

Costantino Sigismondi,  
*Storia dell'Astronomia,*  
*Università di Roma*  
*"La Sapienza"*  
[sigismondi@icra.it](mailto:sigismondi@icra.it)

# Il sistema multiplo di Spica osservato dal Padre Giovanni Battista Audiffredi nel 1753

## Abstract

*The multiplicity of Spica's system has been first observed in 1753 by the dominican father Giovanni Battista Audiffredi through a lunar occultation. Audiffredi noted that the emergence's duration from the bright lunar limb was not instantaneous. Nowadays Spica has five known components, four of them have been discovered by occultation. This observation is presented along with a general introduction of lunar occultations, Watts' profiles, Cassini regions and grazes.*

## Introduzione

Durante l'analisi delle osservazioni di occultazioni da parte della Luna eseguite dall'allora direttore della Biblioteca Casanatense, il Padre domenicano Giovanni Battista Audiffredi, al fine di identificare la posizione della sua specola, ho trovato una possibile evidenza della prima scoperta della molteplicità del sistema di Spica nella sua osservazione del 10 giugno 1753 pubblicata nei *Phaenomena Caelestia observata Romae* del 1754.

L'Audiffredi commentò che la durata dell'uscita di Spica dal lembo lunare "*non puncto temporis, sed longiore morula, unius secundi duratione excessisse*", non sbilanciandosi sulle ragioni di tale fenomeno.

Mostreremo come, dal 1753 a oggi, le stelle del sistema di Spica si siano mosse sensibilmente.

L'uso delle occultazioni lunari come metodo per la determinazione di longitudine e latitudine dell'osservatore viene discusso anche nelle linee generali, così come la campagna osservativa guidata dallo IOTA per la migliore determinazione dei profili di Watts del lembo lunare.

## Occultazioni stellari

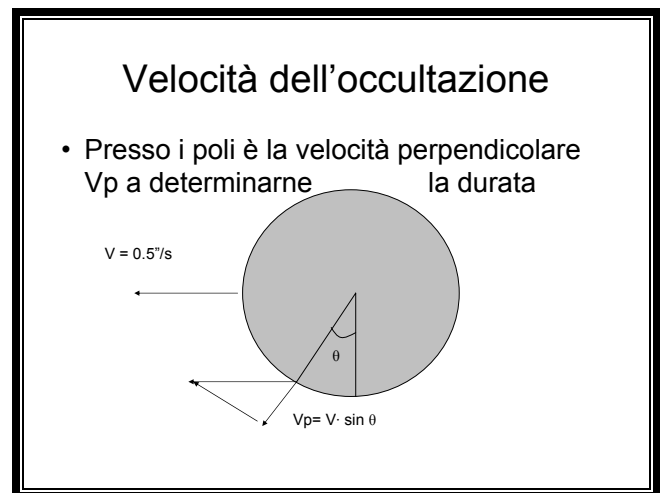
Sono utili, a posteriori, per la determinazione della posizione dell'osservatore, mentre conoscendo con grande precisione questa vengono utilizzate per correggere il profilo del lembo lunare con una precisione superiore a 0.2". Le carte dell'atlante di Chester Watts "*The marginal zone of the Moon*" (1962) sono state preparate all'*US Naval Observatory* da una *survey* fotografica durata 20 anni con quella risoluzione, che alla distanza Terra-Luna corrisponde a circa 400 m. La lunga durata della *survey* è stata necessaria per poter riprendere i profili marginali a tutti gli angoli di librazione.

Dettagli a risoluzione inferiori ai 400 m sono invisibili direttamente, se non mediante un'occultazione stellare prodotta proprio da loro. Infatti una stella ha un diametro generalmente inferiore al millesimo di secondo d'arco (che cor-

risponde a 2 metri) e la sua sparizione o riapparizione dietro il lembo lunare è pressoché istantanea.

