

di GrAG Gruppo Astrofili Galileo Galilei

STELLE VARIABILI: UN UNIVERSO DA SCOPRIRE ALLA PORTATA DI TUTTI

Il progetto del GrAG Gruppo Astrofili Galileo Galilei per la scoperta di nuovi astri pulsanti: 70 nuove stelle variabili, un'avventura collettiva all'insegna dell'astronomia inclusiva

Fra il 2021 e 2022, alcuni soci dell'associazione GrAG (cfr. box 2) hanno scoperto ben quattro stelle variabili individuate su scatti fotografici effettuati con strumentazione personale ed utilizzando metodi e software facilmente reperibili su Internet, come ad esempio Muniwin, Astroimage, Vstar, Peranso e Period4. Come ci si può immaginare, è stata un'attività coinvolgente, che ha richiesto impegno e presenza sia per la formazione teorica e pratica preliminare sia per le procedure effettivamente eseguite per ciascuna stella analizzata, fino al

riconoscimento delle variabili. Confrontandoci fra i membri ci siamo accorti che non tutti hanno tempo e coraggio per affrontare e superare le barriere di ingresso a questa indagine pur consapevoli del suo fascino e delle soddisfazioni che ne possono tornare.

Alla fine del 2022, sulla scia dell'euforia per i risultati ottenuti, il GrAG ha scelto di rendere accessibile ai propri soci la scoperta di nuove stelle variabili anche in assenza di grandi competenze specifiche ma con la sola precondizione di possedere entusiasmo, costanza, voglia di imparare e di mettersi in gioco. Oggi a distanza di poco più di un anno, siamo orgogliosi di annunciare che l'obiettivo è stato ampiamente raggiunto: a fine gennaio 2024 i soci del GrAG hanno fornito all'AAVSO (The American Association of Variable Star Observers) 70 contributi originali, di cui ben 67 relativi a nuove variabili precedentemente non note. Sono stati coinvolti cir-

ca quindici soci spaziando su tutte le età: dal più giovane di 15 anni fino al più grande con quasi 70. I risultati mostrano variabili di molti tipi, dalle "comuni" DSCT a sistemi più complessi composti di più stelle variabili insieme, per un totale di 17 tipologie catalogate. Inoltre, ciliegina sulla torta, a seguito delle nostre analisi è stata creata nei cataloghi della associazione internazionale AAVSO (cfr. box 2) una nuova tipologia di variabile prima non esistente, la ORG.

In questo articolo descriveremo sia le principali caratteristiche dell'ambiente integrato e dei metodi utilizzati all'interno della associazione come anche i risultati raggiunti, rimandando poi a trattazioni successive la descrizione più dettagliata della strumentazione e di alcuni casi di studio significativi.

Introduzione ed obiettivi

Il percorso che conduce alla scoperta di una variabile nuova è piuttosto tortuoso, richiede una strumentazione di qualità per l'acquisizione delle immagini ed una competenza informatica non trascurabile per scaricare, configurare ed utilizzare tutti i tool software necessari. Come abbiamo



Fig.1 - La cupola del CosmoGrAG, situata nell'area osservativa di proprietà dell'associazione a Lasco di Picio (Viterbo, Lazio)



Fig.2 - Il telescopio del CosmoGrAG: un Newton da 12"/30 cm con apertura focale F3, installato su montatura equatoriale in grado di sostenere e gestire un carico fino a 50 kg. Camera APS-H da 9,2 megapixel e pixel di 7,4 micron, filtri fotometrici BVRI Johnson Cousins, focheggiatore elettronico con risoluzione di 0,01 micron.

già accennato si tratta di tool in genere gratuiti e facilmente reperibili online, caratterizzati da una certa potenza e rivolti per lo più soprattutto ad un pubblico preparato ricco di conoscenze pregresse sia di astronomia (e fin qui nulla di male: si studia, è una delle parti più belle di questa attività!) che di tecniche matematiche implementate per le analisi delle curve di luce, come l'analisi di Fourier o simili. Questi ultimi concetti richiedono una preparazione matematica di base abbastanza strutturata che spesso non è parte del bagaglio delle nostre conoscenze. Ma proprio nella gestione di simili nozioni sta la sfida che il GrAG ha accettato lo scorso anno: realizzare un ambiente che consentisse a tutti i propri soci volenterosi di partecipare alle scoperte

di nuove stelle variabili indipendentemente dalla propria formazione teorica di base.

