

## **PHEMU 2009: i Medicei si nascondono!**

*Alle porte un nuovo ciclo di “fenomeni mutui”, occasione per fare ricerca.*

GIUSEPPE MARINO

### **Un’attesa di sei anni...**

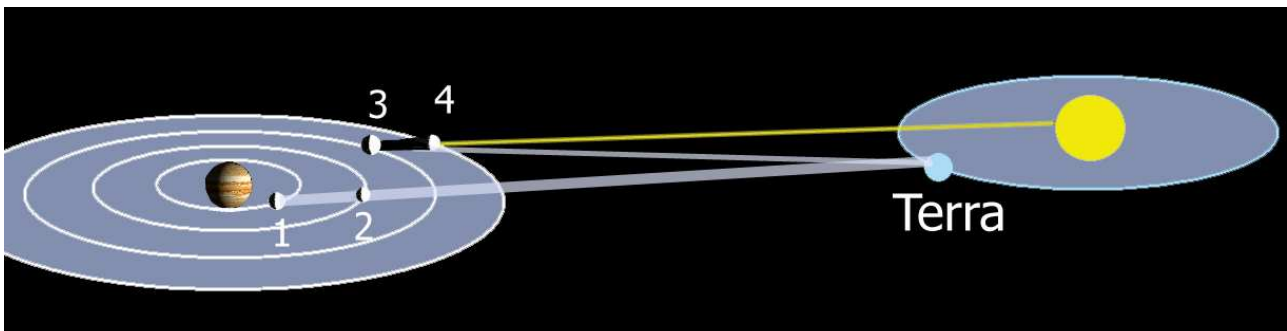
Sembra ieri, eppure dopo l’ultimo “PHEMU” osservato nel 2003 parve insopportabile l’idea di dover aspettare altri sei anni prima di poter assistere di nuovo a questi fenomeni. Possibile entusiasinarsi a tal punto riprendendo un debole “puntolino” luminoso affievolirsi passando dietro un altro “puntolino”, o dietro la sua ombra? L’idea dell’immutabilità dei cieli, smantellata dal pensiero razionale, è in verità ancora radicata nel senso comune; da qui all’entusiasmo per i cambiamenti cosmici, il passo è breve... Ma ci deve essere dell’altro, se ogni sei anni centinaia di astronomi e astrofili di tutto il mondo rispondono all’appello delle campagne internazionali per l’osservazione dei PHEMU, i “Fenomeni Mutui tra Satelliti Medicei”.

Tra i numerosi astrofili organizzatisi nel 2003, c’era il desiderio di poter versare una propria “goccia” nell’oceano del progresso scientifico, ma anche la sensazione di riuscire a svelare degnamente, con nuovi strumenti, quei fenomeni che in precedenza eravamo solo riusciti a osservare visualmente, quando ci si illudeva di poter eseguire, in quel modo, misurazioni scientificamente utili.

Nel 2009, quando la Terra e il Sole si ritroveranno sul piano orbitale dei quattro principali satelliti di Giove - i “medicei” Io, Europa, Ganimede e Callisto - tutto ricomincerà, e già rinasce l’entusiasmo.

### **Di cosa si tratta?**

Ben più rari dei fenomeni “classici” tra i satelliti medicei e il grosso disco di Giove, i PHEMU consistono in occultazioni ed eclissi mutue tra gli stessi satelliti. Durante un fenomeno mutuo, con strumenti di almeno 15 cm, ad alti ingrandimenti e disponendo di buon *seeing*, si potrà forse discernere una delle minuscole lune effettivamente intaccata dal dischetto di un altro satellite (occultazione) o dall’ombra da questo proiettata (eclisse) (Figura 1).



**Figura 1.** Schema di due PHEMU: il satellite 2 (Europa) occulta 1 (Io), 4 (Callisto) eclissa 3 (Ganimede). Il disegno non è in scala.

