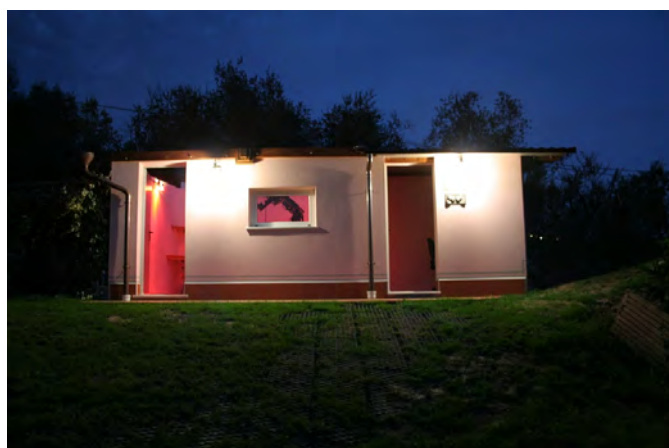
Curva di Luce di 16 Psyche

Roberto Zambelli

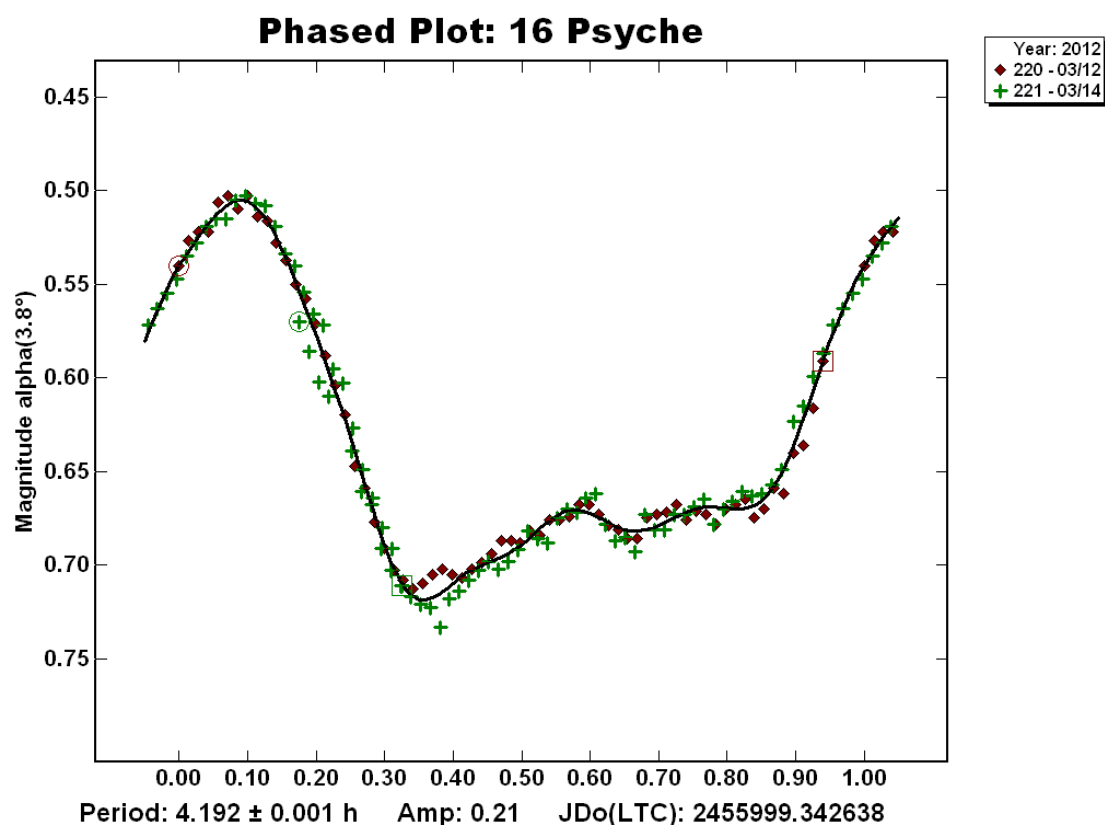
Società Astronomica Lunae
www.astro.lunae.it/



Roberto Zambelli opera dal suo Osservatorio astronomico “Canis Major” ed è presidente della Società Astronomica Lunae. I suoi principali interessi riguardano le stelle variabili, i transiti extrasolari, la fotometria. Tra il 12 ed il 14 marzo ha eseguito numerose osservazioni fotometriche di **16 Psyche**, riassunte nel grafico qui sotto riportato.



Roberto Zambelli nel suo Osservatorio astronomico “Canis Major”. A sinistra, immagine notturna dell’Osservatorio.



L'ASTEROIDE NEA 2005 YU55

Lorenzo Franco
lor_franco@libero.it

L'asteroide NEA (Near Earth Asteroid) 2005 YU55 venne scoperto il 28 dicembre del 2005 nell'ambito del progetto Spacewatch a Kitt Peak. Lo scorso novembre 2011 l'asteroide ha avuto un incontro ravvicinato con la Terra ed in particolare l'8 novembre è passato a soli 0.85 volte la distanza della Luna (0.00217 AU).

Si tratta di un asteroide di basso albedo (Tipo-C) la cui dimensione è stimata di circa 400 metri, con una possibilità piccola ma non nulla (1 su 10 milioni) di colpire la Terra nei prossimi 100 anni. Pertanto questo passaggio ha rappresentato una imperdibile opportunità scientifica di studio.

Sono state effettuate anche delle osservazioni radar con i radiotelescopi di Arecibo e di Goldstone che hanno permesso di ottenere delle impressionanti immagini radar 3D (Fig. 1) ed un filmato su <http://www.jpl.nasa.gov/video/index.cfm?id=1034>.

In attesa di questo flyby, Brian D. Warner (Palmer Divide Observatory) ha lanciato una campagna fotometrica internazionale a supporto delle osservazioni radar il cui obiettivo era quello di cercare di determinare il periodo di rotazione dell'asteroide.

Si trattava di un'occasione davvero unica e per questo motivo il 9 novembre, approfittando di un provvidenziale ed inaspettato meteo favorevole, mi sono apprestato ad osservare l'asteroide non appena al rientro dal lavoro. L'asteroide si muoveva velocemente ad una velocità apparente di circa 44 arcsec / min costringendomi a delle pose molto brevi di soli 5 secondi, per evitare di far venire la traccia. Naturalmente con delle pose così brevi il rapporto segnale rumore è risultato abbastanza alto, condizionato anche dalla scintillazione atmosferica.