Così nelle intenzioni, l'ambiente finale avrebbe dovuto:

- guidare ed aiutare i nuovi adepti nello svolgimento delle attività di analisi
- richiedere a "livello base" solo un minimo di conoscenze
- consentire a ciascuno di crescere ed impegnarsi in base alle proprie disponibilità ed aspettative, da un livello base ad un intermedio preparato fino ad un più evoluto livello competente.

Dal punto di vista concettuale, un ambiente simile avrebbe dovuto prevedere: uno strumento sociale per l'acquisizione delle immagini, una piattaforma software per l'elaborazione su Windows o MacOS o Linux senza necessità di installazioni, un supporto continuo e "diffuso" per tutte le fasi delle analisi, da quelle iniziali a quelle più impegnative di sottomissione delle scoperte all'AAVSO, l'organismo internazionale che censisce le variabili note (cfr. box 1 su AAVSO).

Il primo passo: la predisposizione del CosmoGrAG

Il primo significativo passo nella predisposizione dell'ambiente del GrAG per la ricerca scientifica amatoriale è stata la realizzazione e messa in opera del CosmoGrAG, un osservatorio remoto situato nell'area osservativa di Lasco di Picio (cfr. box 2): l'osservatorio è stato ufficialmente inaugurato il 25 giugno 2022 e subito si è mostrato come un notevole balzo in avanti per la crescita associativa nel campo dell'astronomia scientifica.

La realizzazione del CosmoGrAG è stata un'impresa lunga e complessa la cui gestione è stata affidata com-

pletamente alle forze dell'associazione. I lavori sono iniziati nel 2020 con la posa della base in cemento di 3 metri, su cui è stata successivamente allestita una cupola usata, acquistata con il contributo di uno dei soci. L'anno successivo è stata la volta del telescopio e dell'assemblaggio delle varie componenti, la cui messa a punto ha richiesto ben sei mesi dovendo mettere in opera un sistema con numerosi componenti tutti interconnessi e accuratamente sincronizzati. È stato proprio grazie al contributo di alcuni dei soci che hanno messo a disposizione le proprie competenze specializzate su ogni fase del progetto, dalla posa della base in cemento alla realizzazione della infrastruttura elettronica, della parte software e hardware per la comunicazione dei sistemi di controllo che il sogno ambizioso si è realizzato. A loro va il nostro grazie per la disponibilità e la passione.

La cupola, con un diametro di 3 metri, ospita un telescopio Newton da 12"/30 cm con apertura focale F3, installato su una montatura equatoriale in grado di sostenere e muovere un carico fino a 50 kg. Il sistema di acquisizione dati è composto da un CCD APS-H da 9,2 megapixel e pixel di 7,4 micron, filtri fotometrici BVRI Johnson Cousins, e focheggiatore elettronico con una risoluzione di 0,01 micron. Completano l'allestimento componenti elettronici dedicati alla gestione remota.

Il processo di acquisizione e raccolta degli scatti è gestito tramite un software open source installato su un PC dedicato, che controlla l'intera strumentazione, inclusi i pannelli fotovoltaici installati per il risparmio energetico. Le sequenze di acquisizione sono dotate di sistemi di controllo che avvertono in caso di problemi.

di GrAG Gruppo Astrofili Galileo Galilei

Il processo di scoperta

Un passaggio fondamentale nel raggiungimento dell'obiettivo è stato la creazione e messa a punto di un vero e proprio "processo della scoperta" condiviso tra tutti i soci del GrAG e realizzato attraverso l'implementazione di tutti gli strumenti di supporto per ogni fase.