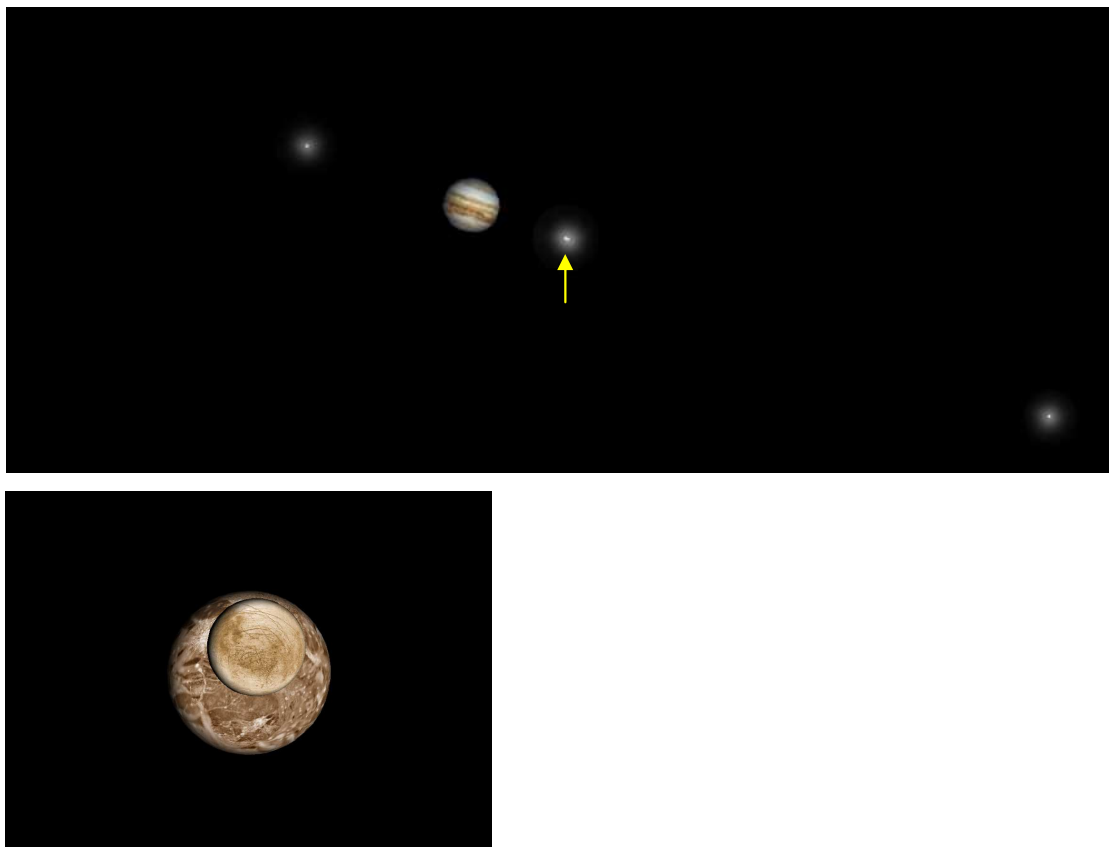
Non mi risulta che alcuno di tali fenomeni sia stato mai ripreso in alta risoluzione, il che sarà forse possibile per i “mostri sacri” dell’*imaging* planetario; certamente più agevole e scientificamente utile è la registrazione del calo di luce. In alcuni casi si osserverà la completa sparizione di un satellite: si tratta di eventi spettacolari già all’osservazione visuale con piccoli strumenti e anche di indubbio valore didattico.

### **I PHEMU del 2009**

La declinazione negativa di Giove e il notevole lasso di tempo (circa quattro mesi) tra la data della sua opposizione e il periodo di miglior giacenza della Terra sul piano orbitale dei satelliti, renderanno la visibilità dei PHEMU del 2009 meno favorevole rispetto al ciclo del 2003; gli eventi saranno comunque tanti (si veda la Tabella 1) e non mancheranno i fenomeni spettacolari.

