Campagna di osservazione delle eclissi e dei fenomeni mutui fra i principali satelliti di Saturno dal 1994 al 1996 (PHESAT95*Italia*)

Paolo Tanga, *UAI - Sezione Pianeti*

Introduzione

La conoscenza dei parametri orbitali e fotometrici dei satelliti di Saturno è assai meno raffinata rispetto a quelli gioviani, principalmente a causa di severe limitazioni di osservazione. Gli eventi geocentrici e mutui che si verificheranno in concomitanza con il prossimo equinozio del pianeta, quando sia il Sole che la Terra si troveranno presso il suo piano equatoriale, offrono una rara opportunità per la raccolta di dati utili. La Sezione Pianeti ha quindi deciso di prendere parte ad una campagna osservativa internazionale, denominata PHESAT95, coordinata da J.Arlot e W.Thuillot del *Bureau des Longitudes* di Parigi. Tale campagna sarà coordinata per i dilettanti italiani dalla Sezione stessa, nella persona dello scrivente, che farà da tramite tra il centro di raccolta francese e gli amatori della penisola che aderiranno.

A causa del carattere delle osservazioni, il programma osservativo si rivela particolarmente adatto non solo a osservatori planetari dotati di una buona strumentazione, ma anche a chi ha esperienze di fotometria visuale, fotografica, fotoelettrica oppure di occultazioni lunari o asteroidali. Le difficoltà osservative pongono dei limiti inferiori alla strumentazione utilizzabile; inoltre sarà necessario lavorare in condizioni non ottimali per ottenere il più elevato numero di osservazioni possibili. Tuttavia la ricaduta scientifica di queste ultime è assai elevata: ne consegue che per il dilettante esperto il programma esposto costituisce un'opportunità d'eccezione per partecipare ad una campagna promossa e riconosciuta a livello professionale.

Le finalità

I sistemi di satelliti dei pianeti di tipo gioviano costituiscono un campionario di grande varietà, sia dal punto di vista dinamico che da quello fisico-chimico e morfologico. La loro presenza arricchisce gradevolmente l'immagine telescopica che si offre

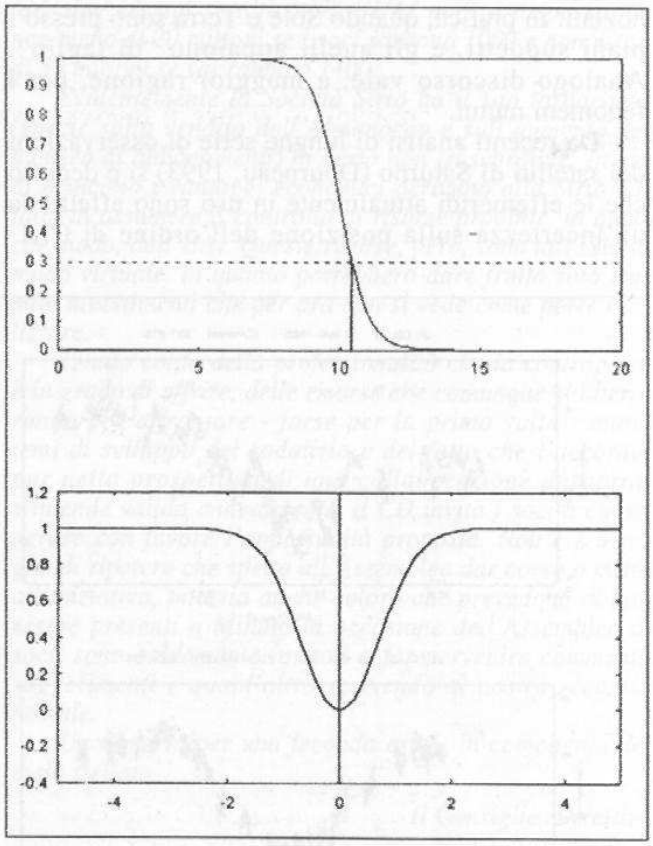


Fig. 1 - In alto la tipica curva di luce di un satellite che entra nell'ombra del pianeta, eclissandosi. Esso sparirà alla vista quando diverrà troppo debole per poter essere rivelato dalla strumentazione in uso: la linea orizzontale tratteggiata rappresenta tale soglia. L'istante della sua sparizione è quello che deve essere registrato nell'osservazione visuale. Con le altre metodologie occorre cercare di rilevare l'intera variazione luminosa. In basso la curva di luce di un'eclisse o un'occultazione mutua, parziale. In questo caso è assolutamente indispensabile registrare tutta la variazione (che tipicamente dura comunque alcuni minuti) per poter determinare con precisione l'istante del minimo. Nel caso di un fenomeno totale il minimo della curva di luce appare piatto.
Le scale di tempo e luminosità sono puramente indicative.