A valle del primo passo di acquisizione delle fotografie, tutte le successive fasi del processo sono supportate dal GrAG Var Tool (GVT), una applicazione sviluppata in cloud computing internamente alla associazione, in modo da non richiedere nessuna installazione od operazione di configurazione iniziale da parte dei soci.

Caratteristica saliente del GVT è la struttura per profili utente con funzioni di supporto specializzate per le diverse fasi e per i diversi livelli di esperienza richiesti.

Scendiamo ora un po' più in dettaglio le fasi del "processo di scoperta" sia in termini di contenuto sia in termini di supporto automatico fornito.

Fotografie e recupero delle Immagini

Le immagini su cui iniziare il processo di analisi possono arrivare da diverse fonti. Non solo scatti del CosmoGrAG ma anche lavori forniti dai soci realizzati con telescopi di proprietà, oppure survey professionali e in fine anche immagini catturate durante le missioni spaziali.

In generale, per garantire dati sufficienti all'analisi dei cambiamenti di luminosità di una variabile è necessario disporre di una sequenza di almeno alcune ore di riprese. Quasi sempre, comunque, i dati coprono periodi di più giorni/notte e sono distanziati tra loro anche di anni, il che è ottimale per migliorare la precisione delle misure del periodo di variabilità.

Schema del processo dall'acquisizione delle immagini alla sottomissione delle variabili scoperte all'AAVSO.



2 Calibrazione

Durante la fase di calibrazione, ora completamente automatizzata, le immagini vengono sottoposte a un processo di elaborazione volto a rimuovere errori per migliorare la precisione, agendo sull'eliminazione di rumore e gradienti dovuti alle aberrazioni degli strumenti dell'osservatorio. La calibrazione coinvolge sia gli usuali fattori dell'astrofotografia (flat, dark, bias) sia l'applicazione di algoritmi ad hoc per la rimozione di systematics e trend impropri, dovuti ad esempio alla variazione dell'altezza dell'oggetto nel corso delle osservazioni, o a variazioni di luminosità di parti del campo (es. nuvole) o dell'intero campo (es. sorgere/tramontare della luna).

3 Individuazione delle stelle e verifica cataloghi

Ogni sequenza di scatti viene analizzata per individuare tutte le stelle del campo e produrne le relative Curve di Luce (cfr.Box 3). Successivamente, vengono eliminate le stelle già caratterizzate come variabili interrogando un set di cataloghi di riferimento. In questa fase, anch'essa completa-

mente automatica, vengono individuate ed analizzate dal software un numero di stelle in genere compreso tra 10.000 e 30.000 esemplari, in funzione dell'affollamento del campo.

4 Ricerca di candidate

A partire dalle curve di luce prodotte, il GrAG Var Tool crea un elenco di "candidate", vale a dire un elenco di stelle che mostrano variazioni di luminosità significative tra i vari scatti della sequenza analizzata. Si sta ovviamente attraversando una fase molto delicata che viene effettuata preferibilmente in modalità semi-automatica in due step:

- Primo passo: viene calcolata per ogni stella una serie di indici di variabilità, la cui combinazione viene utilizzata per ricavare un primo elenco di candidate. Il risultato del processo completamente automatico genera tra le 100 e le 300 stelle candidate
- Secondo Passo: l'elenco di candidate viene esaminato sul GrAG Var Tool da un utente amministratore che individua le curve di luce più "meritevoli" di analisi. Un'ulteriore cernita da cui usciranno le stelle scelte da sottoporre ai controlli successivi.

In genere alla fine di tutto il processo di individuazione il numero di stelle in output oscilla fra 10-30.

5 Analisi della curva di luce e calcolo della fase

Solo dopo aver eseguito tutte le operazioni di predisposizione dei dati si arriva finalmente al momento più divertente di analisi dei dettagli questa volta a cura dei singoli soci!

Utilizzando funzioni ad hoc del GrAG Var Tool (cfr fig.3 e fig.4), i soci-analisti sono nella facoltà di selezionare la stella da analizzare, assegnandola al proprio account.