Un esempio di come potrà apparire al telescopio un PHEMU è presentato nella Figura 2, che simula la configurazione poco prima dell’occultazione di Ganimede da parte di Europa (la coppia a destra di Giove indicata dalla freccia) del 2 novembre 2009. Più in basso, è presentato un ingrandimento dell’evento, con una ricchezza di dettagli purtroppo irraggiungibile da Terra.

Spettacolare sarà l’evento del 4 agosto 2009, quando Europa sarà eclissata dall’ombra di Ganimede, arrivando a perdere fino a 6 magnitudini! (Figura 3).



**Figura 2.** Simulazione dell'occultazione anulare tra Europa e Ganimede del 2 novembre 2009. In alto è mostrato quanto si potrà osservare con un telescopio amatoriale poco prima dell'evento.

**Tabella 1.** Fenomeni mutui tra satelliti medicei (PHEMU) del 2009 osservabili dall'Italia in orario notturno.

1: Io, 2: Europa, 3: Ganimede, 4: Callisto, P: parziale, T: totale, q: eclisse di penombra, R.G.: raggi gioviani dal centro del pianeta.

La durata, se non tra parentesi, è relativa alla sola fase di ombra. Nel caso di occultazioni (OCC) il calo di luminosità è riferito all'insieme dei due satelliti coinvolti; per le eclissi (ECL), il calo è invece riferito al solo satellite eclissato.