Ho osservato l'asteroide per poco più di tre ore, dalle ore 18:50 alle 21:55 (UT), inseguendolo letteralmente. Il campo inquadrato dal mio CCD è di 21 x 14 arcmin e l'asteroide lo percorreva in meno di 30 minuti (Fig. 2), costringendomi a cambiare per ben sette volte l'inquadratura. In queste condizioni la fotometria diventa ancora più complicata poiché le stelle di riferimento cambiano ad ogni inquadratura ed assume una particolare

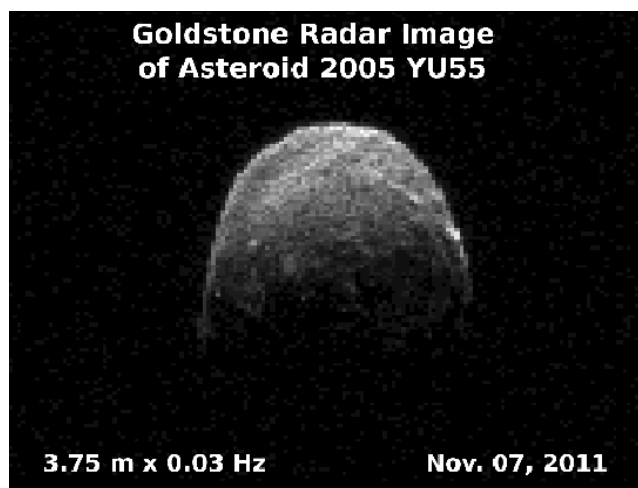


Fig 1: Immagine radar del radiotelescopio di Goldstone del 7 novembre 2011

importanza, come consigliato dallo stesso Warner nella sua campagna fotometrica, la calibrazione della magnitudine dell'asteroide al sistema standard, avvalendosi delle magnitudini delle stelle di riferimento estratte dai



Una suggestiva immagine artistica della Terra vista dall'asteroide 2005 YU55

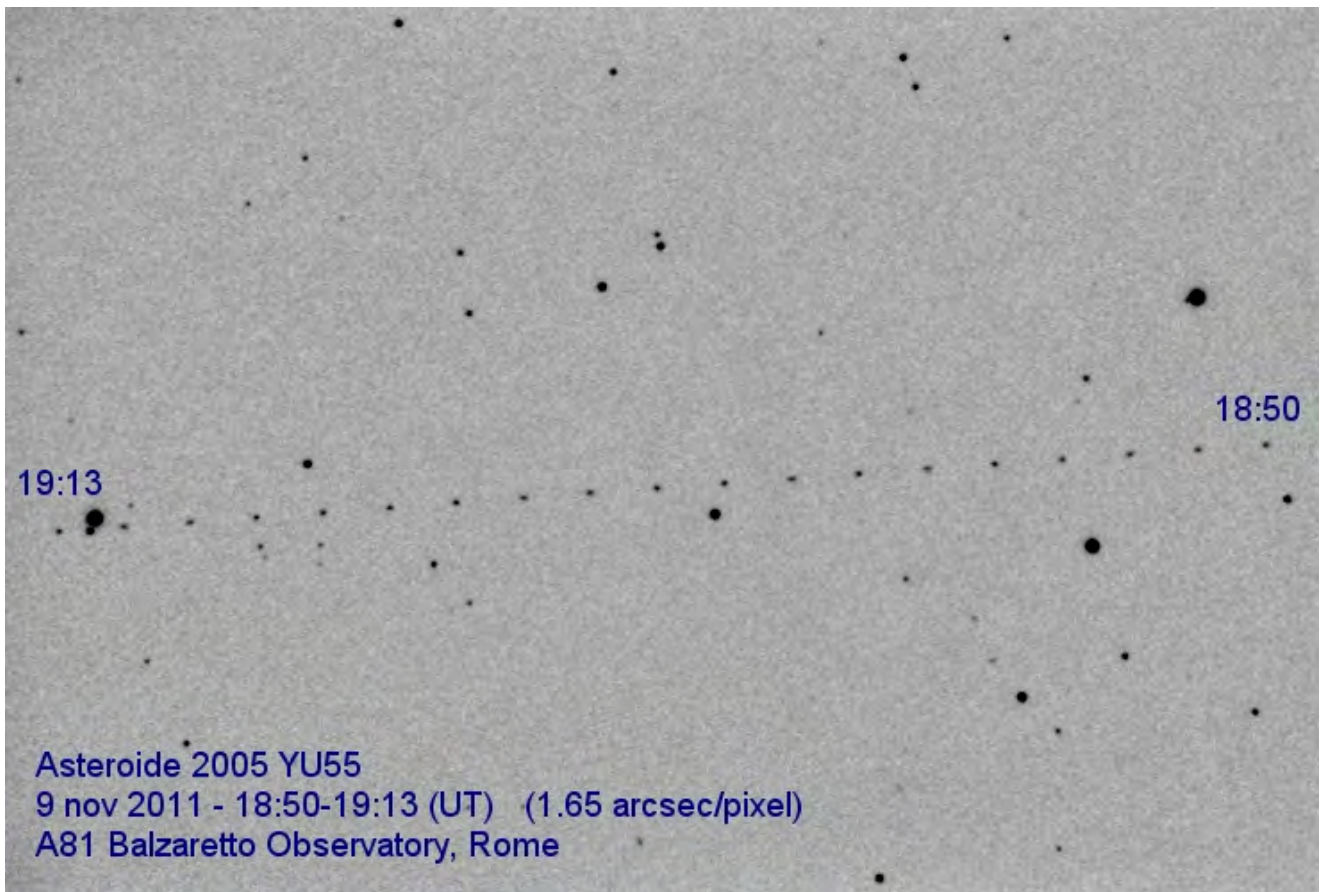


Fig 2: La prima sessione osservativa dell'asteroide 2005 YU55. Si vede chiaramente la velocità con la quale si muove l'asteroide tra le 18:50 e le 19:13. Il filmato è su Youtube: www.youtube.com/watch?v=YweSQI3l66E

cataloghi stellari. Nel mio caso ho usato le magnitudini del catalogo CMC14, molto ben calibrate dal punto di vista fotometrico. I frame acquisiti (ben 1337) una volta calibrati per Dark e Flat frame, sono stati utilizzati per ottenere alcune posizioni astrometriche sufficientemente distanziate temporalmente tra di loro per poterle inviare successivamente al Minor Planet Center.

Ho poi utilizzato MPO Canopus www.minorplanetobserver.com/MPOSoftware/MPOSoftware.htm, un software particolarmente indicato per la fotometria degli asteroidi. La curva di luce ottenuta (Fig. 3) è parziale e non copre l'intero periodo di rotazione che chiaramente appare molto più lungo. I dati fotometrici ottenuti sono stati quindi inviati a Brian D. Warner, promotore della campagna fotometrica. Il periodo di rotazione stimato, supportato anche dalle osservazioni radar, è risultato di $P=19.31 \pm 0.02$ h. Il lavoro completo è stato pubblicato recentemente sul Minor Planet Bulletin (Vol 39-2 del 2012, pag. 84) all'indirizzo: http://www.minorplanet.info/MPB/MPB_39-2.pdf.

Questo lavoro conferma pienamente l'importanza della collaborazione e del coordinamento tra astrofili e professionisti per il raggiungimento di un comune obiettivo scientifico.

