

## Dettagli minuti sulla trasmissione dei filtri

*Ulisse Munari*

INAF, Istituto Nazionale di Astrofisica,  
Osservatorio Astronomico di Padova, sede di Asiago

**Riassunto.** *L'assunto generale che i filtri fotometrici ottenuti come sandwich di vetri colorati siano immuni da red-leak é stato testato ad un livello di precisione molto alto, dell'ordine dello 0.001%. E' stato trovato red-leak nel filtro U Custom Scientific di Sergio Dallaporta al livello di uno 0.1% di trasmissione di picco, e in una regione di poche centinaia di Ångstrom di larghezza centrata a 7100 Å (vicino al picco di sensibilità dei CCD). Questo permette di identificare con certezza la presenza di vetro Schott UG1 nel filtro, in ragione di uno spessore di circa 2mm. L'effetto di questo 0.1% di red-leak causa una magnitudine U piú brillante anche di 0.06 mag in stelle rosse come EG And, mentre in simbiotiche molto brillanti in U a causa di un continuo di Balmer in forte emissione come Z And, l'effetto della presenza del red-leak non arriva ai 2 millesimi di magnitudine. E' probabile che tutti i filtri U a pasta di vetro colorata in uso in ANS Collaboration soffrano dello stesso effetto. E' altresí probabile che un simile livello di precisione nelle misure possa rivelare effetti inattesi anche per i filtri di altre bande fotometriche, in particolare per la banda B.*

Ben sappiamo come Stefano Moretti abbia svolto un preziosissimo lavoro di documentazione di molti dei set di filtri in uso corrente con i telescopi ANS. Queste misure di trasmittanza sono state generalmente eseguite come un'unica scansione, senza particolari calibrizioni, come nell'uso normale dello spettrocomparatore dell'ARPAV di Forlì impiegato per questi test. Si é già ampiamente commentato all'interno di ANS sul red-leak dei filtri Astrodon di generazione corrente che le misure di Stefano hanno solidamente dimostrato, e di come questi red-leaks falsino le misure di oggetti molto rossi (anche per piú di una magnitudine).

Le misure di Stefano indicano l'assenza di red-leak per i filtri fatti con pasta di vetro colorata montati in sandwich. Come troviamo scritto nei normali libri di testo e saggi astronomici. Ma ne siamo proprio sicuri ?

Nella migliore tradizione ANS Collaboration, ho voluto vederci chiaro ad un "numero di decimali" piú elevato dei normali usi di laboratorio. Visto che Sergio nutriva dei dubbi sulla linearità delle sue rette coinvolgenti la banda U, ho chiesto a Stefano di rimisurare il filtro U di Sergio (della Custom Scientific). Questa volta però mirando ad andare di fino nella misura. Quindi non piú una sola passata e via, ma 15 passate e in giorni diversi, accompagnate da 15 letture di "dark", ovvero bloccando il fascio di luce dello spettrocomparatore con un qualche cosa di assolutamente opaco (tipo un pezzo di ghisa, un cartone, o per essere piú sofisticati e bloccare le riflessioni spurie, una spugna). Alla mediana delle 15 misure sul filtro é stata sottratta la mediana delle 15 misure di dark. Il risultato finale sulla trasmissione del filtro U Custom Scientific di Sergio é mostrato in Figura 1. A guardarla così si direbbe tutto "OK", nulla straborda fuori della normale curva di trasmissione. Quindi perché essersi dati tanto da fare per nulla ?

Se però espandiamo la scala delle ordinate e invece che farla andare dallo 0% al 75% come in Figura 1, la facciamo andare dallo 0% al solo 0.1%, otteniamo la curva di trasmittanza di Figura 2. Ops ! Compare un red-leak di forma simil-Gaussiana, centrato a 7100 Å. Questo era sicuramente presente anche nel filtro misurato originariamente da Stefano nel 2009, ma il rumore associato ad una sola misura per il filtro, e l'assenza delle letture di dark per calibrazione, non lo hanno messo in luce. Ora é perfettamente visibile ! Bravo Stefano :-)

La domanda a questo punto sorge ovviamente spontanea: ma che male vuoi possa fare un microscopico red-leak, esteso per poche centinaia di Ångstrom e con una trasmissività di solo 0.1%, ovvero 700 volte minore del picco normale del filtro a 3600 Å???

Ormai conoscete l'adagio: mai fidarsi della prima impressione ! ma verificare, con solidi dati alla mano.