| Mese | Giorno | Evento    | Centralità<br>(Tempo Universale) | Durata<br>(s) | Calo<br>(mag.) | Distanza<br>da Giove<br>(R.G.) | Altezza<br>Giove<br>(°) | Altezza<br>Sole<br>(°) |
|------|--------|-----------|----------------------------------|---------------|----------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|
| 4    | 17     | 1 OCC 3 P | 03 01 23.                        | 338           | 0.22           | 4.1                            | 14                      | -16                    |
| 4    | 20     | 3 OCC 1 P | 03 48 02.                        | 315           | 0.25           | 3.1                            | 23                      | -6                     |
| 5    | 14     | 1 OCC 2 P | 03 14 32.                        | 284           | 0.51           | 4.4                            | 30                      | -7                     |
| 5    | 27     | 2 OCC 1 P | 00 53 19.                        | 234           | 0.58           | 2.7                            | 17                      | -25                    |
| 6    | 2      | 4 ECL 2 P | 01 57 59.                        | 886           | 0.90           | 9.4                            | 30                      | -17                    |
| 6    | 15     | 1 OCC 2 P | 01 16 52.                        | 309           | 0.25           | 5.2                            | 31                      | -21                    |
| 6    | 16     | 3 ECL 1 P | 01 29 16.                        | 293           | 0.23           | 5.8                            | 33                      | -20                    |
| 6    | 16     | 3 ECL 1 P | 23 16 21.                        | 256           | 0.41           | 5.9                            | 14                      | -29                    |
| 6    | 19     | 4 ECL 3 q | 23 21 43.                        | (814)         | 0.85           | 4.2                            | 17                      | -29                    |
| 6    | 20     | 1 ECL 3 q | 00 57 53.                        | (342)         | 0.20           | 3.3                            | 31                      | -23                    |
| 6    | 24     | 3 ECL 1 P | 02 32 04.                        | 283           | 0.69           | 5.7                            | 39                      | -11                    |
| 7    | 16     | 1 ECL 2 P | 21 50 54.                        | 229           | 0.36           | 6.4                            | 20                      | -29                    |
| 7    | 16     | 1 OCC 2 P | 23 03 53.                        | 396           | 0.22           | 5.7                            | 30                      | -31                    |
| 7    | 23     | 4 ECL 2 q | 23 11 29.                        | (457)         | 0.16           | 6.8                            | 34                      | -32                    |
| 7    | 24     | 1 ECL 2 P | 00 15 40.                        | 294           | 0.50           | 6.3                            | 38                      | -30                    |
| 7    | 24     | 1 OCC 2 P | 01 14 03.                        | 446           | 0.26           | 5.8                            | 37                      | -25                    |
| 7    | 31     | 1 ECL 2 P | 02 43 25.                        | 355           | 0.63           | 6.2                            | 27                      | -14                    |
| 7    | 31     | 1 OCC 2 P | 03 25 12.                        | 511           | 0.33           | 5.8                            | 21                      | -7                     |
| 8    | 4      | 3 ECL 2 P | 21 52 45.                        | 675           | 1.63           | 9.3                            | 31                      | -33                    |
| 8    | 8      | 1 ECL 3 A | 20 42 59.                        | 312           | 0.40           | 5.5                            | 24                      | -27                    |
| 8    | 12     | 3 ECL 2 P | 01 52 56.                        | 865           | 5.99           | 9.4                            | 26                      | -24                    |
| 8    | 15     | 1 ECL 3 P | 23 53 03.                        | 359           | 0.36           | 5.5                            | 36                      | -37                    |
| 8    | 16     | 1 ECL 3 A | 20 44 51.                        | 1662          | 0.44           | 5.6                            | 29                      | -29                    |
| 8    | 17     | 1 ECL 2 P | 21 16 03.                        | 601           | 0.81           | 5.7                            | 32                      | -33                    |
| 8    | 17     | 1 OCC 2 P | 21 04 47.                        | 762           | 0.59           | 5.8                            | 31                      | -32                    |
| 8    | 24     | 1 ECL 3 P | 01 28 32.                        | 342           | 0.18           | 6.3                            | 21                      | -30                    |
| 8    | 24     | 1 OCC 2 T | 23 31 37.                        | 947           | 0.60           | 5.7                            | 34                      | -41                    |
| 8    | 25     | 1 ECL 2 P | 00 14 43.                        | 831           | 0.69           | 5.3                            | 30                      | -39                    |
| 8    | 25     | 1 ECL 2 P | 18 14 36.                        | 412           | 0.19           | 6.1                            | 12                      | -8                     |
| 9    | 1      | 1 ECL 2 P | 21 04 10.                        | 460           | 0.47           | 6.3                            | 36                      | -37                    |
| 9    | 1      | 1 OCC 2 P | 20 02 16.                        | 713           | 0.23           | 5.9                            | 31                      | -28                    |
| 9    | 8      | 1 ECL 2 P | 23 42 56.                        | 449           | 0.89           | 6.5                            | 26                      | -46                    |
| 9    | 8      | 1 OCC 2 P | 22 26 27.                        | 599           | 0.24           | 5.9                            | 33                      | -46                    |
| 9    | 26     | 1 ECL 2 P | 17 57 45.                        | 362           | 1.51           | 6.7                            | 29                      | -14                    |
| 10   | 3      | 1 ECL 2 P | 20 22 30.                        | 307           | 1.06           | 6.7                            | 34                      | -43                    |
| 10   | 3      | 1 OCC 2 P | 18 30 18.                        | 386           | 0.19           | 5.8                            | 34                      | -23                    |
| 10   | 10     | 1 ECL 2 P | 22 45 24.                        | 235           | 0.57           | 6.7                            | 14                      | -59                    |
| 10   | 10     | 1 OCC 2 P | 20 47 05.                        | 352           | 0.18           | 5.7                            | 30                      | -49                    |
| 10   | 16     | 3 OCC 2 P | 21 13 35.                        | 498           | 0.13           | 8.9                            | 24                      | -55                    |
| 11   | 2      | 2 OCC 3 A | 18 52 19.                        | 350           | 0.33           | 3.4                            | 33                      | -35                    |
| 11   | 4      | 1 OCC 2 P | 16 49 29.                        | 295           | 0.22           | 5.2                            | 35                      | -11                    |
| 11   | 11     | 1 OCC 2 P | 19 08 52.                        | 292           | 0.27           | 5.0                            | 28                      | -39                    |
| 11   | 23     | 2 OCC 1 A | 17 29 48.                        | 238           | 0.60           | 2.8                            | 34                      | -21                    |
| 11   | 28     | 3 OCC 2 P | 17 48 21.                        | 371           | 0.14           | 7.3                            | 31                      | -25                    |