L'attività di indagine inizia visualizzando la curva di luce e calcolando il periodo di variazione coadiuvati da una funzione automatica di GVT appositamente studiata per le stime del periodo. La funzione si basa sul metodo Lomb-Scargle ed è in grado di proporre una serie di possibili valori. Gli analisti possono visualizzare la curva in fase (cfr. Box 3) e variare "di fino" il periodo fino a determinarne il valore ottimale o, nel caso di oscillazioni di luminosità complesse o di sistemi multipli, fino a trovare i valori dei periodi delle principali componenti in frequenza.

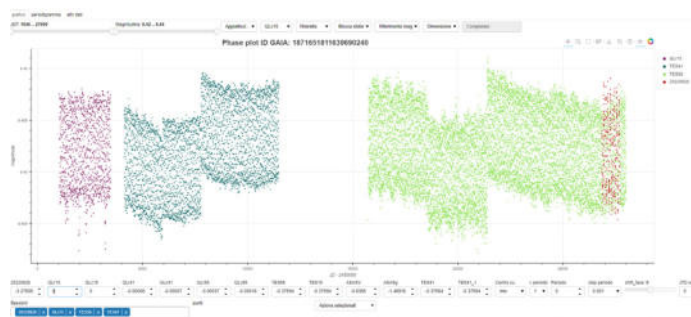


Fig. 3 - L'ambiente di lavoro per la visualizzazione e l'ottimizzazione delle curve di luce: qui vengono integrate le informazioni provenienti dal CosmoGrAG e dalle diverse survey professionali utilizzate, si effettua l'allineamento manuale eliminando eventuali outliers o trend sistemati derivando una prima analisi del periodo di variazione

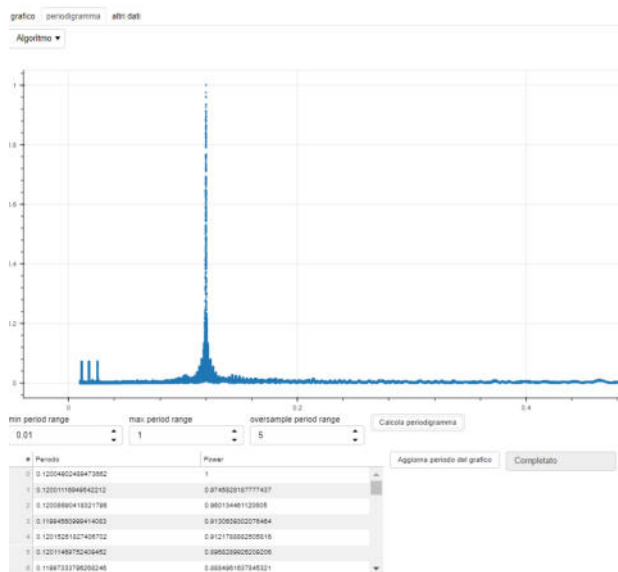


Fig. 4 - La finestra del GrAG Var Tool dedicata al calcolo del periodo delle curve di luce in analisi. Il grafico è il periodogramma trovato tramite l'algoritmo LS, la tabella in basso contiene l'elenco delle frequenze più rilevanti

6 Invio dei dati all'AAVSO

Una volta confermata l'effettiva variabilità della stella ed appurata la forma della curva in fase ed il valore del periodo, è necessario ricavare dai vari cataloghi astronomici disponibili su internet le sue caratteristiche fisiche, quali ad esempio il tipo spettrale, la massa, la dimensione, in modo da individuare a quale tipologia di variabile appartiene la stella.

A questo punto, siamo finalmente pronti per sottomettere

i risultati delle analisi dell'AAVSO, il che avviene tramite i form presenti sul sito AAVSO. Questi risultati vengono rivisti dagli astronomi dell'AAVSO, sempre molto disponibili ed attivi nell'effettuare le valutazioni. Non è raro infatti che vengano richiesti ulteriori approfondimenti oppure suggerite strade per entrare ancora più in dettaglio. Tutti spunti che si sono rivelati molto utili e che ci hanno consentito di accrescere in modo significativo e rapido la nostra esperienza.