Per prima cosa dobbiamo ricostruire la risposta della banda  $U$ , per ora abbiamo solo la trasmittività del filtro. Per fare questo mi sono procurato la curva di risposta spettrale del CCD di Sergio dal sito della SBIG. Poi ho considerato che la luce debba attraversare la finestra di vetro della camera CCD e la lastra correttrice di uno Schmidt-Cassegrain. Non sapendo quale sia la trasmittività di questi, ho assunto quella del normale vetro da finestre (quello denominato crown). Il risultato della convoluzione del profilo di trasmissione del filtro, con la trasmissione del vetro e con la sensibilità del CCD é mostrato dalla curva in rosso in Figura 3. In questo ho ignorato la dipendenza spettrale della trasmissione atmosferica (forte nell' $U$ ), la riflettività degli specchi, la trasmittività dei trattamenti anti-riflesso, tutte cose per le quali non avevo informazioni (specchi e antiriflesso) o troppo variabili (atmosfera).

A questo punto ho preso degli spettri di simbiotiche tipo che ho osservato con il 1.22m di Asiago. Lo spettro di Z And dello scorso 20 Dicembre e' mostrato in Figura 4. Questo é caratterizzato da un brillantissimo continuo di Balmer in emissione (vedi FAQ-007) che domina completamente il flusso in banda  $U$ . Questo spettro é rappresentativo delle simbiotiche con l'indice di colore  $U-B$  molto negativo. Su questo spettro ho proceduto all'integrazione fotometrica attraverso il profilo di banda  $U$  come disegnato in rosso in Figura 3, ed ottenuto la magnitudine  $U$ . Ho poi ripetuto il calcolo questa volta togliendo al profilo della banda  $U$  il red-leak mostrato in Figura 2. La differenza é stata

$$U(\text{con red leak}) - U(\text{senza red leak}) = -0.0017 \quad \text{mag} \quad (1)$$

ovvero, la presenza del red-leak (e quindi la raccolta mi maggior luce attraverso questo) da' una magnitudine  $U$  piú brillante di soli 1.7 millesimi. Sopravvivibilissimi.

Vi sono però molte simbiotiche che non hanno il continuo di Balmer in emissione, e che sono anzi quasi esclusivamente dominate dalla sola emissione della gigante rossa. Un esempio classico é EG And, il cui spettro dello scorso 21 Dicembre come ottenuto con il 1.22m di Asiago é mostrato in Figura 5. Quanto può valere in questo caso l'effetto del red-leak ? Ripetendo lo stesso calcolo eseguito per Z And, trovo ora per EG And

$$U(\text{con red leak}) - U(\text{senza red leak}) = -0.062 \quad \text{mag} \quad (2)$$

una quantità certo non trascurabile (ma correggibile dalle rette di calibrazione ANS Photometry se tra le standard ve ne sono di +rosse della variabile stessa). Nel caso di EG And, l'effetto sulla banda  $U$  del red-leak e' ben 37 volte maggiore che in Z And.

Personalmente ho visto molto di rado documentazione di materiale ottico nella quale la sensibilità delle misure anche solo si avvicini a quella di Figura 2, dove l'errore di misura é dell'ordine del millesimo di 1%. Eppure, anche un red-leak apparentemente insignificante e ben al di sotto della sensibilità delle normali misure di laboratorio, può dare effetti di parecchi centesimi di magnitudine, come nel caso sopra illustrato di EG And.

La presenza del red-leak di Figura 2 ci dice che nel filtro  $U$  di Sergio uno dei vetri usati e' lo Schott UG1. Il profilo del red-leak di Figura 2 ha infatti esattamente lo stesso profilo che nel catalogo della Schott per uno spessore di 2mm. Solo che nell'UG1 da solo il red-leak raggiunge una trasmissione di picco di quasi il 20%, non lo 0.1% come nel filtro di Sergio. Quindi uno dei vetri del sandwich che compone il filtro  $U$  ha la funzione di sopprimere questo red-leak. E lo fa anche piuttosto bene, sopprimendolo per un fattore 200, che però non é ancora abbastanza da cancellarlo completamente.

In conclusione possiamo riassumere che l'esercizio di eseguire misure molto piú precise del normale sulla trasmittanza dei filtri, rivela cose molto interessanti, che magari neanche il costruttore sá dato che difficilmente si sará imbarcato in esse non essendo l'utilizzatore medio normalmente a conoscenza di questi effetti o interessato ad essi. Possiamo anche estrapolare prevedendo che simili livelli di precisione nella misura su altri filtri di altre marche o altre bande fotometriche é probabile arrivi a mostrare altri effetti inattesi, e che tutti i filtri  $U$  a sandwich di vetri colorati in uso in ANS Collaboration si comportino come qui descritto per quello della Custom Scientific.

