

# La banda U: opportunità e test

*Ulisse Munari*

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

**Riassunto.** *La banda U offre opportunità uniche di misure fisiche per simbiotiche e novae. Ma é anche difficile da realizzare principalmente a causa della scarsa risposta strumentale a lunghezze d'onda così blu. Test preliminari svolti tra Ottobre e Novembre 2011 su YY Her in outburst con i telescopi 011 e 036, indicano la possibilità di ANS Collaboration di osservare anche in U. In questo documento si introduce e discute un test generalizzato da eseguire tra dicembre e gennaio correnti con tutti i telescopi ANS Collaboration dotati di filtro U. Dai risultati ottenuti dipenderá se la banda U entrerà a pieno titolo a far parte del Data Dump 2012, per quali telescopi e su quali oggetti, e quale frazione delle osservazioni sarà opportuno contengano anche la banda U.*

## Introduzione

La maggior parte dei telescopi ANS Collaboration ha un filtro *U* disponibile nella ruota porta-filtri. E' ragionevole chiedersi se questi strumenti siano in grado di osservare in banda *U*, quanto tempo richieda una buona osservazione in banda *U* e quanto importante possa essere inserire osservazioni in banda *U* nel Data Dump 2012.

## Perché la banda U

E' difficile rischiare di sovra-enfatizzare la quantità di informazione fisica residente nella banda *U*. Nelle simbiotiche, in questa banda il contributo della gigante rossa é assolutamente trascurabile, e tutto ciò che misuriamo ci viene solo dalla nana bianca e dal gas circumstellare ionizzato dalla radiazione molto energetica della nana medesima. Lo spettro della simbiotica LT Del mostrato in Figura 1 come esempio é in realtà tipico di molte altre simbiotiche. La caratteristica principale che osserviamo e' come sotto a 3900 Å lo spettro, invece di continuare a calare in modo naturale verso sempre piú bassi flussi, improvvisamente risale con una netta discontinuitá, piú che triplicando il flusso rispetto all'estrapolazione del continuo a maggiori lunghezze d'onda.

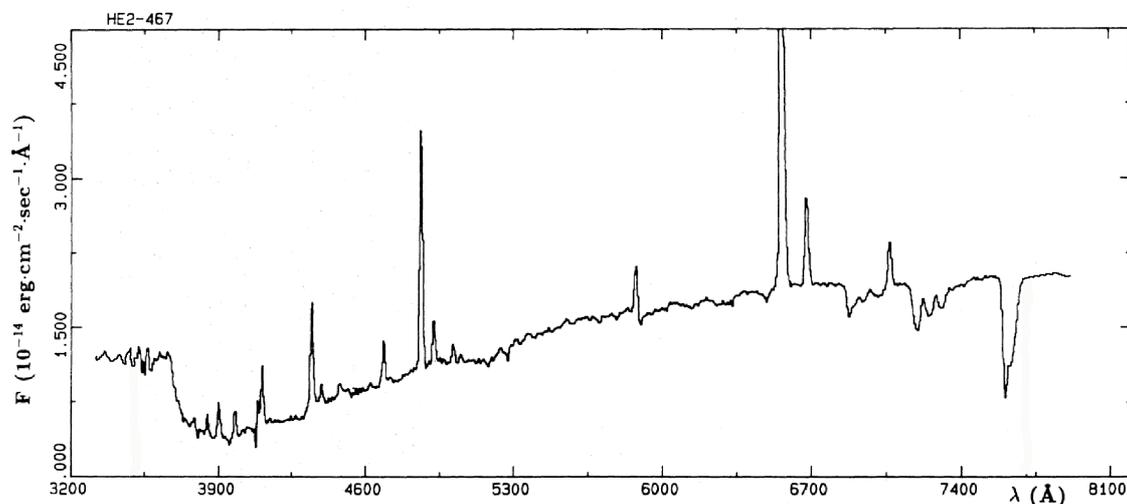


Fig. 1: Spettro ottico della simbiotica LT Del (da Munari 1992, *Astron. Astrophys.* 255, 188) che mostra la forte emissione alle lunghezze d'onda della banda U (il cui centro cade a 3600 Å), dovuta al continuo di Balmer dell'idrogeno circumstellare ionizzato (che comincia a crescere sotto a 3900 Å).