Come lavoriamo in pratica

Ma gli strumenti osservativi ed il GVT da soli non sarebbero sufficienti: è essenziale un contatto ed uno scambio di idee continuo all'interno del gruppo di persone che si occupa della ricerca delle variabili nel GrAG. I membri del gruppo si incontrano con frequenza quindicinale per condividere in call i risultati delle analisi effettuate, i problemi ed i dubbi in corso (e ce ne sono sempre...), le novità del GVT.

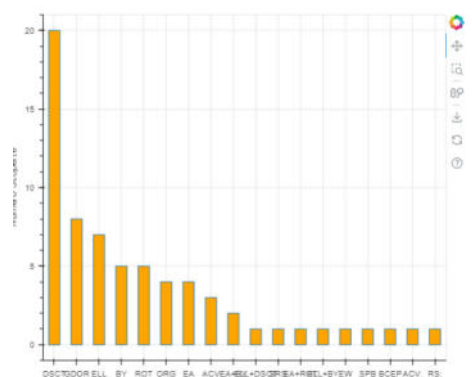
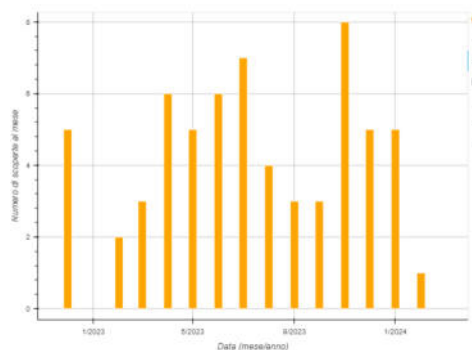
È stato inoltre importante predisporre un'area di scambio condivisa che permettesse un contatto continuo: per ogni stella in analisi viene aperto un canale sullo strumento Teams di Microsoft, che consente di archiviare la storia degli approfondimenti e sfruttare i template da utilizzare poi per la sottomissione dei risultati all'AAVSO. In tal modo ogni socio è messo nella condizione di attingere

di GrAG Gruppo Astrofili Galileo Galilei

dalle esperienze pregresse degli altri, chiedendo e offrendo aiuto.

I risultati

Da quanto raccontato sin ora, processo, strumenti e soprattutto entusiasmo ed impegno, sono emersi i risultati che abbiamo citato all'inizio di questo articolo e che ci teniamo a sottolineare: la scoperta di 70 nuove variabili, di cui 60 nell'ultimo anno precedentemente non note, ad opera di una quindicina di soci di tutte le età comprese tra i 15 ed i 70 anni. Il gruppo più numeroso è quello delle Delta Scuti (20 variabili scoperte), seguito dalle G Dor (8 scoperte).



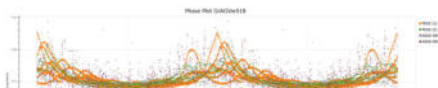
Fra la tipologia di variabili individuate il gruppo più corposo è quello delle Delta Scuti con 20 esemplari confermati, seguito dalle Gamma Doradus con 8 scoperte.

A destra: veduta dall'alto del sito osservativo nell'area osservativa di Lasco di Picio



Delta Scuti

Variabili pulsanti con tipo spettrale compreso tra A0 ed F5 e ampiezze di oscillazioni luce variabili da 0,003 a 0,9 mag. in V e periodi da 0,01 a 0,2 giorni. Le forme delle curve di luce, dovute a pulsazioni radiali e non, possono differire anche in modo significativo. La curva di luce riportata in figura è una delle più tipiche di questa classe di variabili.



Gamma Doradus

Si tratta di pulsatori non radiali di ordine g-mode elevato, nane (classi di luminosità IV e V) di tipo spettrale da A7 a F7 che presentano una o più frequenze di variabilità. I periodi sono compresi fra 0,25 e 4 giorni. Le ampiezze di solito non superano 0,1 mag.

Ben rappresentato è anche il gruppo delle binarie, che tra EA, EW ed ELL conta 17 rappresentanti. Per 5 di questi sistemi binari una delle componenti è risultata essere a sua volta una variabile pulsante di tipo BY, DSCT e ROT.