|    |    |           |           |     |      |     |    |     |
|----|----|-----------|-----------|-----|------|-----|----|-----|
| 11 | 30 | 2 OCC 1 P | 19 47 47. | 240 | 0.53 | 3.1 | 14 | -48 |
| 12 | 13 | 1 OCC 2 P | 17 44 11. | 268 | 0.52 | 4.1 | 26 | -24 |



**Figura 3.** Simulazione dell'eclisse di Europa (a destra) da parte di Ganimede (a sinistra) del 12 agosto 2009.

## Come riprenderli

### *Con webcam e reflex digitali*

La tecnica più semplice e nello stesso tempo in grado di fornire risultati scientificamente validi consiste certamente nel riprendere i fenomeni mutui con una webcam, privata del suo obiettivo, controllata da un computer e applicata al fuoco diretto di un telescopio. Andrà già bene un telescopio di 10-15 cm di diametro dotato di inseguimento orario. Per passare dal semplice svago a un'osservazione scientifica basterà:

a) sincronizzare il computer con un segnale orario standard; ciò è possibile via Internet, poco prima di iniziare le osservazioni, utilizzando un programma apposito (per esempio *Astroalarm* – sviluppato dall'astrofotografo Giovanni Benintende – disponibile all'indirizzo [www.astrogb.com/astroalarm.htm](http://www.astrogb.com/astroalarm.htm));

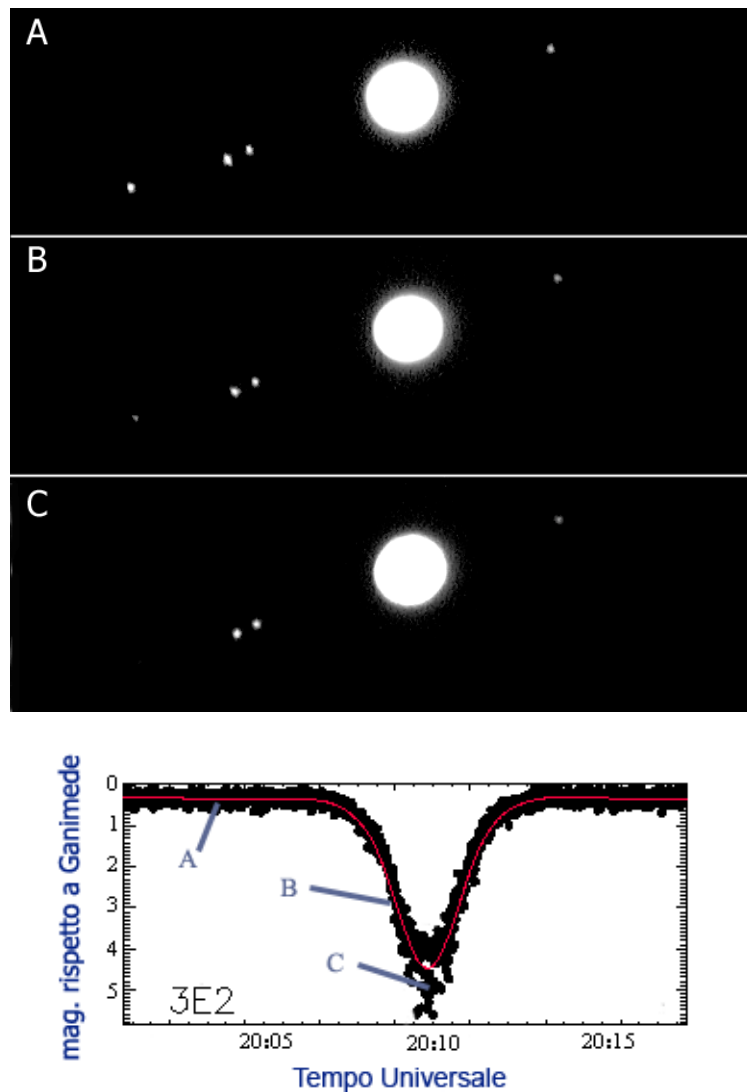
b) riprendere una sequenza di singole immagini (di formato FITS).