Nel caso di occultazione equatoriale, dove il profilo lunare è pressappoco perpendicolare al moto rispetto alle stelle fisse, la velocità con cui il lembo lunare incide è di circa 0.5" per secondo, mentre nel caso di un'occultazione radente, o 'graze', che avviene attorno alle zone polari, il profilo lunare incide a velocità angolare  $0.5'' \cdot \sin(\theta)$  per secondo, dove  $\theta$  tende a 0 al polo.

Occultazioni a  $10^\circ$  dal polo occorrono con una velocità relativa di 0.09"/s.



Con un cronometro al decimo di secondo un osservatore può descrivere dettagli superficiali di 9 millesimi di secondo d'arco, ovvero 18 metri.

Trascuriamo il fatto che la Luna orbiti su un piano inclinato di  $5^\circ$  sull'eclittica, visto che il ragionamento fin qui seguito non cambia qualitativamente.

Nelle regioni polari della Luna sono comprese anche le zone di Cassini che, quando sono visibili da Terra, non sono mai illuminate dal Sole, per un gioco della librazione lunare, che già ci permette di vedere il 59% della superficie della Luna, anziché solo il 50% se la Luna ci orbitasse attorno con orbita circolare uniforme.

## Sistemi multipli scoperti mediante occultazioni radenti

La circostanza di un'occultazione radente è particolarmente favorevole per la scoperta di sistemi multipli molto stretti.

Infatti, se in una doppia le componenti sono separate di 0.01 secondi d'arco, in una occultazione radente con  $\theta = 1^\circ$ , se l'angolo di posizione è tale che le due stelle sono dispo-

ste proprio nella direzione perpendicolare al moto della Luna ( $180^\circ$ ), esse spariranno una dopo l'altra nell'arco di tempo di 1 secondo, che è del tutto distinguibile anche senza dispositivi elettronici.

Se le due stelle formassero invece un angolo di posizione di  $90^\circ$ , il tempo di sparizione risulterebbe di 0.02 secondi, accessibile solo con l'elettronica.

### Misurazione del diametro stellare con occultazioni

Anche in questo caso l'occultazione radente costituisce una circostanza favorevole. Un diametro di 0.01 secondi d'arco a  $\theta = 1^\circ$  impiega 1 secondo a sparire: se non ci fossero effetti di diffrazione, ma solo il tramonto geometrico, il profilo di caduta della luce sarebbe una retta obliqua, che si combina opportunamente con il profilo di diffrazione oscillante di una sorgente puntiforme. Analizzando la curva di caduta della luce stellare si può risalire al suo diametro.



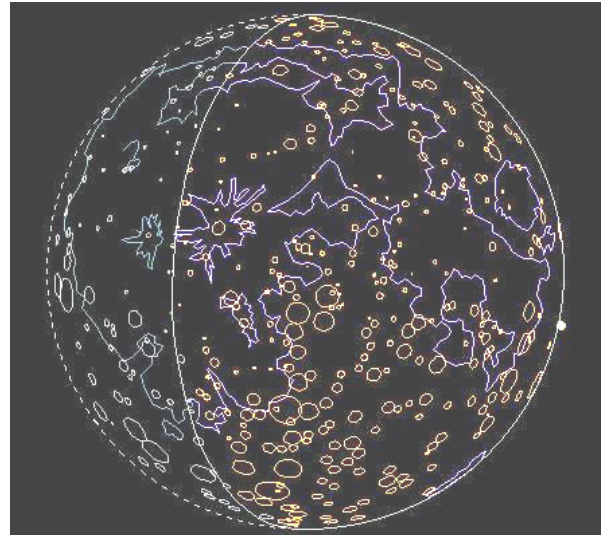
Padre Giovanni Battista Audiffredi 1714-1794, bibliotecario e astronomo alla Biblioteca Casanatense.

### Osservazione di Spica fatta dall'Audiffredi

Tutte le osservazioni di occultazioni stellari sono fatte con il telescopio di 12 palmi parigini, circa 2.5 metri di focale. L'Audiffredi non specifica il diametro, ma bisogna ricordare che a quell'epoca le lenti avevano generalmente un rapporto focale/diametro maggiore di 20.