Tra tutte le indagini, il fiore all'occhiello è stata l'analisi condotta dal GrAG e presentata a fine giugno 2023 che ha condotto l'AAVSO a definire il 4/7/2023 una nuova categoria denominata ORG (Oscillating Red Giant) la cui prima rappresentante è stata appunto la GrAGVar036.

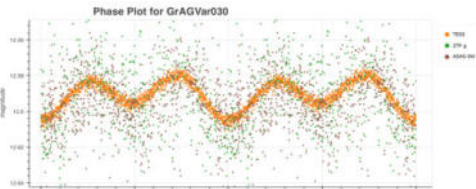
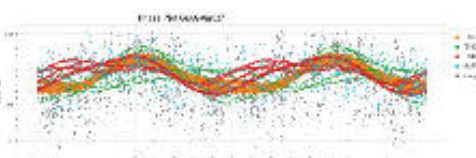
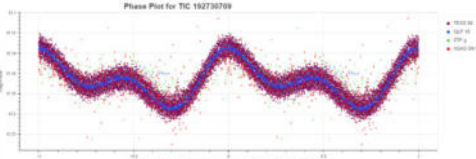
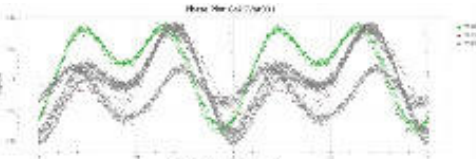
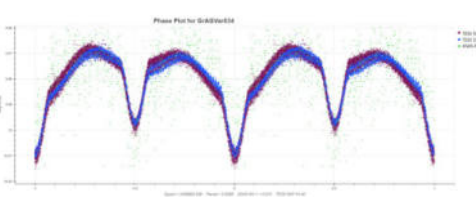
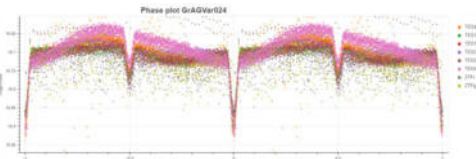
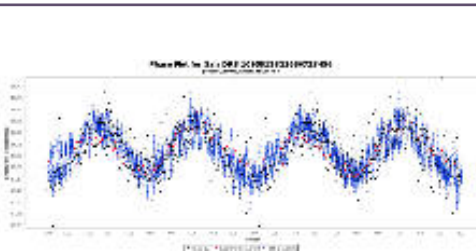
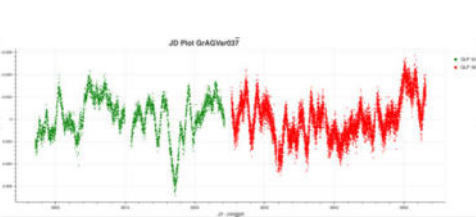
In calce all'articolo riportiamo un elenco delle tipologie più presenti nelle scoperte finora effettuate, corredate per i casi più significativi delle curve di luce ricavate dal Grag.



Conclusione

In conclusione, l'avventura del GrAG nella ricerca di stelle variabili è stata un viaggio appassionante, intrapreso da soci motivati e appassionati di tutte le età. Attraverso la creazione del CosmoGrAG e l'implementazione del GrAG Va rTool, l'associazione ha reso accessibile a tutti i propri soci la magia della scoperta astronomica, dimostrando che la passione, l'entusiasmo e la voglia di imparare possono superare le barriere di conoscenza. L'approccio inclusivo e collaborativo del GrAG, con riunioni regolari e la continua condivisione di esperienze, ha creato una comunità coesa di appassionati, pronti a condividere le proprie scoperte e ad aiutarsi reciprocamente nel percorso di esplorazione celeste: l'astronomia amatoriale può essere un'avventura avvincente, divertente e gratificante per chiunque desideri alzare lo sguardo oltre l'orizzonte.

Che la luce delle nuove stelle variabili scoperte dal GrAG continui a brillare nell'universo dell'entusiasmo e della scoperta!