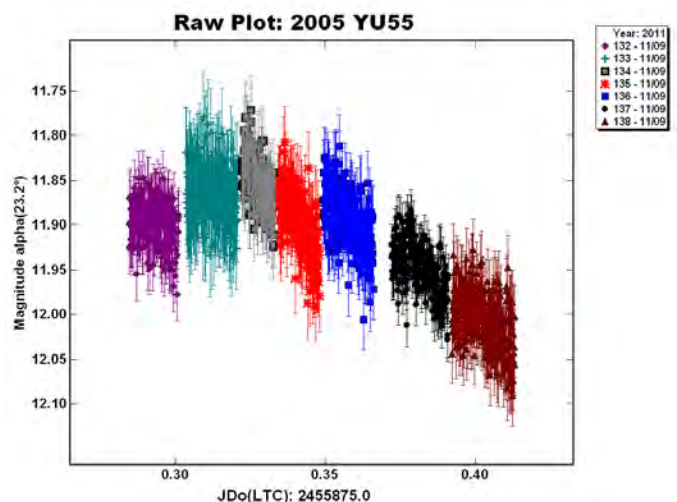


Fig 3: Curva di luce parziale ottenuta dalle sette sessioni fotometriche

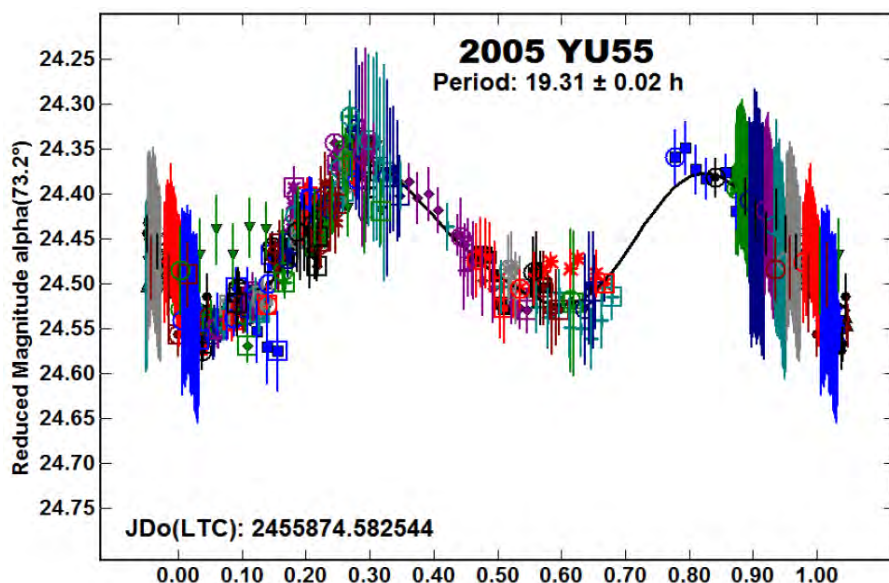


Fig 4. Curva di luce completa, ottenuta con le tutte le sessioni osservative da parte di Brian D. Warner.



Lorenzo Franco, nato a Monte S. Angelo (FG), è appassionato di Astronomia da sempre, tanto da conseguire la Laurea in Astronomia presso l'Università di Bologna. Vive e lavora a Roma nel settore dell' Information Technology di una Banca. Dal 2005 si dedica nel tempo libero all'osservazione di asteroidi e comete ed alla ricerca scientifica amatoriale, collabora con la Sezione Stelle Variabili dell'UAI.

Fotografata a San Giovanni in Persiceto la supernova in M95, appena un'ora dopo la scoperta!

Ripresa della supernova in M95
eseguita il 16/03/2012 ORE 22:50 T.U.
AUTORI: Andrea Malservisi
Patrizia Bandiera
Valentino Luppi



Valentino Luppi, Andrea Malservisi e Patrizia Bandiera, all'Osservatorio di San Giovanni Persiceto, hanno ripreso la SN in M95 con una digitale reflex accoppiata ad un telezoom di 300mm di focale, tra le 22:17 e le 23:35 T.U. Si sono accorti però di essere stati tra i primi a riprendere la SN solamente un paio di giorni dopo.

MISURIAMO LE STELLE DOPPIE

Alcune proposte per il mese di aprile

Antonio Adigrat, Giuseppe Micello
antonio.adigrat@yahoo.it ; 7mg8@libero.it

Nel precedente numero di marzo, Adigrat e Micello hanno illustrato con dovizia di particolari le tecniche di misura delle stelle doppie: www.eanweb.com/2012/la-misura-delle-stelle-doppie-con-i-ccd-strumenti-e-metodi/.

Ora, essi propongono agli astrofili la misura di due stelle doppie, che qui riportiamo. Coloro che effettueranno tali misure, sono pregati di informare gli Autori (e la redazione EAN: info@eanweb.com).

H-V 20 (15 Hya)

Costellazione: Hydra

Sep: AB 1,1" - AC 46"

AP: AB 125° - 0°

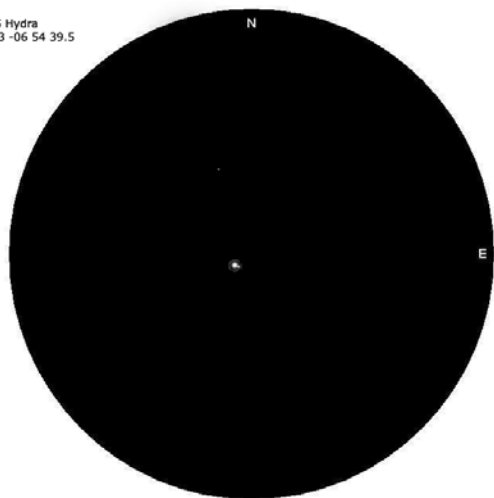
Magnitudini: 5,5 - 7,4 - 9,7

<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic?Ident=15+Hya&submit=SIMBAD+ricerca>

Doppia che fa parte del quinto supplemento del famoso catalogo di William Heschel, il padre dello studio sulle stelle doppie. In realtà è una tripla, con la coppia AB abbastanza stretta; infatti sono separate da 1,1 secondi d'arco. La debole compagna C dista 46" dalla coppia principale.

<http://postimage.org/image/2ifofyc90/>

H-V 20 15 Hydra
08 52 21.33 -06 54 39.5



A: 5,5
B: 7,4 C: 9,7
PA: AB: 125° AC: 0°
SEP: AB: 1,1" AC: 46"
Hydra
Maksutov-Cassegrain 127/1500
Baader Ortho 5mm (300x)

E' ora disponibile il n. 1 del *Bollettino delle stelle doppie*:
<https://sites.google.com/site/ilbollettinodellestelledoppie/>

Struve 1604

Costellazione: Corvo

Sep: AB 9,2" - AC 10,4"

AP: AB 89° - 22°

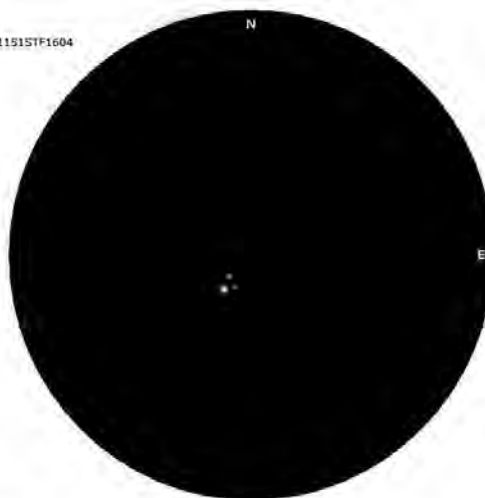
Magnitudini: 6,5 - 9,7 - 8,1

<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?Ident=%401893815&Name=HD%20105590&submit=submit>

Stupenda tripla, situata nella costellazione del Corvo. Evidente il bel colore giallo della primaria.