Una durata dell'emersione attorno a un secondo, poiché non si tratta di un'occultazione radente, non può essere dovuta al diametro stellare, ma a una molteplicità del sistema stellare in esame.

Ed infatti in occasione dell'occultazione radente del 29 novembre 1979, David Herald ha individuato ben 4 componenti secondarie di Spica, una delle quali, di magnitudine 7, potrebbe essere la responsabile della durata non istantanea della riemersione nel giugno del 1753.



Emersione di Spica dal lembo lunare illuminato il 10 giugno 1753.

### Il sistema multiplo di Spica

Spica è una stella gigante blu di classe spettrale B2 con una parallasse trigonometrica di  $0.023''$  che corrisponde a una distanza da noi di  $44 \pm 2$  pc.

Il suo sistema è composto da cinque stelle, due delle quali sono state scoperte mediante occultazione lunare radente dall'australiano David Herald il 29/11/1975, autore del programma Occult dello IOTA, *International Occultation Timing Association* e osservatore da lunga data di eclissi e di occultazioni. I dati sulle separazioni angolari sono stati ottenuti anche con l'interferometro, oltre che con l'occultazione radente.

Per Spica è stato misurato un diametro angolare di  $0.86 \pm 0.01$  miliardesecondi che, a 44 pc, corrisponde a 5.6 milioni di km, quattro volte il Sole. La componente principale è anche una variabile di tipo  $\beta$  Cephei con periodo 0.17 giorni.

### Componente di magnitudine 3.1

È la più vicina alla componente principale. Era stata identificata anche spettroscopicamente dall'oscillazione periodica delle righe spettrali, con periodo 4 giorni.

Per le orbite molto strette si può ritenere che siano circolarizzate dagli effetti mareali. Questo discorso vale in particolare per questa componente oggi a  $0.0025''$  dalla principale, cioè circa 16 milioni di km.

Spica e la sua componente secondaria, di 1.5 magnitudini più debole, costituisce anche una variabile ellissoidale, poiché le due stelle sono *spin-locked* e di forma ellissoidale per le reciproche maree. Nel corso del loro periodo orbitale ci mostrano aree sempre diverse, e ciò fa variare con lo stesso periodo la luminosità complessiva del sistema. Non si os-

servano però eclissi, quindi il sistema non è visto di taglio da noi. Poiché questa stella orbita in 4 giorni attorno alla principale non può allontanarsi più di tanto da essa. Per arrivare a 0.5" dovrebbe andare 200 volte più lontano nello stesso tempo di 4 giorni, con velocità che non potrebbero essere giustificate dalla massa della stella centrale.

Dal *Bright Star Catalogue* (1982) risulta  $M \sin^3 i = 7.16$  masse solari, il che implica che la massa della stella centrale non sia troppo diversa da 10 masse solari ( $i$  è l'inclinazione del piano orbitale rispetto al piano perpendicolare alla linea di vista). Con questa ipotesi, applicando le leggi della dinamica (moto circolare uniforme e bilanciamento tra forza di gravità e centrifuga), ritorna il periodo di 4 giorni alla distanza di 16 milioni di km.

### Componente di magnitudine 4.5

Scoperta da Herald nel 1975, oggi è a 0.05" dalla componente principale.

Passare da 0.5" a 0.05" implicherebbe un'eccentricità apparente di  $e = 0.9$ , piuttosto grande per un sistema multiplo, in cui sono diverse le componenti legate verosimilmente nate dalla stessa nube iniziale. La situazione dovrebbe essere simile ai pianeti del nostro sistema solare, dove le eccentricità sono tutte piccole e c'è coplanarità. Potrebbe darsi, però, che stiamo vedendo l'orbita quasi di taglio. Sarebbe una buona candidata a essere quella vista dall'Audiffredi poiché una stella di quarta grandezza risalta meglio all'emersione dal bordo illuminato della Luna rispetto a una di settima.