	<p>Le ELL sono sistemi binari ravvicinati con componenti ellissoidali, che cambiano la luminosità combinata con periodi pari a quelli del moto orbitale, a causa delle variazioni delle aree di emissione verso un osservatore (non mostrano eclissi). L'ampiezza della luce di solito non supera 0,1 mag. in V, ma in alcuni casi può raggiungere 0,3 mag.</p>
	<p>Le variabili di tipo BY Draconis mostrano variazioni di luce quasi-periodiche con periodi da una frazione di giorno a 120 giorni e ampiezze da alcuni centesimi a 0,5 mag. in V. La variabilità è causata dalla rotazione assiale con un grado variabile di non uniformità della luminosità superficiale (macchie) e dell'attività cromosferica.</p>
	<p>Variabili Canum Venaticorum. Si tratta di stelle di sequenza principale con tipi spettrali B8p-A7p e che presentano forti campi magnetici. Presentano variazioni di campo magnetico e di luminosità (periodi di 0,5-160 giorni o più). Le ampiezze delle variazioni di luminosità sono solitamente comprese tra 0,01-0,1 mag. in V</p>
	<p>Le ROT sono stelle maculate che non sono state classificate in una classe particolare. Inoltre, alcune stelle che non rientrano nei sottotipi attuali a causa delle loro proprietà fisiche sono state classificate come tali (nane brune e nane bianche con macchie).</p>
	<p>Sistemi Binari di tipo Persei (Algol), con componenti sferiche o leggermente ellissoidali. Tra un'eclissi e l'altra la luce rimane quasi costante o varia in modo insignificante a causa di effetti di riflessione, di una leggera ellissoidalità delle componenti o di variazioni fisiche. I minimi secondari possono essere assenti. Gamma estremamente ampia di periodi, da 0,2 a ≥ 10000 giorni, così come per le ampiezze.</p>
	<p>Sono sistemi "misti, costituiti da sistemi binari in cui una delle componenti è anche una stella rotante di tipo BY o ROT.</p>
	<p>Variabili eclissanti di tipo W Ursae Majoris. Hanno eclissi con periodi solitamente inferiori a 1 giorno, sono costituite da componenti ellissoidali quasi a contatto e con curve di luce per le quali è impossibile specificare i tempi esatti di inizio e fine delle eclissi. Le profondità dei minimi primari e secondari sono quasi uguali o differiscono in modo insignificante. Le ampiezze luminose sono generalmente <0,8 mag. in V. Le componenti appartengono generalmente ai tipi spettrali F-G e successivi.</p>
	<p>Giganti rosse oscillanti mostrano oscillazioni non radiali di piccola ampiezza, hanno involucri convettivi in cui i moti turbolenti agiscono su varie scale temporali e velocità, producendo un rumore acustico che può pilotare o smorzare in modo stocastico le oscillazioni risonanti. Si ritiene che l'ampiezza delle oscillazioni sia in scala con la luminosità. I periodi di pulsazione variano da minuti a diverse ore o giorni. Sono state riscontrate nelle lunghe e ininterrotte osservazioni dallo spazio (missioni CoRoT, Kepler e TESS).</p>

Cos'è l'AAVSO e quali sono le sue funzioni

L'**American Association of Variable Star Observers (AAVSO)** è un'organizzazione scientifica ed educativa senza scopo di lucro che riunisce astronomi dilettanti e professionisti di tutto il mondo interessati allo studio delle stelle che cambiano di luminosità: le stelle variabili. La missione dell'AAVSO è di consentire a chiunque di partecipare alla scoperta scientifica, le sue principali attività sono:

- osservazione e analisi di stelle variabili ed esopianeti
- raccolta e archiviazione delle osservazioni per l'accesso a livello mondiale
- creazione di forti collaborazioni tra astronomi dilettanti e professionisti
- promozione della ricerca e della formazione scientifica.

L'AAVSO è stata fondata nel 1911 per coordinare le osservazioni di stelle variabili effettuate in gran parte da astronomi dilettanti per l'Osservatorio dell'Harvard College. Oggi la sede dell'associazione è situata a Cambridge, Massachusetts, ed ha partecipanti attivi in più di 100 Paesi.