<http://postimage.org/image/2ifofyc90/>

Struve 1604
WDS 12095-11515TF1604



A: 6,56
B: 9,73 C: 8,12
PA: AB: 89° AC: 22°
SEP: AB: 9,2" AC: 10,4"
Corvus
Maksutov-Cassegrain 127/1500
Baader Ortho 9mm (166x)



UNA PERICOLOSA CORREZIONE DI ROTTA

Aldo Vitagliano
alvitagl@unina.it



Non si tratta di una nave, e il rischio non è che vada a finire sulle rocce, ma si tratta di una roccia, e il pericolo è che ci venga addosso ... Mi riferisco all'asteroide denominato 2011 AG5, (http://en.wikipedia.org/wiki/2011_AG5), del quale recentemente si è parlato molto non solo sul web (in oltre 400.000 pagine), ma anche in televisione e sulla carta stampata, per un possibile impatto con la Terra nel 2040.

Scoperto l'8 gennaio 2011 dal telescopio di 1,5 m di Monte Lemmon, il piccolo asteroide, che ha un diametro stimato di 140 m, è stato osservato fino al 21 Settembre 2011, quando, a quasi 1 U.A. dalla Terra, è diventato un oggetto troppo debole per essere ancora seguito perfino dai grandi telescopi di Mauna Kea. Di recente sono state scovate alcune osservazioni precedenti alla scoperta, risalenti al Novembre-Dicembre del 2010, che hanno esteso l'arco complessivo delle osservazioni a 317 giorni, corrispondenti a metà del suo periodo orbitale.

La popolarità assunta da questo quasi insignificante pezzo di roccia è dovuta al fatto che i due maggiori centri che si occupano di NEO (Near Earth Objects), il Jet Propulsion laboratory (<http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>) e il consorzio Neodyns dell'Università di Pisa (<http://newton.dm.unipi.it/neodyns>), stimano ad 1/500 la sua probabilità di impatto con la Terra il 5 Febbraio 2040.

In base alle dimensioni stimate dell'oggetto e a quella che sarebbe la sua velocità di collisione (15 km/s), si tratterebbe di un evento di proporzioni non apocalittiche, ma comunque devastanti nella regione dell'impatto, entro un raggio di molte decine di km.

Anche se si tratta di una eventualità alquanto improbabile, vale allora la pena di capire a fondo i termini della situazione, così come al momento sono valutabili.

Intanto, se si vanno a guardare i dati riportati dal JPL, si trova che la distanza "nominale" prevista per l'incontro ravvicinato del 2040 è di circa 1 milione di km, due volte e mezzo più distante della Luna; come mai allora è possibile una collisione e come si fa a stimarne la probabilità? Anche se si tratta di una questione abbastanza intricata, proverò a chiarirla in modo semplice, partendo però un po' da lontano, e cioè dalla determinazione dell'orbita di un oggetto del Sistema Solare a partire dalle osservazioni che ne misurano le successive posizioni sulla volta celeste.

Di questo ho parlato nel numero di Marzo di *Astronomia Nova*, (www.eanweb.com/2012/avventure-nella-meccanica-celeste/) raccontando la storia dello sviluppo del Software SOLEX (<http://chemistry.unina.it/~alvitagl/solex/>) e del suo compagno EXORB, basati sulla integrazione numerica, dei quali naturalmente mi

sono avvalso per lo studio dell'orbita del pericoloso oggetto di cui stiamo trattando.

Un solo asteroide reale, una nuvola di asteroidi possibili

Poiché le osservazioni sperimentali non sono mai “esatte”, ma, quando tutto va bene, contengono comunque un piccolo errore casuale, non è mai possibile una determinazione “esatta” dell'orbita. Lasciando perdere i dettagli, il metodo che si adotta è quello di Newton-Gauss dei minimi quadrati, che determina quali sono i parametri che, usati per calcolare l'orbita dell'asteroide (tenendo conto, attraverso l'integrazione numerica, anche di tutte le perturbazioni gravitazionali causate dai pianeti maggiori), rendono minima la somma dei quadrati degli scarti fra le posizioni osservate e quelle calcolate. I parametri così calcolati forniscono l'orbita cosiddetta “nominale” che, in base ai dati disponibili e sempre che questi non siano affetti da errori sistematici, dovrebbe essere la più probabilmente vicina a quella “vera”, che comunque ci rimane sconosciuta.

Ciò significa che, fra le orbite possibili, vi è non solo quella “nominale”, ma ve ne sono una infinità di altre leggermente diverse, ciascuna delle quali si accorda con le osservazioni sperimentali appena un po' meno di quella “nominale”, ma sempre in modo accettabile. Abbiamo quindi un fascio di orbite possibili, tanto più addensato attorno all'orbita nominale quanto più accurate sono le osservazioni sperimentali e quanto più esteso è l'arco di queste.

In altre parole, è come se avessimo non un solo asteroide possibile, ma una nuvola di migliaia di asteroidi “virtuali”, fra i quali uno ed uno solo è quello “vero”, ma noi ignoriamo quale sia. Nel caso ideale di un'orbita determinata con estrema precisione, questa nuvola sarà concentrata in una piccola regione di spazio e rimarrà ben addensata anche dopo numerose orbite, altrimenti la nuvola sarà progressivamente più dispersa, a seconda della (im)precisione della determinazione orbitale, e la dispersione naturalmente tenderà ad aumentare con il progredire delle orbite oltre l'arco temporale delle osservazioni.

Ora, per poter stimare la probabilità di una collisione con un pianeta, occorre avere una idea della forma, dimensione, e densità di questa nuvola al momento della supposta collisione, in modo da poter valutare se essa si troverà, se più piccola del pianeta, a colpirlo (e avrem-

mo così la certezza di una collisione), oppure, se più estesa del pianeta, ad “avvolgerlo”.

In quest'ultimo caso la probabilità stimata di una collisione corrisponderà alla percentuale dei componenti della nuvola che andranno a colpire il pianeta. Ma come ricavare forma, dimensione e densità della “nuvola”?

Questo si può fare in vari modi, ma il metodo al tempo stesso più affidabile e concettualmente più semplice (anche se richiede un bel po' di lavoro da parte del computer) è quello (cosiddetto “Montecarlo”) di generare la nuvola di asteroidi virtuali nello stesso modo con il quale si è ottenuto quello nominale, cioè proprio attraverso il software di determinazione orbitale.

