

# Fotometria cometaria d'apertura in bande fotometriche standard

Giannantonio Milani  
UAI - Sezione Comete

## Abstract

*Photometry of cometary comae with standard aperture, expressed in kilometre on the coma, allows a noticeable improvement in the analysis of light curves. A good improvement came also taking into account the spectral sensitivity of the CCD and referring to V or R photometric bands also unfiltered images. In this way, and providing an adequate calibration, at least for dusty comets, V and R and unfiltered data appear in good agreement.*

## Introduzione

La fotometria delle chiome cometarie, effettuata prevalentemente mediante tecniche visuali, si preoccupa di stimare la luminosità complessiva della chioma di una cometa. Le curve di luce tipicamente prodotte per monitorare l'andamento dell'apparizione si riferiscono a dati essenzialmente visuali. L'entrata in scena del CCD come nuovo strumento di osservazione e di misura ha portato a sviluppare nuovi aspetti inerenti la fotometria delle comete.

Uno dei limiti della fotometria visuale risiede nel fatto che, sia la magnitudine totale, sia il diametro apparente della chioma, vengono stimati con tecniche pur efficaci ma con una precisione che non può essere mai spinta oltre certi limiti.

Il CCD permette di superare questi limiti, quantificando in modo più rigoroso sia la magnitudine che le dimensioni della chioma. Nel nostro caso, l'utilizzo di finestre di misura standard si è dimostrata una soluzione vincente per migliorare ulteriormente lo studio delle curve di luce cometarie.

## La fotometria della chioma

Teoricamente, la magnitudine stimata della chioma dovrebbe essere funzione del diametro di chioma osservato, ma, visualmente, vi sono pesanti limitazioni in questo senso. Ciò che si osserva è infatti soggetto a effetti strumentali (apertura, tipo di strumento e ingrandimenti) come pure a un'intrinseca imprecisione nella stime del diametro della chioma. Anche utilizzando micrometri filari, o altre tecniche potenzialmente molto accurate, risulta sempre molto difficile misurare le dimensioni di un oggetto diffuso come una chioma cometaria. Il CCD invece permette di valutare in modo assai più preciso l'estensione della chioma e soprattutto di porre in relazione magnitudine e diametro osservato della chioma. In questo caso l'errore sulla misura della chioma è limitato agli arrotondamenti imposti dalla risoluzione della combinazione telescopio-CCD (secondi d'arco/pixel), ed è quindi generalmente irrilevante.

Si è verificato infatti che, a differenza della tecnica visuale, non vi sono effetti di tipo strumentale e che le differenze osservate sono compatibili con gli errori di misura.

Un grande vantaggio offerto infine dal CCD, rispetto alla tecnica visuale, è proprio quello di poter utilizzare la fotometria di apertura con diverse finestre di misura, cioè misurando la magnitudine relativa a diverse porzioni della chioma cometaria, con un'elevata precisione. Nel nostro caso, per annullare le differenze di cielo e le eventuali scelte personali, sono state adottate delle finestre di misura standard espresse in chilometri sulla chioma. Nota la distanza della cometa dalla Terra e la scala strumentale, è infatti possibile determinare a quanti *pixel* corrisponde una finestra, per es. di 100 000 km, utilizzata come riferimento base. Sono poi stati utilizzati sottomultipli di questo valore, e quando possibile valori superiori. Lo scopo è, alla fine, quello di produrre delle misure di magnitudine sicuramente confrontabili tra loro, riducendo l'errore intrinseco sostanzialmente all'errore nella misura fotometrica.

## Le misure

Per la determinazione della misura dell'apertura standard di 100 000 km espressa in secondi d'arco sono state utilizzate le seguenti formule, la prima riferita al diametro di una finestra circolare ( $D_c$ ), la seconda al lato di una finestra quadrata ( $D_q$ ), dove il quadrato ha una superficie equivalente a quella dell'apertura circolare.

$$D_c = 138/D$$

dove  $D$  è la distanza Terra-Cometa in Unità Astronomiche, mentre nel caso di finestra quadrata la relazione è

$$D_q = 122.3/D$$

Dalle prove fatte, la corrispondenza tra le misure effettuate con finestre circolari e quadrate risulta compatibile entro 0.1 magnitudini, quindi un valore uguale o inferiore all'errore medio di misura strumentale, valutato intorno a 0.1 magnitudini.

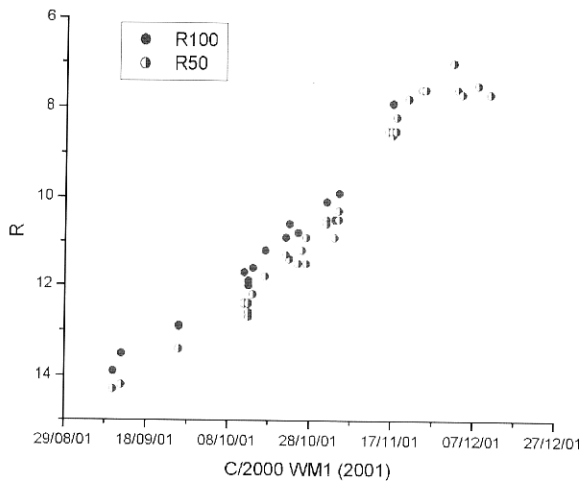
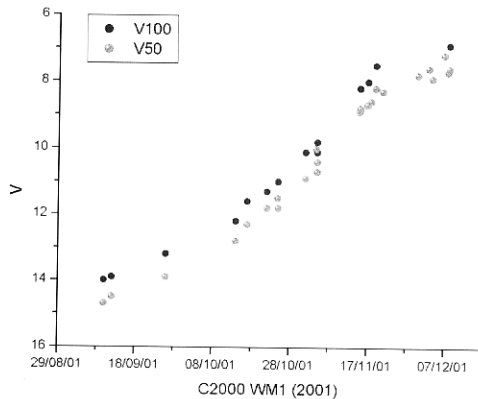
## I risultati sulla C/2000 WM1

La cometa C/2000 WM1, ben visibile nell'autunno del 2001, ha costituito un buon banco di prova per l'utilizzo della fotometria di apertura. Alcune prove effettuate sulla C/2001 A2, d'altra parte, avevano già dato risultati incoraggianti.