L'AAVSO gestisce il catalogo VSX che conta oltre 60 milioni di osservazioni di stelle variabili ed è la più grande associazione di osservatori di stelle variabili al mondo.

L'adesione all'AAVSO è aperta a tutti, professionisti, dilettanti e osservatori di stelle variabili.

Il GRAG: chi è, obiettivi, sito osservativo

L'Associazione Astrofili "Galileo Galilei" di Tarquinia, costituita da appassionati astrofili nelle province di Viterbo e Roma, si propone di riunire gli amanti dell'astronomia nel territorio di Monte Romano per osservazioni e astrofotografia. Senza scopi di lucro, la comunità offre un supporto tecnico di monitoraggio astronomico da anni, coinvolgendo appassionati provenienti da varie regioni.

L'obiettivo principale dell'associazione è stabilire un punto fisso di osservazione per incontri mensili attrezzati e facilmente accessibili. La "Galileo Galilei" si impegna nella divulgazione scientifica organizzando corsi nelle scuole di ogni livello e classe, inclusi corsi di astronomia e astrofotografia per persone svantaggiate o diversamente abili. L'autofinanziamento avviene attraverso corsi a pagamento di livello superiore avanzato. L'associazione offre serate pub-

bliche gratuite o tematiche, come osservazioni astronomiche durante eventi celesti, conferenze sulle proprie attività di ricerca amatoriale, conferenze con astronomi professionisti.

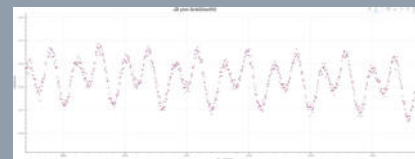
Il progetto ha ricevuto supporto dalle autorità locali, tra cui il sindaco di Monte Romano e l'Università Agraria locale. Il GrAG dispone infatti di un terreno gentilmente messo a disposizione ad uso gratuito dall'Università Agraria di Monte Romano (Viterbo), facilmente raggiungibile da gran parte del Lazio, riservato ai soci effettivi del Gruppo Astrofili Galileo Galilei e dei loro progetti sociali e pubblici. Il sito gode di un buon SQM medio misurato in 21.2. Riconosciuta ufficialmente dalla regione Lazio dal 2022 per il suo impegno nella lotta all'inquinamento luminoso, il GrAG opera anche come osservatorio semi-professionale, godendo della tutela del cielo per Lasco di Picio entro un raggio di 10 km.



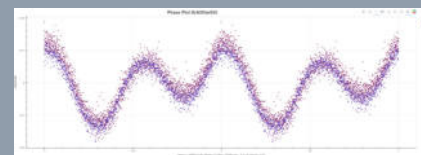
Uno degli obiettivi primari del GrAG è promuovere la divulgazione dell'astronomia in vari contesti. Segui le iniziative su www.grag.org

Cos'è una curva di luce

In astronomia la "curva di luce" è un grafico che rappresenta la variazione della luminosità di un oggetto celeste nel corso del tempo. Questo è particolarmente rilevante nell'osservazione di fenomeni astronomici come stelle variabili o supernovae. Due tipi comuni di curve di luce sono le seguenti.



JD Plot: La curva di luce in JD (Julian Date) plot mostra la variazione della luminosità in funzione del tempo, espresso in giorni giuliani. Ogni punto sulla curva rappresenta una misurazione di luminosità in una specifica data, fornendo una rappresentazione temporale delle variazioni osservate.



Curva in Fase: La curva di luce in fase rappresenta la variazione della luminosità in relazione al periodo di variabilità intrinseca dell'oggetto celeste. Esprime la luminosità rispetto a una frazione del periodo completo, consentendo un'analisi più dettagliata delle variazioni legate alla variabilità intrinseca dell'oggetto.

Entrambe le curve forniscono informazioni preziose sull'oggetto osservato, consentendo agli astronomi di studiare i cambiamenti nella luminosità e di trarre conclusioni riguardo ai processi fisici che si verificano nell'oggetto astronomico in esame.