Solo che in questo caso non bisogna usare l'insieme delle osservazioni sperimentali autentiche, ma un corrispondente insieme di osservazioni “virtuali”, supposte essere state effettuate negli stessi istanti, ma distribuite casualmente attorno alle posizioni teoriche dell'asteroide nominale con lo stesso scarto medio delle osservazioni vere. In altre parole si crea di volta in volta un diverso insieme casuale di osservazioni fittizie che, anche se *non sono* le osservazioni reali, *avrebbero potuto esserlo*, e da questo insieme si determinano i parametri orbitali di un asteroide virtuale (detto anche “clone” di quello nominale).

Ripetendo la procedura un gran numero di volte, dopo aver “estratto a sorte” ciascuna volta un diverso insieme di osservazioni virtuali, ecco che salta fuori una intera nuvola di “cloni”, che rappresenta nel modo migliore possibile la distribuzione statistica dell'incertezza che noi abbiamo sui parametri orbitali dell'asteroide vero. Ed è questa nuvola di cloni che, propagata verso il futuro mediante un software di integrazione numerica come SOLEX, ci dirà fino a che punto e in che misura il futuro dell'asteroide sia prevedibile o incerto.

Più “scia” che “nube”

Ma la “nuvola” di cui si è parlato ha proprio l'aspetto di una nuvola o ha qualche peculiarità di forma? In realtà la peculiarità c'è, ma non tanto nella forma iniziale che si trova ad avere (**Fig. 1**), quanto nella sua evoluzione col tempo, man mano che l'asteroide e i suoi “cloni” virtuali procedono orbita dopo orbita. Infatti le orbite dei diversi cloni sono e rimangono praticamente identiche per quanto riguarda la loro geometria nello spazio: le leggi della dinamica (almeno nell'approssimazione dei due corpi) impongono che le piccole, quasi imper-

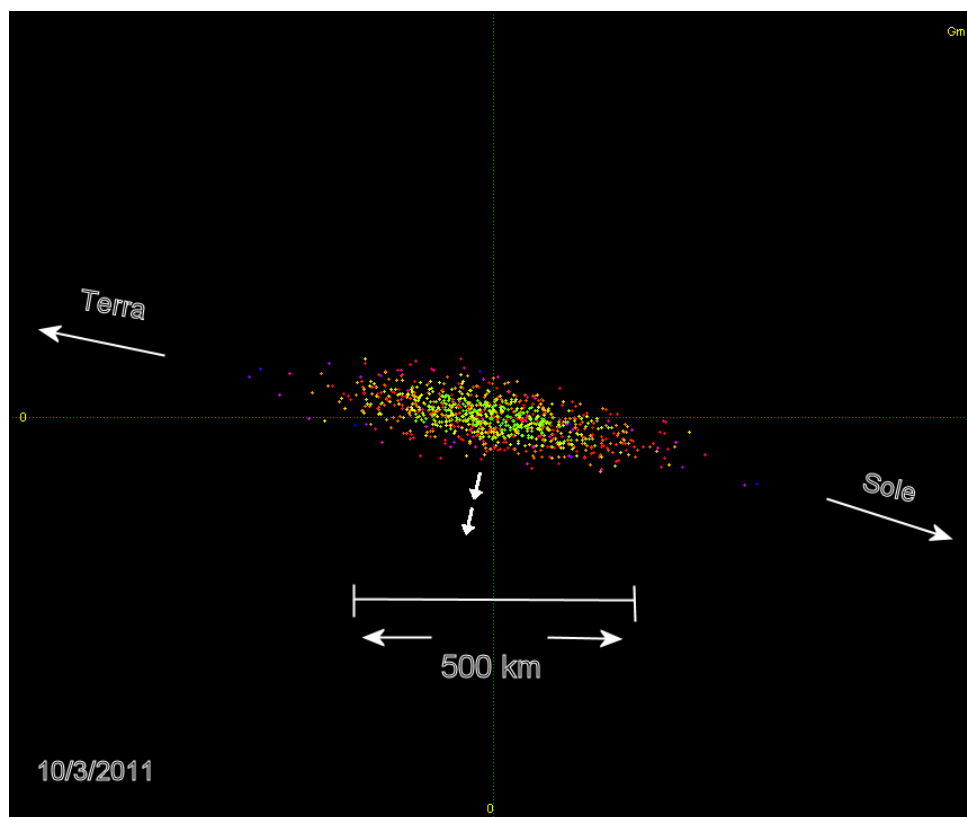


Fig. 1. Una “nuvola” di 1000 cloni dell’asteroide **2011 AG5**, rappresentante l’incertezza nella posizione dell’asteroide alla data **10 Marzo 2011**, vista in proiezione sul piano dell’eclittica. A quella data, la Terra era distante 16,6 milioni di km, nella direzione della freccia. Le due piccole freccette, perpendicolari all’asse della “nuvola”, rappresentano la direzione del moto dell’asteroide.

cettibili differenze negli elementi geometrici (semiasse maggiore, eccentricità, inclinazione sull’eclittica, longitudine del perielio e del nodo ascendente), restino costanti nel tempo, sempre che non vengano modificate da un brutale intervento perturbante quale l’avvicinamento ad un pianeta.

Quello che però cambia nel tempo è la loro posizione lungo l’orbita: infatti le piccole differenze nei semiassi maggiori si traducono in periodi orbitali leggermente differenti, e man mano che l’insieme dei cloni procede nel suo percorso, c’è chi anticipa e chi ritarda, e la iniziale nuvola si allunga sempre più, trasformandosi in una sottile scia che si sgrana lungo l’orbita come una collana di perline (**Fig. 2**).

Correzione di rotta ed allungamento della scia

Tornando al nostro pericoloso macigno, dove sta la “correzione di rotta” di cui parla il titolo? La troviamo come conseguenza di un avvicinamento che, il 3 Febbraio 2023, porterà l’asteroide 2011 AG5 ad una distanza minima di 1,870 milioni di chilometri dalla Terra. In quella occasione, l’asteroide passerà “davanti” alla Terra, e sarà così leggermente frenato, nella sua corsa attorno al Sole, dalla attrazione gravitazionale del nostro pianeta. Ne conseguirà una piccola contrazione dell’orbita e quindi un accorciamento del suo periodo orbitale, che da 625,1 giorni calerà a 620,9 giorni (1,700

anni). In assenza di questo accorciamento del periodo orbitale, l’asteroide non ci darebbe alcun fastidio almeno fino al prossimo secolo, ma in seguito a questa “correzione di rotta” dopo 17 anni (10 periodi di rivoluzione del corpo e 17 della Terra), e quindi all’inizio di Febbraio 2040, si ritroverà nuovamente a passarci vicino.

Ma “quanto” vicino? E “quando”, esattamente?