ai dilettanti, i quali, nel caso di Giove, ben conoscono la spettacolarità dei fenomeni geocentrici che regolarmente hanno luogo: eclissi, occultazioni, transiti del satellite o della sua ombra. È anche nota la più rara eventualità che si verifica quando la Terra si trova presso il piano orbitale dei satelliti galileiani: in questo caso essi possono occultarsi ed eclissarsi reciprocamente; si hanno cioè i "fenomeni mutui".

Per quanto riguarda Saturno, l'elevata inclinazione del piano equatoriale (su cui giacciono in prima approssimazione le orbite della gran parte dei satelliti) rispetto al piano dell'orbita fa sì che tutti i fenomeni geocentrici si verifichino solamente quando il pianeta si trova nei pressi dei suoi punti equinoziali: in pratica, quando Sole e Terra sono presso i piani suddetti, e gli anelli appaiono "di taglio". Analogo discorso vale, a maggior ragione, per i fenomeni mutui.

Da recenti analisi di lunghe serie di osservazioni dei satelliti di Saturno (Dourneau, 1993) si è dedotto che le effemeridi attualmente in uso sono affette da un'incertezza sulla posizione dell'ordine di 0",1-

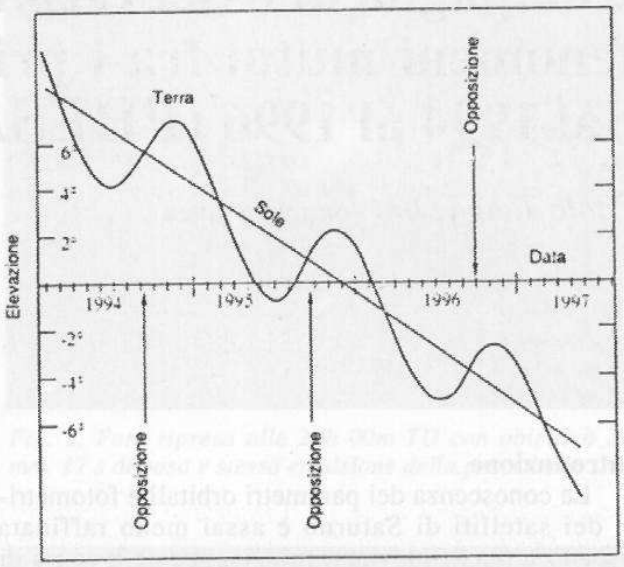


Fig. 2 - Il grafico mostra l'elevazione di Sole e Terra sul piano equatoriale di Saturno dal 1994 al 1997. Nel periodo in cui essa è maggiormente ridotta avverranno la maggior parte dei fenomeni geocentrici e mutui.