Questa improvvisa risalita del flusso si chiama *continuo di Balmer* e rappresenta la radiazione emessa da elettroni liberi che ricombinano con protoni liberi a ri-formare un atomo di idrogeno. La ricombinazione avviene direttamente al primo livello eccitato ( $n=2$ ). La banda  $U$ , con picco di sensibilità a  $3600 \text{ \AA}$ , è centrata proprio sul continuo di Balmer.

Quando, durante il moto orbitale di una simbiotica, vediamo verso di noi il lato della gigante riscaldato dalla radiazione della nana bianca, il continuo di Balmer raggiunge la sua massima intensità. Conversely, quando alla congiunzione inferiore della gigante, il suo lato riscaldato tende a scomparire alla vista, il continuo di Balmer in emissione si riduce in intensità o addirittura scompare. Questo forte su e giù del continuo di Balmer causa una corrispondente forte variazione della magnitudine  $U$  durante il periodo orbitale: possiamo dire che se la variazione durante un periodo orbitale dovuta all'effetto di riscaldamento/riflessione sulla gigante è di  $0.1 \text{ mag}$  in  $V$  e di  $0.3 \text{ mag}$  in  $B$ , in  $U$  è usualmente di  $1$  magnitudine o più. Questo ci dice immediatamente come la banda  $U$  sia uno strumento sensibilissimo per rivelare il periodo orbitale o valutare la quantità di idrogeno ionizzato che ricombina e la sua profondità ottica.

In Figura 2 è mostrata la variazione nei colori  $U-B$  e  $B-V$  di LT Del durante un periodo orbitale (grafici molto simili potrebbero essere prodotti per altre simbiotiche se ci fosse adeguata copertura in banda  $U$ ). La variazione in  $U-B$  è enormemente superiore a quella in  $B-V$ , praticamente costante al confronto.

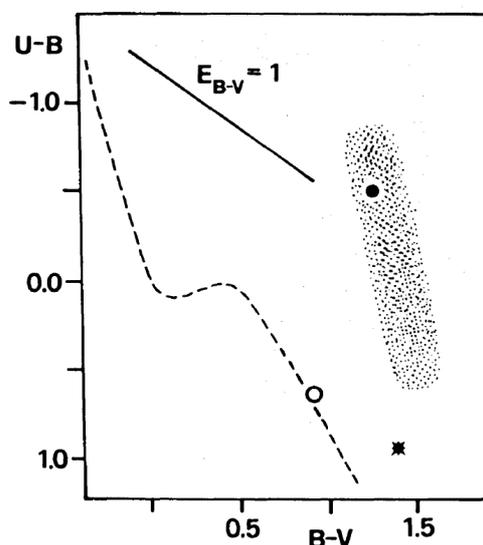


Fig. 2: Durante un periodo orbitale i colori  $U-B$  e  $B-V$  di LT Del spazzolano la zona evidenziata in grigio (figura presa da Munari 1992, *Astron. Astrophys.* 255, 188). È evidente che se il colore  $B-V$  mostra una variazione complessiva di  $0.25$  magnitudini, la variazione del colore  $U-B$  è enormemente superiore arrivando a  $1.3$  magnitudini.

E questo per le fasi di quiescenza. Nella fase di outburst, l'ampiezza dell'outburst medesimo cresce andando dalla banda  $I_C$  (dove spesso ha poco o nessun effetto perché lì la radiazione della nana bianca e del gas circumstellare non possono competere con il picco dell'emissione della gigante rossa) alle bande più blu. Se in  $V$  l'ampiezza può raggiungere  $2-3$  magnitudini, in  $B$  l'ampiezza cresce di una magnitudine ed in  $U$  di una ulteriore magnitudine, essendo tipicamente di  $4-5$  magnitudini. Inoltre, l'inizio di una fase attiva o di outburst comincia a vedersi per prima in banda  $U$  e solo più tardi si manifesta a maggiori lunghezze d'onda (man mano che l'emissione in crescita dell'outburst comincia a farsi via via più intensa in confronto a quella della gigante fredda).