Riprendendo singole foto, per esempio con il comando *Video --> Images acquisition* del programma *Iris* (<http://astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>), i tempi saranno registrati in ogni immagine con la precisione richiesta, che è di 1/10 s. I filmati AVI consentirebbero di riprendere un numero ben più elevato di *frame* per secondo, ma la possibilità di *frame* duplicati dal *software* impedirebbe di poter risalire all'istante di ogni immagine in maniera attendibile.

I satelliti medicei sono di quinta magnitudine, quindi abbastanza luminosi per poter essere rilevati con una comune webcam. Anzi, bisogna fare attenzione nella regolazione del “guadagno” e del tempo di esposizione (che normalmente non può superare 1/25 s) onde evitare che l'immagine dei satelliti coinvolti raggiunga un segnale di 255: infatti 255 ADU costituiscono il massimo

registrabile da una comune webcam a 8 bit. Una selezione di tre immagini ottenute con questa tecnica è riportata in Figura 4. Nella parte bassa della stessa figura è visualizzato il corrispondente andamento della luminosità del satellite eclissato (rispetto a quello eclissante) con il trascorrere del tempo, cioè la cosiddetta “curva di luce”: è questo il “prodotto” finale che potrete estrarre dalla vostra sequenza di immagini.

Il problema della registrazione precisa del tempo affligge purtroppo le reflex digitali: finché non sarà disponibile un *software* in grado di controllare la fotocamera registrando il tempo con una risoluzione di 1/10 s, questo strumento non potrà dare risultati scientificamente utili.



**Figura 4.** In alto, tre immagini della sequenza ripresa il 31 maggio 2003 con webcam Philips ToUcam Pro, al fuoco diretto di un telescopio Schmidt-Cassegrain, in occasione dell'eclisse di Europa (il primo satellite da sinistra) da parte di Ganimede (il secondo). In basso, la curva di luce completa, ricavata da tutte le immagini, con l'indicazione dei valori estratti dai tre frame (A, B, C) mostrati in alto. (Gruppo Astrofili Catanesi).

### ***Con la CCD***

Certamente più precisi saranno i risultati ottenibili con una CCD, a patto di effettuare alcune operazioni preliminari aggiuntive rispetto alla semplice sincronizzazione del computer. Bisognerà infatti:

- a) stimare il ritardo tra l'istante dello "start" e l'effettiva apertura dell'otturatore;
- b) assicurarsi che l'istante di inizio-posa venga registrato su ogni immagine con una risoluzione di almeno 0.1 s (i comuni programmi – di *default* – non arrivano a tale precisione).

Particolarmente valido per le suddette calibrazioni è il programma *Maxim DL*. E' sufficiente effettuare le relative operazioni, di seguito elencate, una sola volta, magari di giorno e con tranquillità:

- applicare al CCD un sistema di lenti (per esempio un oculare) che funga da obiettivo;
- inquadrare il monitor del computer e mettere a fuoco;
- dalla finestra di controllo CCD di *Maxim DL*:  
*Settings --> Options --> Shutter Latency Measurements*;
- seguire le istruzioni ivi presentate.

In fase di ripresa del fenomeno, la quantità di foto acquisite sarà limitata dal "tempo morto" di *download* di ogni immagine: questo tempo va assolutamente ridotto selezionando l'area di interesse. Con *Maxim DL*, ciò è possibile dalla sezione *Subframe* di *Settings* e poi abilitando, in *Sequence*, l'opzione *Subframe for Settings tab*. Ovviamente, l'area scelta deve comprendere il satellite coinvolto nell'evento (o la coppia di satelliti se si tratta di un'occultazione) e almeno un altro satellite di confronto.