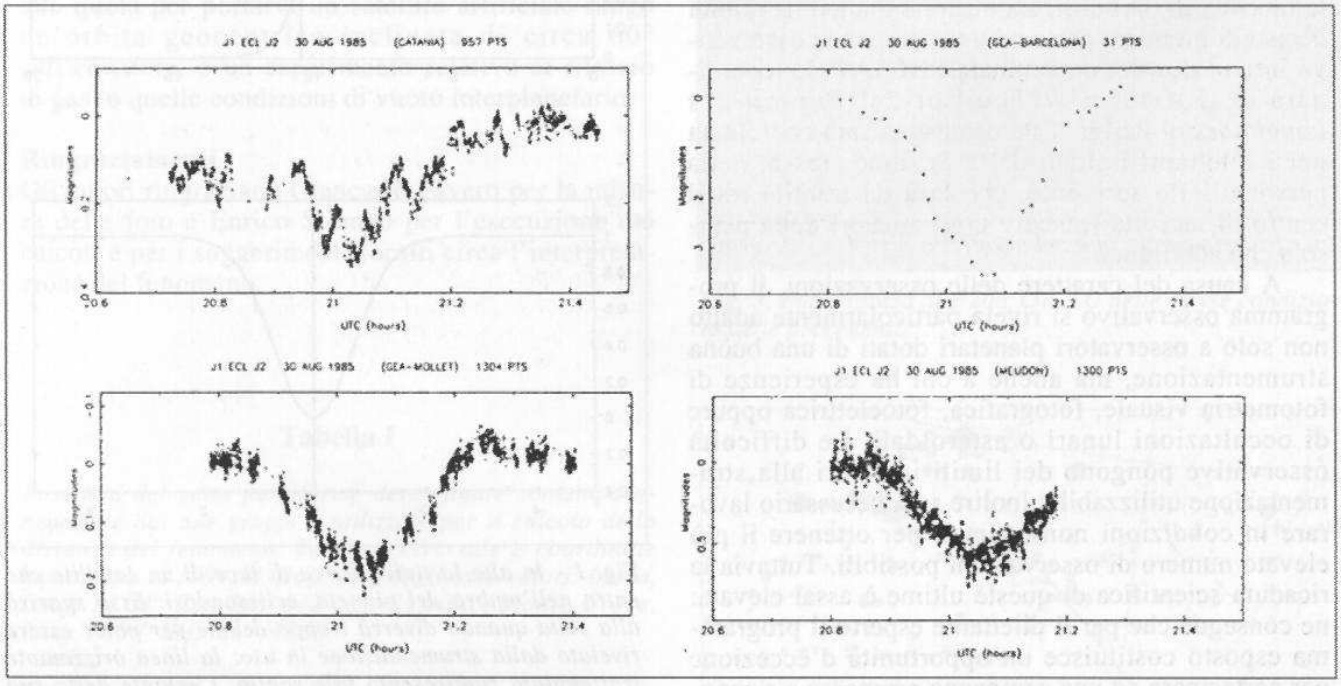
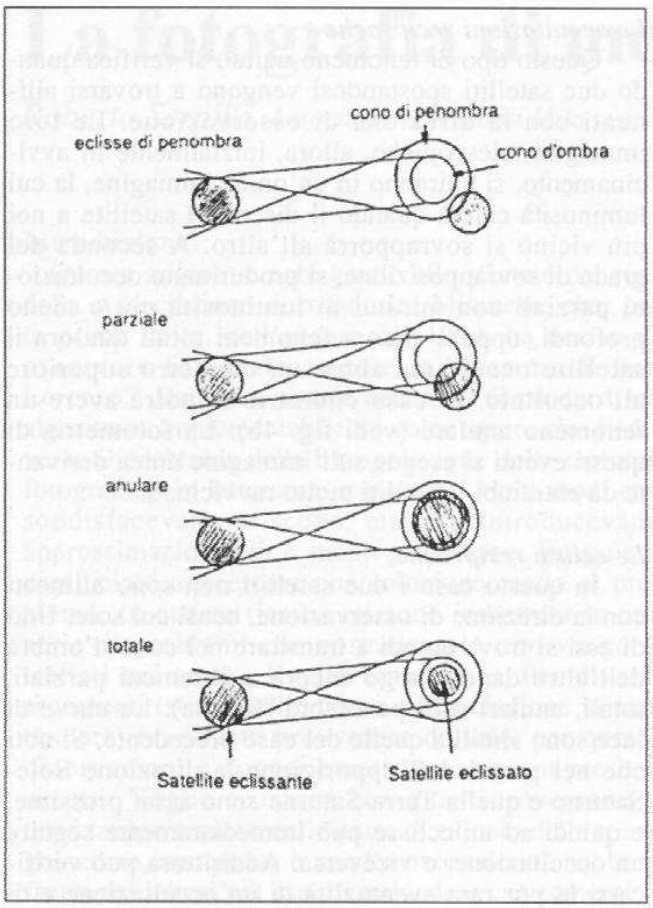