Sulla WM1 sono state ottenute sia misure mediante filtri standard (V, R, I, [1]) sia senza filtri. In quest'ultimo caso è stata effettuata una taratura a cura di Giovanni Sostero per approssimare la risposta del CCD a quella della banda fotometrica più vicina. In sostanza il CCD senza filtri è stato utilizzato come un sistema fotometrico a banda allargata.

I *chip* Sony hanno mostrato di approssimare molto bene la banda V, mentre i *chip* Texas e Kodak sono risultati molto vicini alla banda R. I risultati ottenuti sono apparsi in ottimo accordo con quelli ricavati da Arne Henden [2] in uno studio dedicato proprio alla fotometria senza filtri mediante CCD amatoriali condotto nel 1990 e apparso su Internet.

L'approssimazione è complessivamente apparsa molto buona, tanto che i dati ottenuti con filtri e quelli ottenuti senza sono risultati generalmente compatibili, mediamente entro gli errori strumentali. Va sottolineato che la cometa 2000 WM1 era prevalentemente polverosa e che quindi il suo spettro era abbastanza simile a uno spettro stellare. Al momento non sappiamo ancora se la stessa precisione possa essere raggiunta anche su comete con intense componenti gassose e sono in corso verifiche in questo senso. I diversi contributi degli osservatori sono riassunti nella tabella 1.

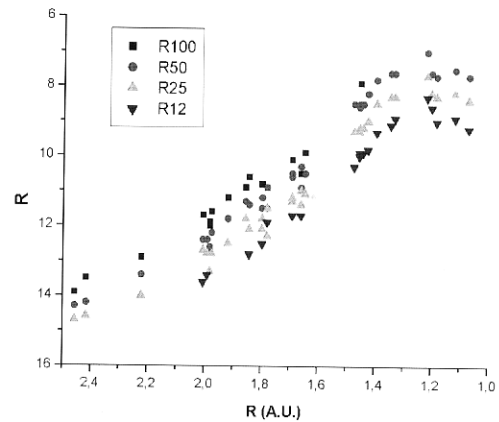


Le figure 1 e 2 (sopra) mostrano le curve di luce ottenute nelle bande V ed R con finestre di misura corrispondenti a 50 000 e 100 000 km sulla chioma. Si evidenzia subito come la dispersione dei punti sia molto contenuta e come l'andamento della curva di luce appaia molto definito.

**Tabella 1.** Osservatori e strumenti di questa ricerca.

| Osservatore         | Strumento             | Sistema Fotometrico     | Località           |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| Daniele Carosati    | Riflettore 40 cm f/8  | Senza filtri, circa V   | Armenzano (Assisi) |
| Lorenzo Focardi     | Riflettore 7.5 cm f/7 | Senza filtri, circa V   | (FI)               |
| Rolando Ligustri    | Riflettore 20 cm f/6  | Senza filtri, circa R   | Talmassons (UD)    |
| Alessandro Maitan   | Riflettore 25 cm f/10 | Senza filtri, circa R   | Carpinello (FO)    |
| Giannantonio Milani | Riflettore 20 cm f/4  | V (Johnson)             | (PD)               |
| Giovanni Sostero    | Riflettore 30 cm f/3  | V(Johnson), R (Cousins) | Remanzacco (UD)    |

Se consideriamo che, visualmente, la dispersione dei punti di una curva di luce può raggiungere facilmente anche 2-3 magnitudini, si evidenzia molto bene il miglioramento ottenuto.



La figura 3 (qui sopra) mostra la magnitudine eliocentrica (riferita a una distanza standard di osservazione pari a 1 UA) in funzione della distanza dal Sole e sono riportate misure ottenute con più aperture. È evidente come il diametro della chioma considerato, ben determinabile nella fotometria CCD, rappresenti una fonte di indeterminazione nelle stime visuali. Risalta anche chiaramente il rapido aumento di luminosità che ha preceduto il perielio, osservabile in uguale modo in tutte le aperture di misura.

**Conclusioni**

L'uso della fotometria di apertura sulle chiome cometarie mediante CCD e con l'utilizzo di finestre di misura standard espresse in chilometri sulla chioma si è rivelata una soluzione vincente per migliorare lo studio delle curve di luce delle comete. Il CCD infatti ha permesso di definire in modo rigoroso la porzione di chioma misurata, annullando una delle cause dell'elevata dispersione nelle stime visuali. Sulla base della nostra esperienza anche la *Comet Section* della *British Astronomical Association* ha adottato una soluzione analoga, standardizzando l'apertura di misura nelle osservazioni CCD.

È stato anche verificato che, perlomeno su comete "polverose", è possibile considerare le misure effettuate senza filtri come ottenute in bande V o R, a seconda della risposta spettrale del CCD. Questo offre sicuramente interessanti possibilità anche per quegli astrofili che non dispongono di filtri ed effettuano riprese in luce integrale.

**Bibliografia**

[1] Bessel, M.S., 1990, *PASP*, 102, 1181-1199  
 [2] Henden, A.A., Kaitchuck, R.H., 1990, *Astronomical Photometry*, Willmann-Bell, Inc., Richmond