Durante le fasi di quiescenza, le irregolarità nel trasferimento di massa dalla gigante fredda alla nana bianca, o le instabilità nel bruciamento nucleare alla superficie della stessa, o ancora lo sfarfallio dell'accrescimento sulla nana bianca attraverso un disco, sono tutte causa di variazioni a breve/brevissimo periodo (collettivamente chiamati fenomeni di *flickering*). Il flickering non è sempre presente in tutte le simbiotiche, ma quando è presente è invariabilmente più visibile in  $U$  che nelle altre bande. In CH Cyg, durante le fasi di bassa attività della nana bianca, il flickering è stato visto raggiungere ampiezze di  $0.3 \text{ mag}$  in  $U$

su tempi scala dei 30 min, mentre simultanea fotometria in  $B$  mostrava al piú una ampiezza di 0.1 mag.

## Lavorare in banda $U$

Ben sappiamo che lavorare in banda  $U$  non é facile. Lo fosse, la farebbero tutti al pari della  $V$ . Non é facile perché il seeing é peggiore alle piú brevi lunghezze d'onda, quindi peggio in  $U$  che non in  $B$ ; l'estinzione atmosferica (cioé la perdita di magnitudine per attraversamento della atmosfera) quando si é bassi sull'orizzonte é maggiore in  $U$  che non in  $B$ ; una forte umidità atmosferica estingue di piú la radiazione in  $U$  che non in  $B$ ; la luminosità del fondo cielo con Luna brillante é maggiore in  $U$  rispetto al  $B$ . Non ultimo, i CCD commerciali e le ottiche dei nostri telescopi non sono usualmente generosi di performances alle lunghezze d'onda della banda  $U$ .

Qualche buona notizia però c'è! In banda  $U$  il cielo appare con pochissime stelle, quindi anche nei campi piú densi, le nostre standard e la variabile saranno usualmente circondati da molto cielo vuoto. Molte simbiotiche poi sono intrinsecamente piú brillanti alle lunghezze d'onda della banda  $U$  che non a quella della banda  $B$ , almeno a certe fasi orbitali e durante gli outburst, come mostrato in Figura 1. Che sia proprio così lo conferma la Figura 3 che mostra la distribuzione in magnitudine  $U$  ed in colore  $U-B$  delle 81 simbiotiche oggetto delle sequenze di Henden & Munari e che costituiscono il gruppo principale di target di ANS Collaboration. Una metà delle simbiotiche ha indice  $U-B$  negativo, mentre le stelle di campo hanno  $U-B \geq +0.3$ . Quindi una parte di ciò che perdiamo perché la strumentazione rende meno in  $U$  che in  $B$  lo recuperiamo con il fatto che le simbiotiche (e le novae) emettono piú in  $U$  che in  $B$ .