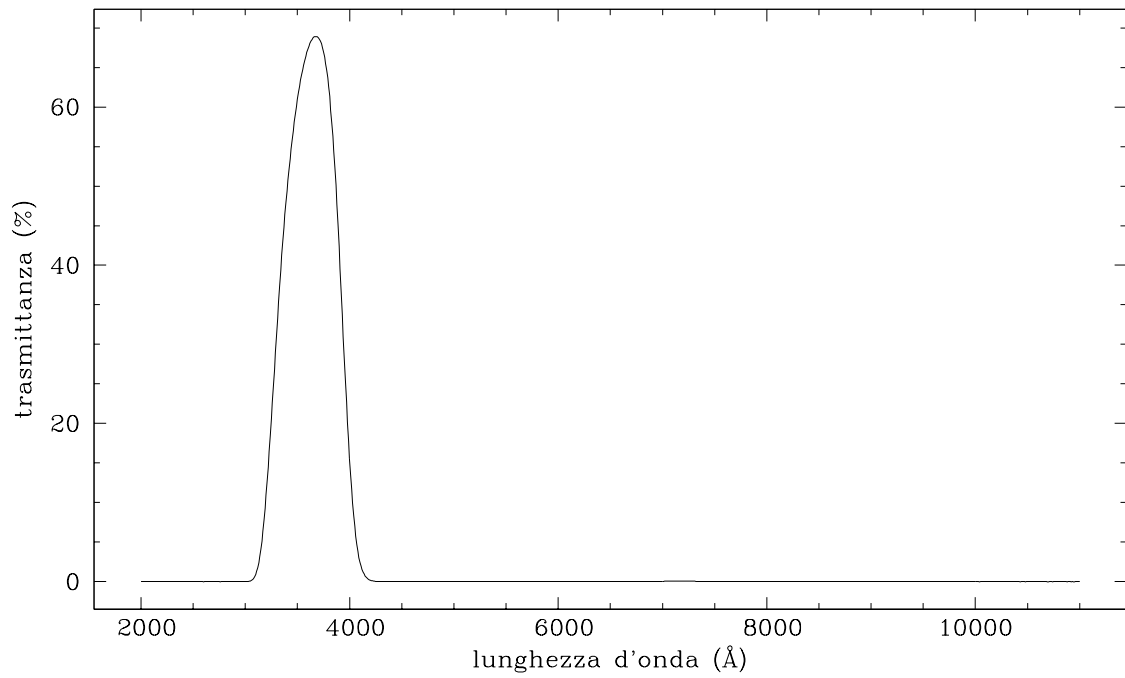


Fig. 1: *Curva di trasmissione del filtro U Custom Scientific in uso con il telescopio ANS 036.*