Questo non possiamo dirlo, e non possiamo nemmeno restringere l’indeterminazione entro l’arco di un milione di km come distanza o di un giorno come tempo. Ciò soprattutto perché l’incontro del Febbraio 2023 ha anche l’effetto di espandere enormemente la “nuvola” (o meglio, di allungare la “collana”) di asteroidi virtuali che rappresenta la nostra incertezza, perché nell’avvicinamento ciascun asteroide virtuale si trova a passare ad una diversa distanza dalla Terra (**Fig. 2**), ricevendo così una correzione di rotta leggermente differente.

Succede allora che, arrivando dopo 10 orbite al 2040, questa “scia” o collana virtuale si prolunghi fino a circa 25 milioni di km (**Fig. 3**), contro una lunghezza di circa 1 milione di km che avrebbe in assenza del precedente incontro.

Probabilità di collisione

Se al momento non possiamo dire dove passerà nel 2040 l’asteroide vero, possiamo tuttavia stimare la probabilità

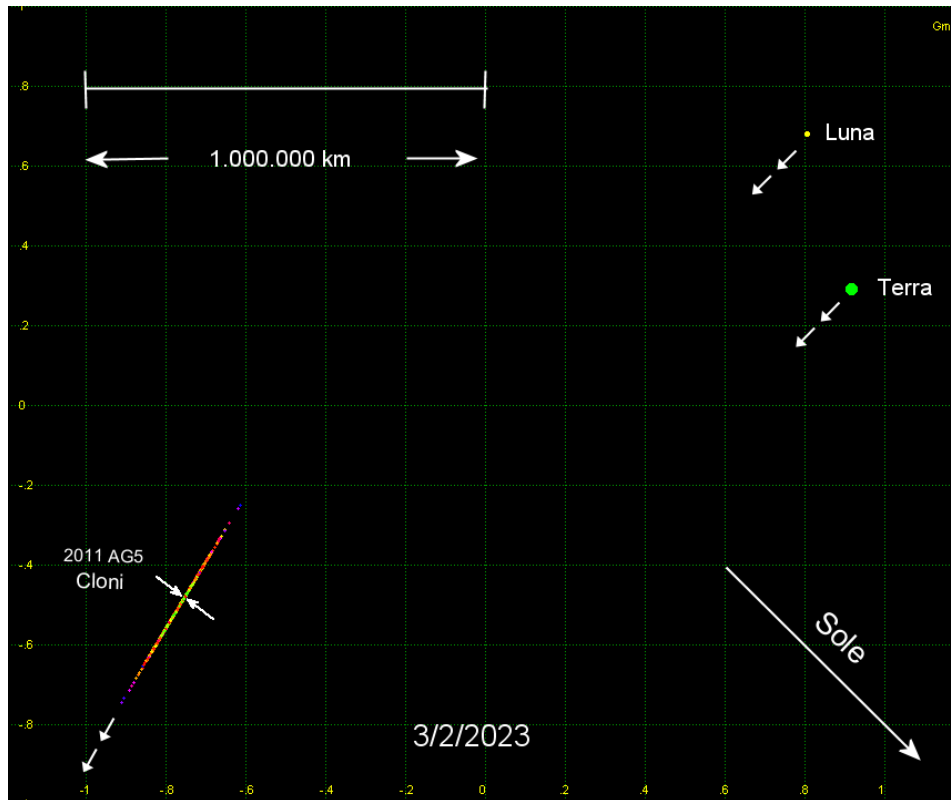


Fig. 2. L'incontro con la Terra del **3 Febbraio 2023**, visto in proiezione sul piano dell'eclittica. La "nuvola" dei cloni rappresentante l'incertezza nella posizione prevista dell'asteroide, si è convertita in una scia sottile, ora allungata esattamente lungo la traiettoria dell'asteroide. Questo subirà una "correzione di rotta" tanto maggiore quanto minore sarà la sua effettiva distanza dalla Terra al momento dell'incontro. Le due frecce indicano la "feritoia" dove dovrebbe passare l'asteroide per colpire la Terra nel 2040.

che riceva proprio la infausta correzione che lo porti nel 2040 a collidere con la Terra. E' quello che ho fatto io con il software EXORB, generando col "metodo Monte-carlo" di cui ho parlato più sopra, 140.000 "cloni" dell'asteroide 2011AG5, e andando a vedere con SOLEX quanti di questi finivano con l'impattare la Terra. Per il mio PC è stata una faticaccia durata complessivamente 48 ore, ma alla fine sono saltati fuori 259 "impattori

virtuali", corrispondenti quindi ad una probabilità di $259/100.000 = 1/540$ e confermando così il risultato ottenuto, con metodi un po' più rapidi del mio, dal JPL e dal consorzio Neodys.

Se poi si esamina la specifica traiettoria di questi impattori virtuali (la **Fig. 4** mostra la loro ultima orbita prima del virtuale impatto), si trova che si troveranno tutti a passare, il 3 Febbraio 2023, ad una distanza minima

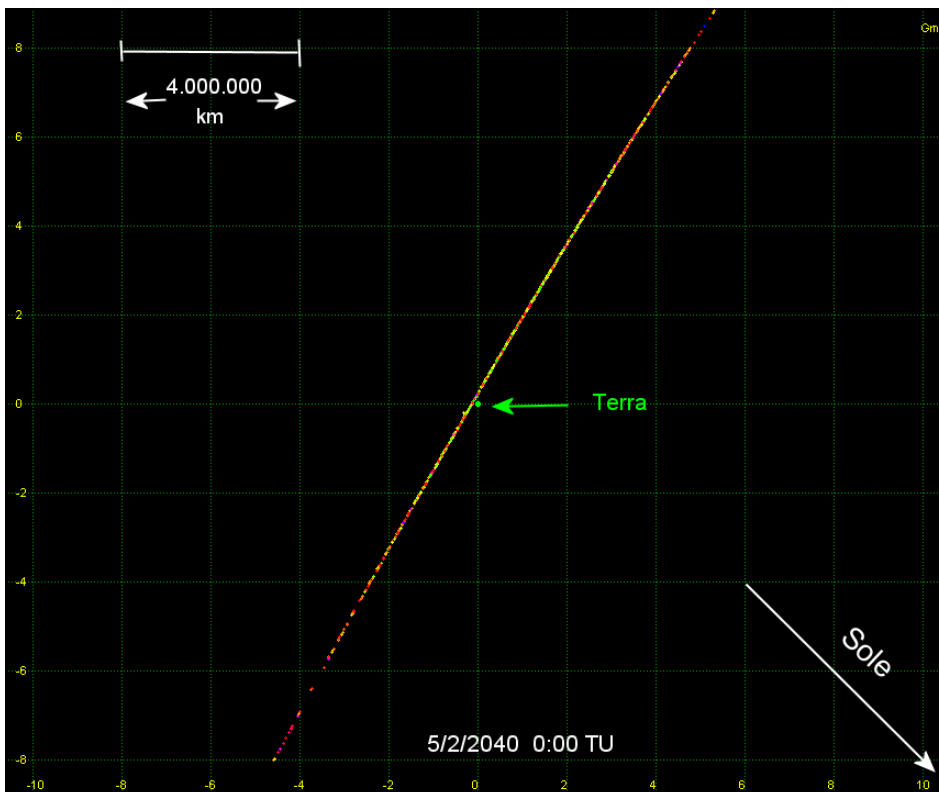


Fig. 3. L'incontro con la Terra del **5 Febbraio 2040**. La scia dei cloni, allungata di oltre 20 milioni di km nella direzione del moto dell'asteroide, sta per intersecare la Terra, che si muove lungo una traiettoria convergente con la linea dei cloni.