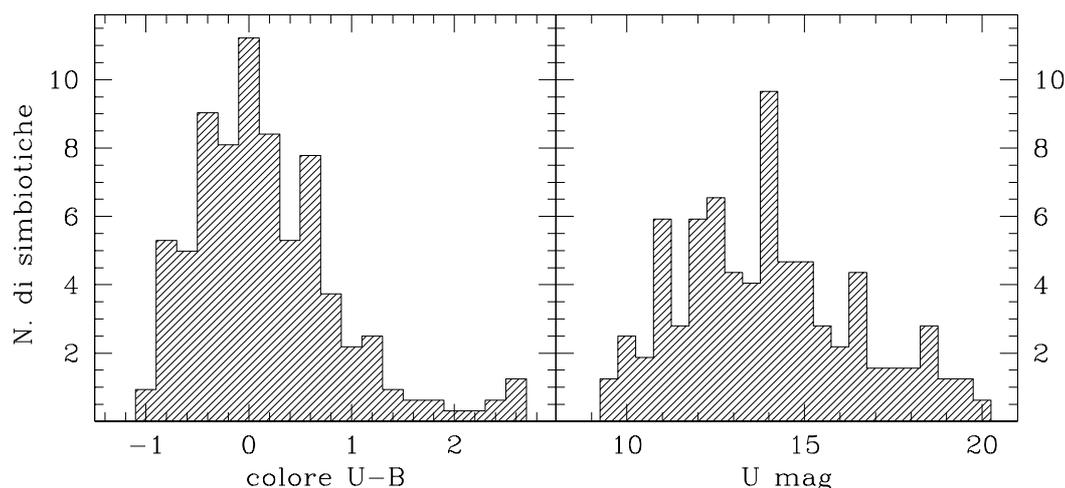


Fig. 3: *Distribuzione in colore  $U-B$  ed in magnitudine  $U$  delle 81 simbiotiche per le quali esistono le sequenze di calibrazione fotometrica  $UBVR_CI_C$  pubblicate da Henden & Munari (2000, 2001, 2006). Questi dati  $U-B$  e  $U$  per le 81 simbiotiche sono presi dal catalogo fotometrico multi-epoca delle simbiotiche di Henden & Munari (2008, *Baltic Astronomy* 17, 293).*

## Fattibilità delle osservazioni in $U$

Il goal di osservare in banda  $U$  deve confrontarsi con i tempi di posa necessari a raggiungere un utile  $S/N$  in banda  $U$ . Sono questi umani, o sconfiniamo oltre?

Non abbiamo molti dati, ma per fortuna é arrivato in soccorso il recente outburst di YY Her (nostra CBET 2861 del 12 Ottobre 2011). In tale occasione ho chiesto a Giulio Cherini (rifrattore da 13cm e codice 011) e Sergio Dallaporta (Cassegrain da 30cm e codice 036) di seguire l'outburst anche in banda  $U$  per acquisire esperienza sulle performances. Il compito di Giulio si presentava da subito difficile date le piccole dimensioni del telescopio (area di raccolta luce 1/7 di quella del 30cm) e per il fatto che essendo un rifrattore avrebbe potuto essere non trasparente alla radiazione in  $U$ . Giulio e Sergio in due mesi sono riusciti ad osservare YY Her in banda  $U$  (indice di colore di riferimento  $U-B$ ) per ben 38 volte. La Figura 4 mostra la curva di luce ANS dell'ultimo periodo con particolare riguardo alla

banda  $U$  e al colore  $U-B$ . La seguente tabella elenca il tempo medio di posa per ciascuna osservazione  $U$  usato da Giulio e da Sergio, assieme ai corrispondenti valori medi del total error budget e delle pendenze delle rette.

	tel.	expt (sec)	T.E.B. (mag)	slope	tel.	expt (sec)	T.E.B. (mag)	slope
U	011	2900	0.031	0.048	036	3150	0.012	0.091
UB	011		0.031	1.051	036		0.013	0.911