### **Cosa fare delle immagini?**

...fotometria, naturalmente, per ottenere la curva di luce dell'evento!

### ***Con Maxim DL***

Dopo aver aperto le immagini con *Maxim DL*, da *Analysis* → *Photometry* bisogna cliccare sul satellite eclissato (o sulla coppia di satelliti in occultazione) ("*Object*") e su uno o più satelliti di confronto ("*Reference star*"). Cliccando col tasto destro si può stabilire la dimensione dell'apertura circolare entro cui estrarre il segnale (fate in modo che il cerchietto che compare includa la macchiolina del satellite) e l'ampiezza dell'anello circostante, nel quale verrà stimato il fondo cielo. *Maxim DL* è in grado di ritrovare, in tutte le riprese, gli oggetti selezionati; se non ci riuscisse, si può esplorare la sequenza per individuare le immagini su cui il programma ha fallito, così da piazzarvi manualmente il cerchietto o da escluderle. Visualizzata la curva di luce, si potranno

salvare i valori di magnitudine in un *file* recante il tempo (in giorni giuliani) nella prima colonna e le magnitudini relative nella seconda.

### ***Con Iris***

*Iris* risulta particolarmente utile nel caso in cui *Maxim DL* non riesca a identificare i satelliti in tutte le immagini (il che può succedere a causa del moto dei satelliti o per la presenza del luminoso Giove). Se le immagini non sono state riprese con *Iris*, bisogna prima rinumerarle. Le riprese CCD a 16 bit devono poi essere convertite in un formato adeguato a *Iris* (basta lanciare il comando *convertsx* dalla finestra testuale di *Iris*). Quindi, con i comandi *Planetary Registration* oppure *Stellar Registration* (sotto il *menu Processing*) le immagini devono essere “messe a registro” sulle posizioni dei satelliti (bisogna ripetere l’operazione per ciascun satellite per via del loro moto). A questo punto, sulle sequenze di immagini messe a registro si lancerà il comando *Automatic Photometry* (sotto *Analysis*), il quale restituirà la fotometria “d’apertura” sulle posizioni di ciascun satellite.

Alla fine, si dovrà ottenere un *file* a due colonne – tempo e magnitudini relative – che potrà essere inviato all’autore ([giumar69@gmail.com](mailto:giumar69@gmail.com)) oppure a Jean-Eudes Arlot, dell’IMCCE (*Institut de Mécanique Céleste e de Calcul des Ephémérides – Paris*), coordinatore della campagna internazionale PHEMU09

([http://www.imcce.fr/fr/presentation/equipements/GAP/travaux/phemu09/index\\_en.html](http://www.imcce.fr/fr/presentation/equipements/GAP/travaux/phemu09/index_en.html)).

### **Cosa faranno gli astronomi con i vostri dati?**

I dati fotometrici che avrete prodotto serviranno agli astronomi per dedurre precise posizioni “astrometriche” dei satelliti, in base al calo di flusso luminoso e all’istante centrale del minimo. Queste informazioni saranno confrontate con le previsioni fornite dalle effemeridi per affinare i modelli di meccanica celeste. Questi ultimi potrebbero essere sensibili alle perturbazioni indotte da effetti mareali, dalla struttura interna dei satelliti e da altri cause.

### **L’autore.**

Laureato in fisica, dopo il dottorato di ricerca conseguito nel 2000, ha lavorato per due anni al Telescopio Nazionale Galileo (La Palma – Isole Canarie) come astronomo di supporto, con una decina di pubblicazioni professionali all’attivo. Oggi è insegnante di fisica nelle scuole secondarie. Astrofotografo per vocazione, ha pubblicato diversi saggi su attività osservative condotte con strumentazione amatoriale. Socio del Gruppo Astrofili Catanesi, si occupa anche di divulgazione.