Fig. 3 - Esempi di curve di luce ottenute durante la campagna PHEMU85 riguardante un'eclisse parziale di Europa da parte di Io avvenuta il 30 agosto 1985. In questo caso la caduta di magnitudine ammontava a circa 0,45 magnitudini ed il fenomeno durava mezz'ora. In (a) si riporta una curva costruita da misure con fotometro a fototubo dell'osservatorio di Catania, al telescopio riflettore da 91 cm. In (b) un'osservazione visuale col metodo di Argelander (riflettore 30 cm, Grup d'Estudis Astronomics, Barcellona). In (c) misure con fotometro a fototubo (stessi autori del precedente, riflettore 41 cm). In (d) misure ricavate da una ripresa con videocamera (Osservatorio di Meudon, riflettore 105 cm). Come si puo' notare le condizioni osservative e gli effetti strumentali influiscono pesantemente nel determinare la precisione della curva di luce, ed il fatto di usare grandi telescopi non costituisce di per sé un reale vantaggio. Nel caso dei satelliti di Saturno c'e' da aspettarsi di ottenere in generale curve di luce affette da incertezze relative ancora maggiori.
(Astron. and Astroph. Suppl. Ser. 92, 151-205, 1992).



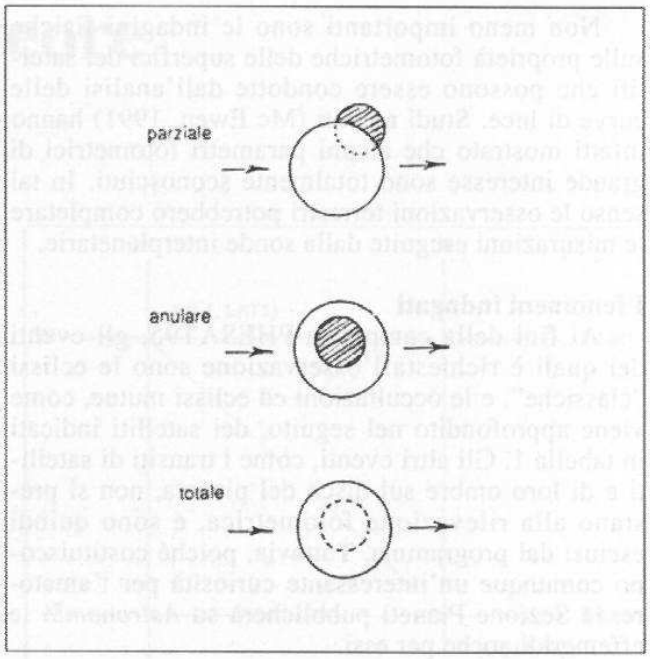


Fig. 4 - È qui schematizzata la geometria dei possibili eventi mutui: eclissi (a sinistra) ed occultazioni (in alto).

0",2 per i primi sei satelliti (scarto quadratico medio) e molto più elevata per Hyperion (0",55). Alla distanza di Saturno, ciò corrisponde ad un errore dell'ordine di 1000-2000 km. Nel caso dei satelliti di Giove questo valore si riduce tipicamente di un ordine di grandezza (0",05, ovvero 200 km), come mostrano i cronometraggi delle eclissi (Westfall, 1992).

In sostanza, risulta evidente che i modelli orbitali dei satelliti di Saturno necessitano di miglioramento. Ciò è da imputare alla cronica carenza di osservazioni astrometriche di grande precisione per i satelliti di Saturno, precisione raggiungibile esclusivamente con la rilevazione degli istanti di sparizione nel cono d'ombra del pianeta, oppure di minima distanza durante le occultazioni reciproche, o ancora di massima eclisse durante le eclissi reciproche. La conoscenza precisa di questi istanti può essere ottenuta dalla curva di luce completa, che nei casi citati sarà simile a quanto illustrato in figura 1. Osservazioni di analoghi fenomeni condotti nel precedente periodo di osservabilità (1979-80) hanno mostrato uno scarto tra tempi calcolati e osservati dell'ordine di 10-100 secondi (Arlot, Thuillot, 1993).

La costruzione di curve di luce come in figura 3 comporta l'esecuzione di molte misure della luminosità del satellite, in rapida successione e a tempi noti. Si potranno così ricavare gli istanti cercati con un'incertezza (dipendente dal metodo, condizioni di osservazione, ecc.) dell'ordine di 10-30 sec. Questo scarto, tenendo conto delle tipiche velocità relative dei satelliti, corrisponde a un'incertezza di circa 200 km (0",03) sulla posizione. Il fatto che tale precisione venga ottenuta a partire dal cronometraggio, e sia assai più elevata di quanto permetterebbe il potere risolvente del telescopio, rivela tutta la potenza del metodo. Di contro impone la ricerca della massima precisione nella registrazione degli istanti di tempo corrispondenti a tutte le misure. Di conseguenza, non interessa risalire al valore della luminosità assoluta del satellite, ma solo alla sua variazione relativa.