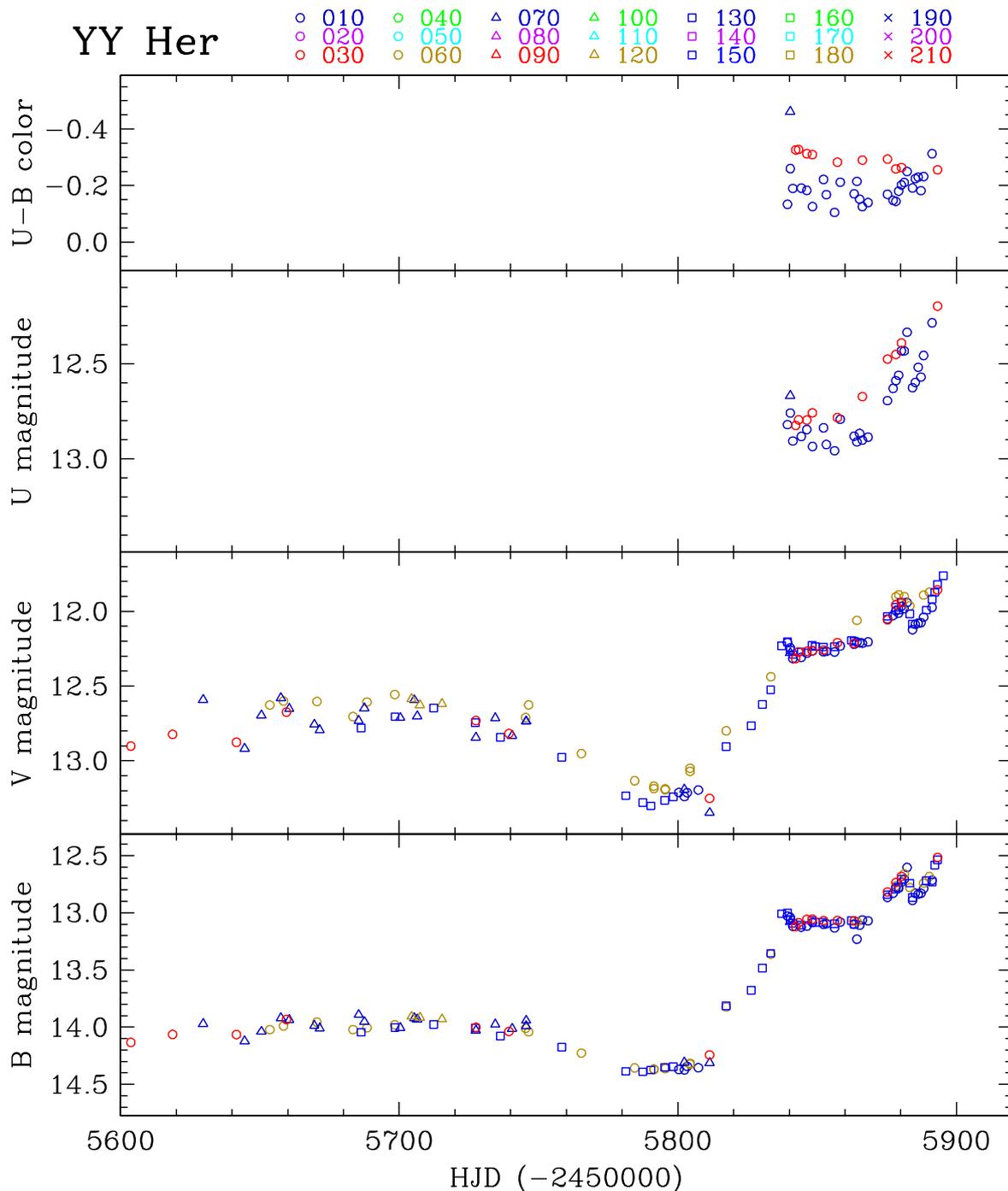


Fig. 4: Curva di luce recente di ASN Collaboration su YY Her per mettere il luce l'inizio del monitoraggio in  $U$ ,  $U-B$  dell'outburst di questa simbiotica.

Da questo esercizio molto preliminare su YY Her (grazie Giulio e Sergio !) possiamo trarre alcune conclusioni relativamente alle osservazioni in  $U$ ,  $U-B$ :