L'angolo di posizione ( $PA$ , misurato rispetto al Nord in senso antiorario) valeva  $PA = 225^\circ$  nel 1975.

### Componente di magnitudine 7.5

Anche la componente del sistema di magnitudine 7.5 è stata osservata da Herald nel 1975, ed è quella che oggi si trova separata di 0.5 arcosecondi dalla principale. Se le eccentricità sono piccole, le orbite ellittiche eventualmente osservate sono dovute solo al vedere i cerchi un po' di taglio. Ipotizzando un angolo non troppo di taglio, l'eccentricità osservata può ritenersi al massimo 0.5, e così questa stella resta sempre entro alcuni decimi di secondo d'arco dalla principale.

Infatti al tempo di Audiffredi, era necessario che la stella secondaria si trovasse a circa 0.5" dalla componente principale, a un angolo di posizione  $PA \approx 270^\circ$ , in modo da apparire prima della componente principale nella riemersione, e da essere facilmente identificabile al telescopio nonostante il fenomeno avvenisse sul bordo illuminato della Luna. Oggi il suo  $PA = 180^\circ$ .

Se assumiamo 0.5" come l'ordine di grandezza per il semiasse di questa ultima stella, la III legge di Keplero ci dà un periodo di rivoluzione di circa 31 anni, che può giustificare un cambiamento nel  $PA$  di  $90^\circ$  in 226 anni, corrispondenti a 7.3 periodi completi. In 0.3 periodi su orbita circolare si coprono  $104^\circ$ , e partendo da  $284^\circ$  se la stella orbita in senso orario, si arriva agli attuali  $90^\circ$ . Un  $PA$  di  $284^\circ$  nel 1753 è compatibile con l'osservazione dell'emersione durata un secondo di Spica fatta dall'Audiffredi.

### Componente di magnitudine 12

Esiste anche un'altra componente a 148", di magnitudine 12. Ce n'è un'altra a 360", di magnitudine 10.5. Entrambe furono scoperte nel 1879. Sono entrambe troppo deboli e lontane per essere la responsabile del fenomeno osservato dall'Audiffredi. L'ultima non è considerata parte del sistema di Spica.

### Conclusioni

Questo studio su Spica al fine di verificare la possibilità che ne sia stata osservata la molteplicità durante un'occultazione nel 1753 dal Padre Audiffredi, indica la componente di magnitudine 7.5 come la più probabile a essere la responsabile del fenomeno descritto. Una sua rivoluzione in senso orario su un'orbita a bassa eccentricità apparente con periodo attorno ai 31 anni confermerebbe del tutto tale ipotesi.

È assai verosimile che Giovanni Battista Audiffredi sia stato il primo scopritore della molteplicità di Spica mediante occultazione lunare.

### Ringraziamenti

Alla dottoressa Rita Fioravanti, bibliotecaria della Casanatese, per avermi messo a parte di tutti i suoi studi su Audiffredi astronomo.

### Bibliografia

- [1] Giovanni Battista Audiffredi, a cura di A. A. Cavarra, Ed. De Luca, Roma 1994.
- [2] Andrea Conti, *Esame dell'osservazione del passaggio di Venere sul disco solare fatta in Roma nel 1761. dal celebre padre Audiffredi domenicano nel convento di Santa Maria sopra Minerva del signor Andrea Conti astronomo* inserito nel tomo XX delle memorie della Società Italiana delle Scienze residente in Modena. Modena, presso la Tipografia Camerale, 1826.
- [3] Giovanni Battista Audiffredi, *Phaenomena Caelestia observata Romae*, Roma, 1754.
- [4] Giovanni Battista Audiffredi, *Novissimus Mercurii transitus sub sole observatus Romae 7 novembris 1756*, Roma 1756.
- [4] Dorrit Hoffleit, *The Bright Star Catalogue*, Yale University Observatory, New Haven, 1982.
- [5] Perryman M., et al., *The Hipparcos Catalogue*, Astron. & Astrophys., **323**, L49-L52 (1997).