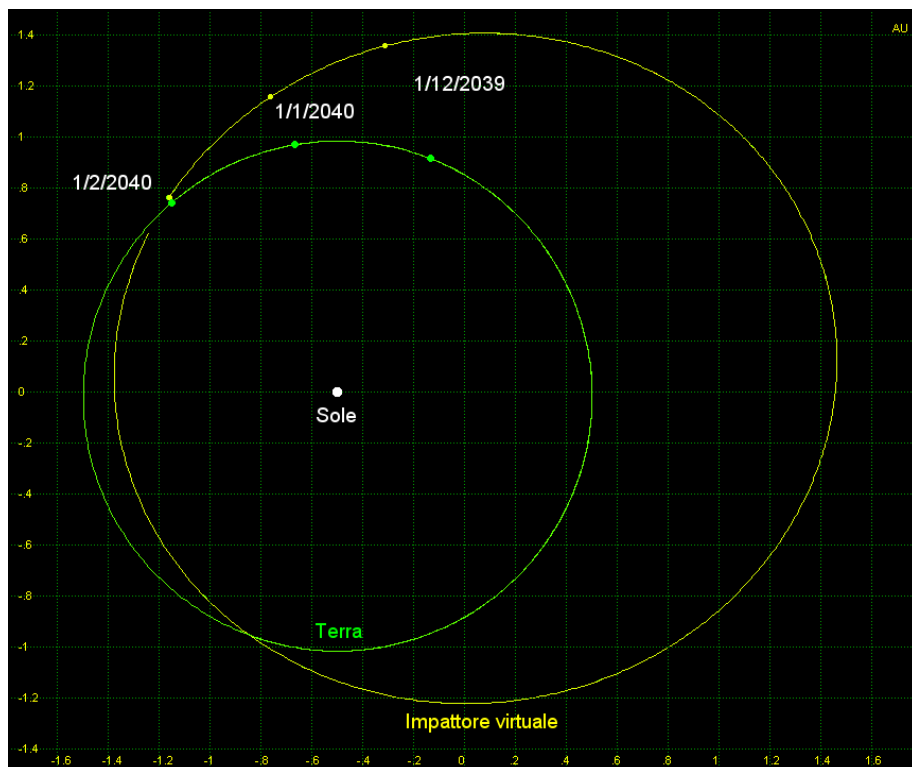


Fig. 4. L'orbita della Terra e l'ultima orbita di un **impattore virtuale**, passato nella "feritoia" indicata nella Figura 2.

(geocentrica) dalla Terra compresa fra 1.838.074 e 1.838.445 km, quindi in una "finestra" larga 371 km, più vicina alla Terra di circa 32.000 km rispetto al punto di passaggio previsto per l'asteroide "nominale", e all'interno di un intervallo massimo possibile di circa 400.000 km (**Fig. 2**).

E' probabile che quando, nel settembre del 2013 e poi dalla primavera all'autunno del 2015, sarà di nuovo possibile osservare l'asteroide, le nuove misure consentano di ridurre l'intervallo di incertezza attorno alla posizione "nominale", magari anche spostandola un po' più lontano, fino al punto di lasciare fuori dal "filare" delle possibilità la finestra pericolosa. Se al contrario la nuova posizione nominale prevista per il 2023 dovesse avvicinarsi alla finestra pericolosa, altre due occasioni di affinare le previsioni si avranno nel 2018 e nel 2020, dopodiché, nell'improbabile caso di dubbio persistente, non resterà che aspettare l'incontro del 2023 per avere una risposta certa.

Se proprio ci dovesse cogliere ...

Se è possibile che non si abbia una risposta certa fino al 2023, una certezza la possiamo avere fin d'ora: anche se non possiamo dire **se** l'asteroide ci colpirà, possiamo invece dire **dove** ci potrebbe colpire, ovvero dove certamente **non** ci colpirà. Può sembrare un paradosso, ma non è che una necessaria conseguenza della distribuzio-

ne della nostra incertezza lungo un corridoio molto stretto, e non all'interno di una nuvola diffusa nelle tre dimensioni. In altre parole, i punti di impatto degli impattori virtuali non sono distribuiti sulla superficie della Terra come una rosa circolare di pallini da caccia, ma sono invece allineati lungo una curva, corrispondente alla intersezione della scia dei possibili impattori con la superficie terrestre. Perciò si può dire fin da ora che, nella malaugurata ipotesi che l'asteroide 2004 AG5 dovesse colpire la Terra nel 2040, ciò avverrebbe fra le 3:42 e le 4:07 TU del 5 Febbraio, in un "corridoio" geografico largo non più di un centinaio di km, che passa per metà nel Pacifico, a sud dell'Equatore, poi taglia il Sud-America, attraverso il Perù meridionale, la Bolivia e il Brasile meridionale (fra Rio de Janeiro e San Paolo), passa nell'Atlantico meridionale, lambisce la punta meridionale dell'Africa, terminando infine nell'Oceano Indiano (**Fig. 5**). In realtà la previsione di un "corridoio" così stretto è inficiata dal non aver tenuto conto di una forza non-gravitazionale che, sui corpi di piccole dimensioni, riesce a farsi sentire. Si tratta dell'effetto Yarkovsky (http://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_Yarkovsky), dovuto al fatto che l'asteroide si riscalda in superficie per l'irraggiamento solare, e, ruotando su se stesso, irradia poi calore in una direzione diversa da quella lungo la quale lo ha assorbito. Ne deriva una minuscola spinta tangenziale, il cui ordine di grandezza è di un cinquanta-