Non meno importanti sono le indagini fisiche sulle proprietà fotometriche delle superfici dei satelliti che possono essere condotte dall'analisi delle curve di luce. Studi recenti (Mc Ewen, 1991) hanno infatti mostrato che alcuni parametri fotometrici di grande interesse sono totalmente sconosciuti. In tal senso le osservazioni terrestri potrebbero completare le misurazioni eseguite dalla sonde interplanetarie.

I fenomeni indagati

Ai fini della campagna PHESAT95, gli eventi dei quali è richiesta l'osservazione sono le eclissi "classiche", e le occultazioni ed eclissi mutue, come viene approfondito nel seguito, dei satelliti indicati in tabella 1. Gli altri eventi, come i transiti di satelliti e di loro ombre sul disco del pianeta, non si prestano alla rilevazione fotometrica, e sono quindi esclusi dal programma. Tuttavia, poiché costituiscono comunque un'interessante curiosità per l'amatore, la Sezione Pianeti pubblicherà su *Astronomia* le effemeridi anche per essi.

Le eclissi

Un satellite si dice *eclissato* quando si trova all'interno del cono d'ombra di Saturno. In questo caso gli eventi da osservare si verificano quando il satellite entra o esce dal cono d'ombra. Si noti che a seconda che ci si trovi prima o dopo l'opposizione del pianeta sono osservabili, per i satelliti più interni, rispettivamente gli ingressi oppure le uscite dall'ombra, poiché gli altri eventi si verificano dietro il disco del pianeta (come accade nel sistema gioviano).

A causa delle dimensioni finite dei satelliti e dell'esistenza di una regione di penombra, la sparizione/riapparizione avviene in modo graduale. La durata del fenomeno è funzione sostanzialmente della distanza del satellite da Saturno, la quale determina sia l'estensione della penombra sia la velocità orbitale del satellite stesso. Spesso essa è dell'ordine di pochi minuti, e solo in casi eccezionali raggiunge l'ora.

Le occultazioni reciproche

Questo tipo di fenomeno mutuo si verifica quando due satelliti spostandosi vengono a trovarsi allineati con la direzione di osservazione. Le loro immagini telescopiche, allora, inizialmente in avvicinamento, si uniranno in un'unica immagine, la cui luminosità calerà quando il disco del satellite a noi più vicino si sovrapporrà all'altro. A seconda del grado di sovrapposizione, si produrranno occultazioni parziali con minimi di luminosità più o meno profondi, oppure ancora fenomeni totali qualora il satellite occultante abbia un diametro superiore all'occultato. In caso contrario si potrà avere un fenomeno anulare (vedi fig. 4b). La fotometria di questi eventi si esegue sull'immagine unica derivante da entrambi i satelliti molto ravvicinati.

Le eclissi reciproche

In questo caso i due satelliti non sono allineati con la direzione di osservazione, bensì col sole. Uno di essi si trova quindi a transitare nel cono d'ombra dell'altro dando luogo ancora a fenomeni parziali, totali, anulari o di penombra (fig. 4a). Le curve di luce sono simili a quelle del caso precedente. Si noti che nei pressi dell'opposizione la direzione Sole-Saturno e quella Terra-Saturno sono assai prossime, e quindi ad un'eclisse può immediatamente seguire un'occultazione, e viceversa. Addirittura può verificarsi la pur rara eventualità di un'occultazione e di un'eclisse in contemporaneo svolgimento.

I "fenomeni" radenti

La previsione degli eventi conduce ad evidenziare alcuni passaggi assai ravvicinati (*radenti*) tra i dischi di due satelliti o tra un satellite ed il cono d'ombra di un altro. A causa delle notevoli incertezze in gioco, tuttavia, è possibile che eventi predetti come radenti si traducano in vere e proprie eclissi od occultazioni mutue. Anche questa categoria di eventi merita grande attenzione.

(1. continua)