- le osservazioni 036, caratterizzate da un  $TEB=0.012$  risultano ben definire una curva di luce con una dispersione trascurabile, mentre quelle 011 che hanno un  $TEB=0.031$  sono molto più disperse, ed una curva di luce potrebbe solo cercare di passare mediamente tra loro, perdendo i dettagli se ve ne fossero. Questa curva di luce mostra bene l'effetto dell'imporci un  $TEB \leq 0.012$  in tutte le bande ed in tutti i colori per le osservazioni del 2012, e mostra altresì che il goal del  $TEB \leq 0.012$  è raggiungibile anche in banda  $U$ .
- i dati in tabella mostrano che le pendenze delle rette per 011 e 036 sono formalmente buone, rimanendo vicino a 0.0 per  $U$  e a 1.0 per  $U-B$ . Questo è però valutato sulle stelle della sequenza, normali stelle di campo, che non hanno emissioni e soprattutto non hanno il continuo di Balmer in emissione (ma invece in assorbimento se sono stelle calde di tipo B, A ed F). Se andiamo a vedere le curve di luce  $U$ ,  $U-B$  di 011 e 036, al di là delle diverse dispersioni e di un eventuale shift rigido del punto zero, queste mostrano però un diverso andamento fotometrico di YY Her. Per il colore  $U-B$ , fino al JD 5870 sia 011 che 036 mostrano un parallelo arrossamento, e dopo questa data mentre per 036 l'arrossamento continua indisturbato, per 011 invece l'andamento si rovescia e il colore diventa progressivamente più blu. Chi ha ragione ? E soprattutto, perché prima i due telescopi sono in accordo e poi senza che ci siano stati cambiamenti di filtri/CCD/etc. questi cominciano a divergere ? L'interpretazione è resa complicata dal fatto che sia 011 che 036 hanno cambiato durante questi due mesi di osservazioni le stelle della sequenza scelte per calibrare le rette. Mentre per 011 i cambiamenti sono stati continui (variando costantemente tra 4 e 7 stelle), per 036 il cambiamento da 6 a 7 confronto avviene attorno alla data quando il comportamento di YY Her in  $U-B$  comincia a differire tra i due telescopi. Questo ci permette di rimarcare, ancora una volta, quali sono i rischi che si corrono a cambiare le stelle di confronto durante una campagna osservativa di un dato oggetto.
- la banda  $U$  si può fare !. Questo esercizio su YY Her ci mostra che un 30cm tutto riflettente (senza lastra correttiva che potrebbe non essere trasparente all' $U$ ) esponendo su una simbiotica di  $U=12.5$  con 7 standard la cui più debole è di  $U=14.8$  riesce a raggiungere il criterio del Data Dump 2012 di un  $TEB \leq 0.012$  mag con una posa dell'ordine di 50 min. La stessa simbiotica e sequenza di confronto è invece troppo impegnativa per il rifrattore da 13cm, che richiederebbe pose dell'ordine 6-7 ore per centrare lo stesso  $TEB \leq 0.012$ , ovviamente una cosa improponibile ! Il 13cm però può sicuramente fornire buone misure in banda  $U$  per simbiotiche più brillanti di YY Her, limitandosi a quelle con  $U \leq 11.3$  ed osservandole per 1 ora o più in  $U$  ed usando un buon numero di standard (caratterizzate da  $U \leq 13.0$ ) e sempre quelle. Se questi numeri (molto preliminari e tutti da verificare) fossero corretti, dalle distribuzioni delle simbiotiche in magnitudine  $U$  e in colore  $U-B$  di Figura 3, vediamo che una decina (con  $U \leq 11.3$ ) rientrerebbero nelle possibilità del 13 cm di Giulio, 25 in quelle del 30 cm di Sergio (quelle con  $U \leq 12.8$ ), 40 in quelle di un 40/42 cm (simbiotiche con  $U \leq 13.8$ ), il tutto prendendo come tempo base una esposizione di 50-80 min, con 7 stelle standard di magnitudine  $U \leq 14.2$ .

Questi considerazioni sono estrapolate da un troppo piccolo numero di misure per essere considerate come affidabili. Dobbiamo rendere più precisa ed affidabile la scala di tempi di posa di riferimento e soprattutto dobbiamo fare altre osservazioni per capire se i diversi andamenti delle curve di luce  $U$ ,  $U-B$  visti da 011 e 036 in YY Her, sono solo l'effetto del cambiamento delle standard di riferimento o c'è dell'altro sotto.

Per questo, nel prossimo paragrafo propongo un test a tutti coloro che hanno nella loro ruota porta-filtri il filtro  $U$ , che potrà fornirci dei dati più affidabili. Per intanto mi limito ad osservare che le osservazioni di Giulio e Sergio sono state fatte con filtri  $U$  classici, a sandwich di vetri colorati, che hanno quindi una trasmissione di picco del 45% se affetti dal depositarsi dell'umidità, del 65% se nuovi o appena puliti. I filtri Astrodon, con una trasmissione di picco prossima al 100% (e senza problemi igroscopici) posso contribuire ad accorciare di anche un 30% i tempi di posa. Però : (i) lo spessore degli Astrodon (non

standard) richiede di rifocheggiare se l' $U$  Astrodon é usato assieme a filtri non-Astrodon, e (ii) al momento gli Astrodon in produzione hanno il forte red-leak evidenziato dalle misure di Stefano Moretti. Finché questo non verrà corretto, c'è il reale rischio che usando l' $U$  Astrodon su oggetti rossi come le simbiotiche, si finisca con il misurare la gigante fredda nel lontano rosso e non il continuo di Balmer nel blu.

### Un test per il mese di dicembre/gennaio

Per questo test é importante collaborino tutti quelli che hanno un filtro  $U$ , anche quelli con il filtro della Astrodon.