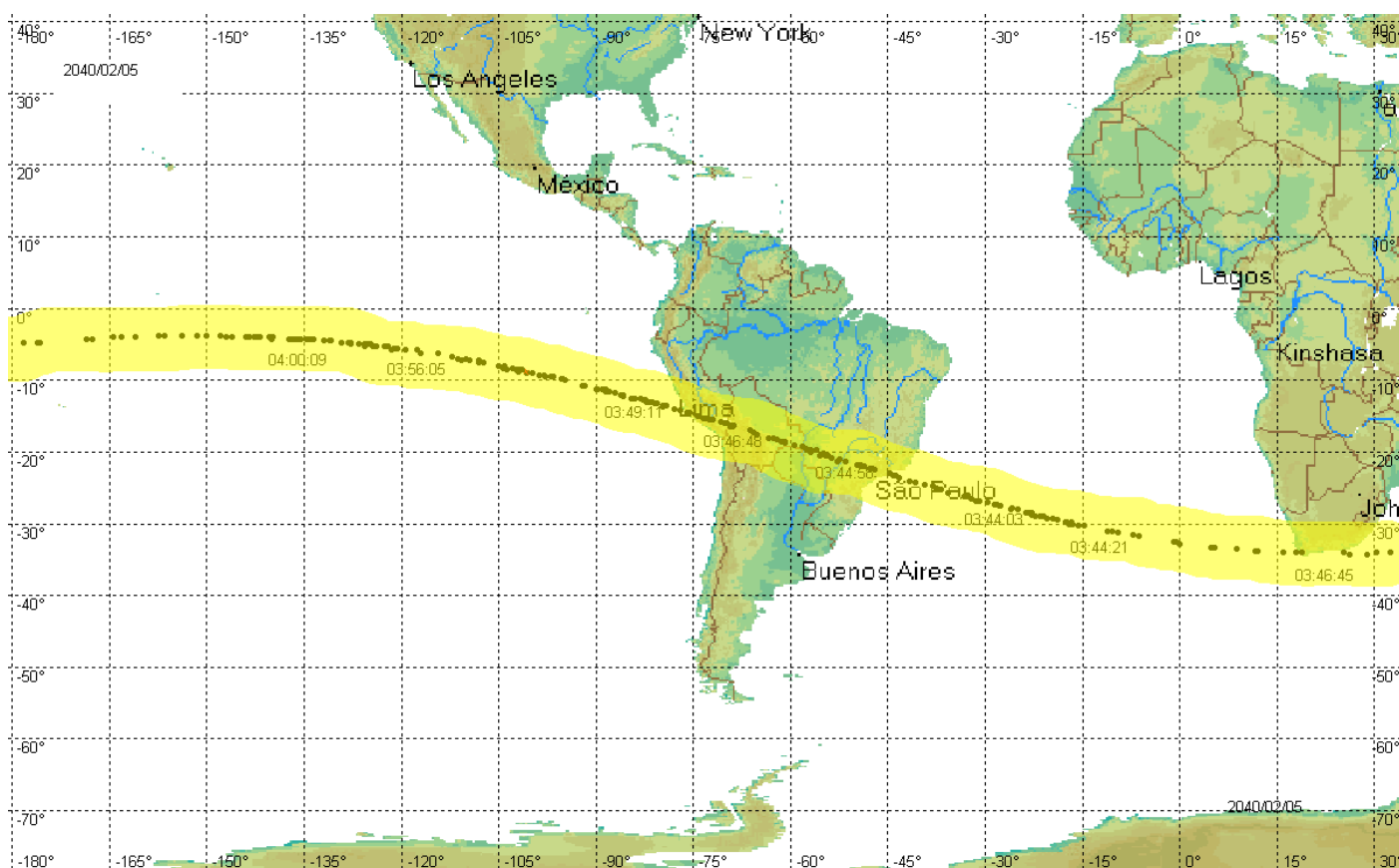


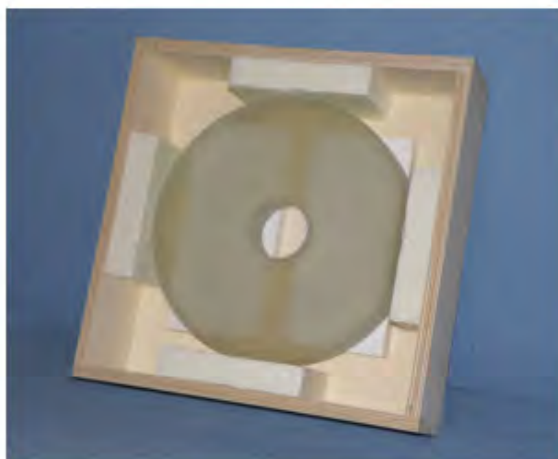
Fig. 5. Il corridoio geografico lungo il quale è possibile la collisione con la Terra il 5 Febbraio 2040. I dischetti neri rappresentano i punti di impatto degli impattori virtuali (259 cloni su 140.000 totali). La striscia gialla dà una stima per eccesso della possibile deviazione, conseguente all'effetto Yarkovsky, dal corridoio ristretto rappresentato dai dischetti neri.

milionesimo della forza attrattiva dovuta al Sole. Questa altera lievemente quella che sarebbe l'orbita dell'oggetto, tendendo progressivamente ad allargarla o a restringerla a seconda che il suo moto di rotazione avvenga nello stesso senso di quello di rivoluzione (progrado) o in senso opposto (retrogrado). Non sto qui a descrivere il metodo, per la verità un po' complicato, con il quale ho potuto stimare quanto l'effetto Yarkovsky possa influire sulla traiettoria del nostro asteroide, ma basterà dire che il risultato finale può essere solo quello di un moderato allargamento del corridoio dei possibili impatti, da poche decine di chilometri fino al massimo qualche centinaio, e dell'allungamento di qualche minuto del possibile arco temporale, lasciando sostanzialmente inalterato il percorso sulla superficie della Terra.

In ogni caso, con o senza Yarkovsky, circa un quinto degli "impattori virtuali" vanno a cadere sul Sud America, e parte di questi anche nelle zone più densamente popolate del Brasile, perciò c'è proprio da augurarsi di potere nel giro di pochi anni cancellare del tutto questa sia pur minima prospettiva...



Aldo Vitagliano è nato a Napoli nel 1948. Laureato in Chimica nel 1971, è ordinario di Chimica Generale ed Inorganica presso l'Università di Napoli Federico II, dove svolge le sue ricerche nel campo della chimica dei composti organometallici. Da quasi due decenni si interessa anche di meccanica celeste, con particolare riguardo alle applicazioni della integrazione numerica nel calcolo di effemeridi e nella determinazione e studio di orbite, per le quali ha sviluppato il software SOLEX (<http://chemistry.unina.it/~alvitagl/solex/>). A riconoscimento di questo lavoro gli è dedicato l'asteroide 5168 Vitagliano.



www.reginato.it

Via Fantin 121/B 31035 CROCETTA DEL MONTELLO (TV) Italy
tel. ++39 0423 660010 Cell. 3457614983 Fax ++39 0423 660680
email: info@reginato.it

Ecco i Video dell'installazione del telescopio REGINATO di 60 cm all'Osservatorio di Cervarezza (RE):

<http://www.youtube.com/watch?v=n-o6CF6RBqA>

<http://www.youtube.com/watch?v=5HJd2VJdjao>

ECLISSI DI SOLE IN AUSTRALIA

31 ottobre—18 novembre 2012



UN MERAVIGLIOSO VIAGGIO TURISTICO/ASTRONOMICO!

Vieni anche tu!

Per informazioni: <https://docs.google.com/file/d/oBxRVI4UFuL2kRjAwbWk4WU5TeW1uNS1fZmM3S25kUQ/edit>

Tel.: 051 6415106

www.toassociati.com

Organizzato con la collaborazione di Associazione Astrofili Alta Valdera:

Alberto Villa, 340-5915239