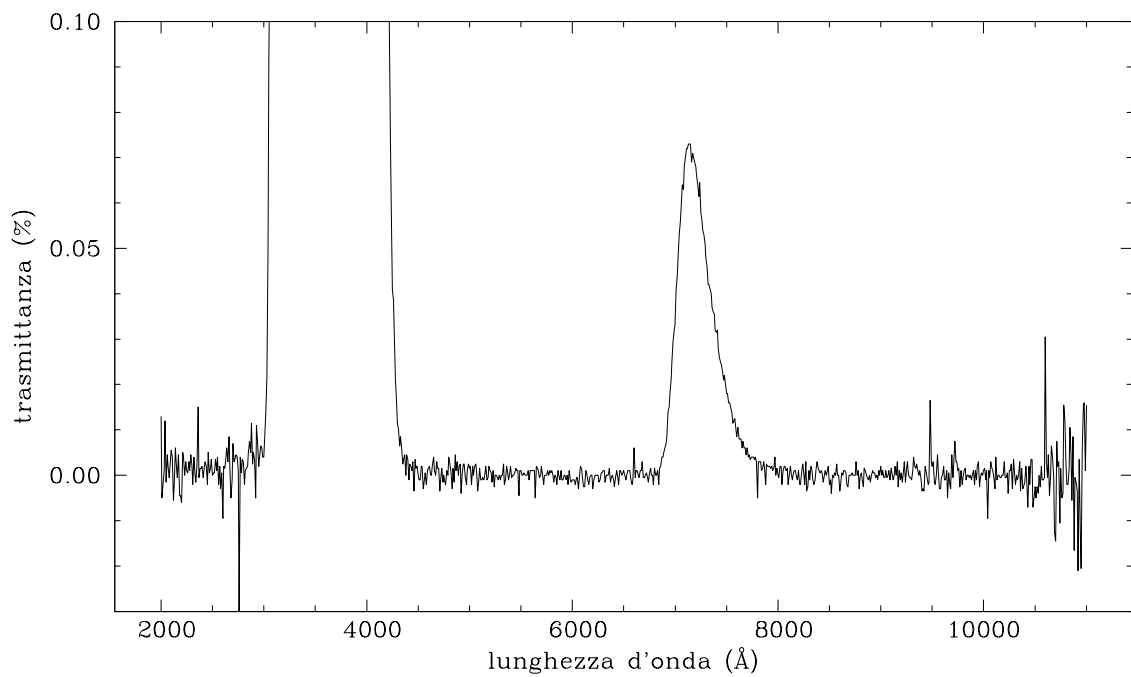


Fig. 2: *Versione espansa in ordinata della Figura 1. Si nota la presenza di un red-leak centrato a 7100 Å e con una trasmissione di picco dell'ordine di 0.1%.*

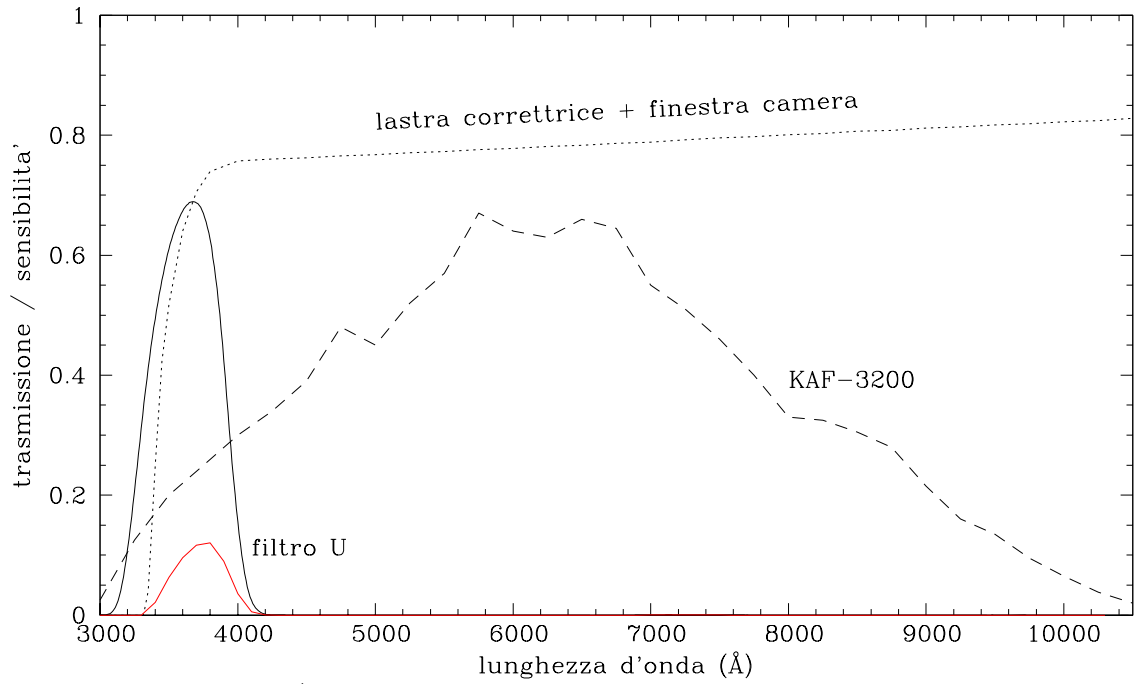


Fig. 1: *Trasmissione/sensibilità del CCD, vetro della camera e del filtro usati nella simulazione. La curva in rosso rappresenta la banda U convoluta su questi tre elementi ottici.*