Ben piazzate in cielo nella prima parte della notte di Dicembre e Gennaio ci sono 6 simbiotiche brillanti (EG And, AX Per, UV Aur, V1261 Ori, V694 Mon e NQ Gem) che hanno la caratteristica di avere almeno 5 standard di confronto con  $U$  piú brillante della 14.2 e distribuite su un intervallo di colore  $U-B$  largo almeno 1 magnitudine. La distribuzione in  $U$ ,  $U-B$  delle standard per queste 6 simbiotiche é mostrata in Figura 5.

Da Figura 5 vediamo che le sequenze di EG And, V694 Mon e NQ Gem sono quelle che esplorano su un intervallo di  $U-B$  maggiore e soprattutto le standard piú deboli cadono nel mezzo e non sono quelle che andrebbero a definire la stella piú blu o piú rossa delle rette. Abbiamo però visto (Figura 3) che metà delle simbiotiche ha un  $U-B$  negativo, e le sequenze attorno a EG And, V694 Mon e NQ Gem non arrivano a valori negativi di  $U-B$ . In questo ci riescono AX Per e UV Aur, che però non arrivano a  $U-B$  piú rossi di +1.0. Se verificassimo che il nostro telescopio ha la *stessa* pendenza delle rette sia sulle sequenze con  $U-B$  negativi (AX Per e UV Aur) che sulle sequenze con  $U-B$  molto rossi (EG And, V694 Mon e NQ Gem), potremmo concludere che il nostro sistema é stabile, ha una risposta rettilinea e costante su tutti gli  $U-B$  che potremmo incontrare.

Vi invito dunque tutti voi con filtro  $U$  ad eseguire 3 osservazioni comprensive della banda  $U$  a dicembre ed altre 3 osservazioni a gennaio di tutte e 6 le simbiotiche elencate in Figura 5, usando per la banda  $U$  ed il colore  $U-B$  sempre, tutte e sole le stelle di confronto indicate nella figura (così ci mettiamo tutti esattamente nello stesso sistema di riferimento che faciliterà poi elaborare i confronti. Le stelle sono quelle delle sequenze Henden-Munari che già sono presenti in ANSPhotometry). E' importante che tutti centriate l'obbiettivo di  $TEB < 0.012$  sia in  $U$  che in  $U-B$  per queste osservazioni. Estrapolando dalla esperienza di Sergio con un 30cm su YY Her, direi che *tutti utilizzino una posa di 1 ora complessiva per la banda  $U$ , su tutte e 6 le stelle indicate.*

Per il 13cm di Giulio, direi di ignorare AX Per e V1261 Ori, e per le rimanenti 4 simbiotiche ignorare per tutte nella riduzione le standard piú deboli di 13.50 in  $U$ , ed esporre in  $U$  per 1.5 ore complessive per osservazione.

Fate le riduzioni normali e caricatele sul server ANS come al solito. Salvate il cattura schermo delle rette  $U$ ,  $U-B$  per tutte e sole queste osservazioni delle 6 simbiotiche test, dando loro dei nomi chiari secondo lo schema

036\_U\_UB\_NQ\_GEM\_20111204.jpg

immagini .jpg che poi a fine campagna vi chiederò di mandarmi tutti assieme in una sola volta.

### Obbiettivo Data Dump 2012

Per le ragioni illustrate nell'Introduzione, poter includere tra i risultati di ANS Collaboration anche una certa quota di misure in banda  $U$  darebbe molto risalto al nostro lavoro, differenziandoci ancor di piú da tutti gli altri, e fornendo prezioso materiale per la modellizzazione fisica di dettaglio. Se potessimo chiamare il nostro catalogo di misure del 2012 " $UBVR_CI_C$ " invece che solo " $BVR_CI_C$ " sarebbe molto bello. Per poterlo fare però, dobbiamo inserire almeno una parte non proprio trascurabile di misure che includano anche la banda  $U$ .

Se questo sarà possibile, con quale investimento di tempo osservativo, e con quale qualità di  $U$  e  $U-B$  ce lo dirà il test proposto sopra.

Per il data dump del 2012, potremo quindi darci un obbiettivo del tipo "per tutte le simbiotiche piú brillanti in  $U$  di XX.XX cerchiamo di ottenere X osservazioni comprensive anche della banda  $U$  durante il 2012".

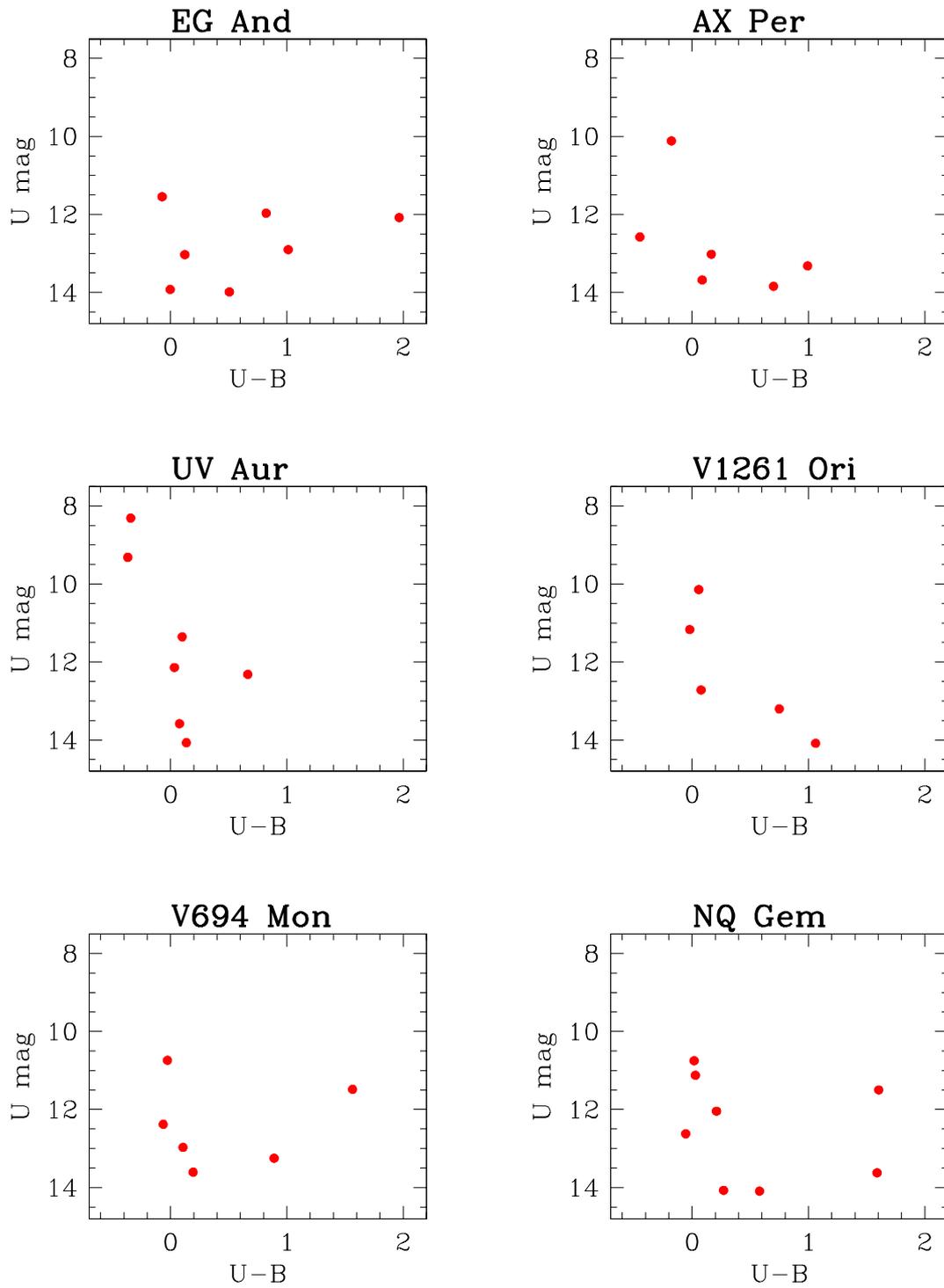


Fig. 5: Distribuzione in magnitudine  $U$  ed in colore  $U-B$  per le stelle di confronto con  $U$  piú brillante della 14.1 mag attorno alle 6 simbiotiche invernali proposte per il test di performance descritto in questa FAQ.