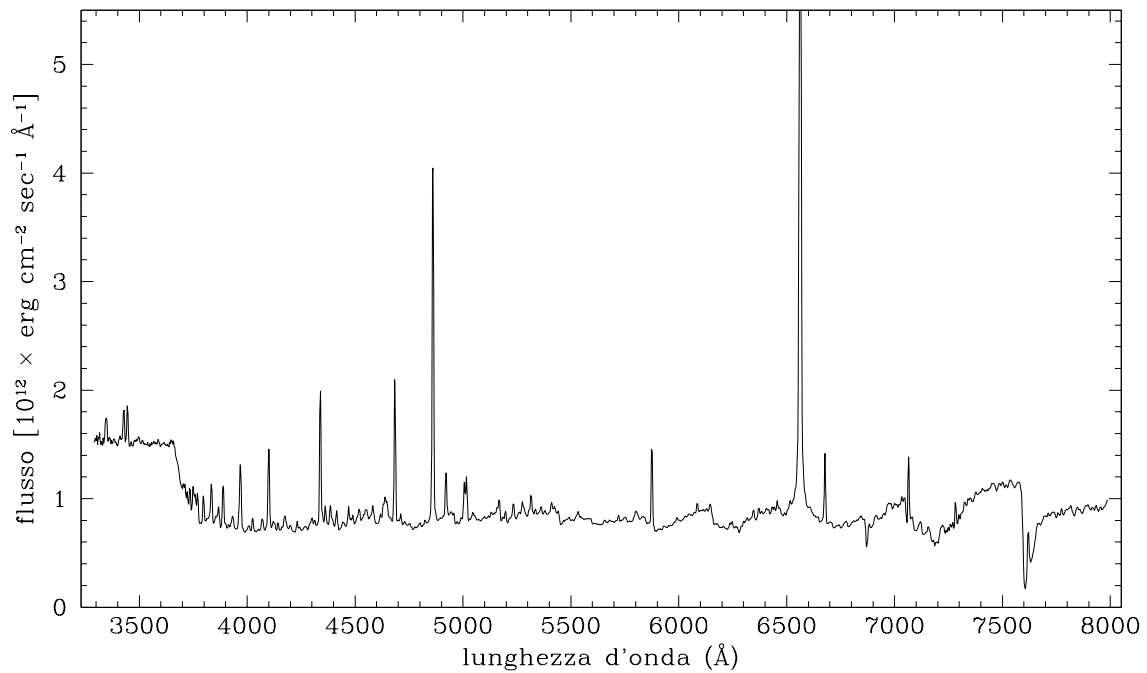


Fig. 1: *Spettro flussato in assoluto di Z And come ottenuto il 20 Dicembre 2011 con il 1.22m di Asiago.*

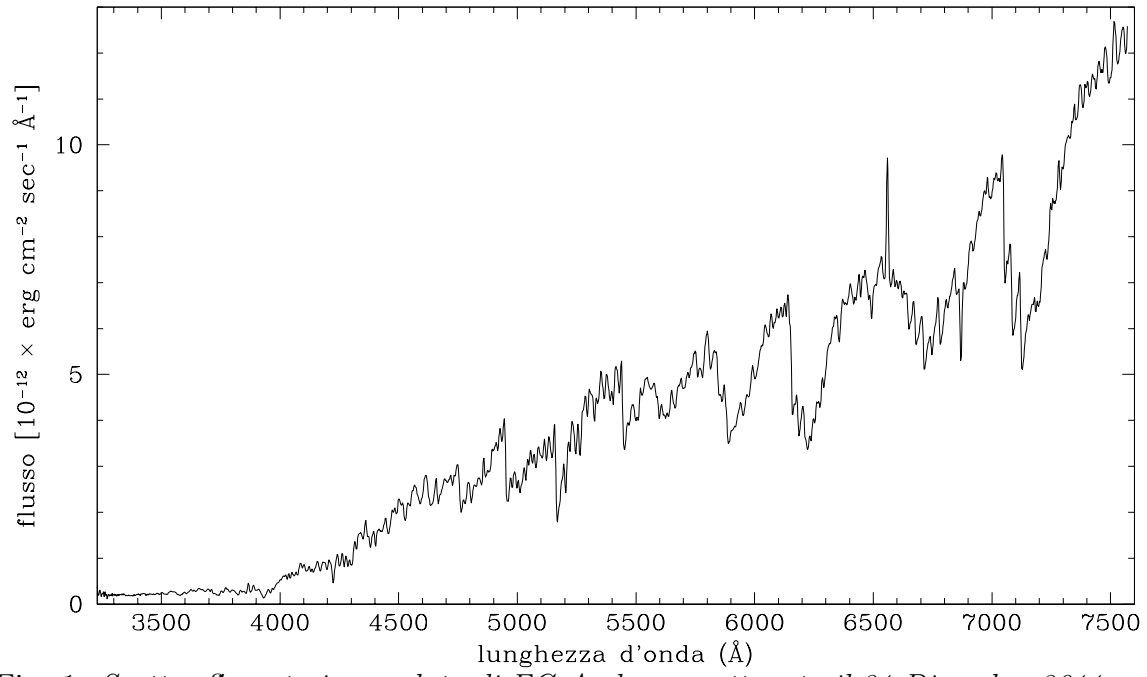


Fig. 1: *Spettro flussato in assoluto di EG And come ottenuto il 21 Dicembre 2011 con il 1.22m di Asiago.*