

Classificazione di Stelle Variabili

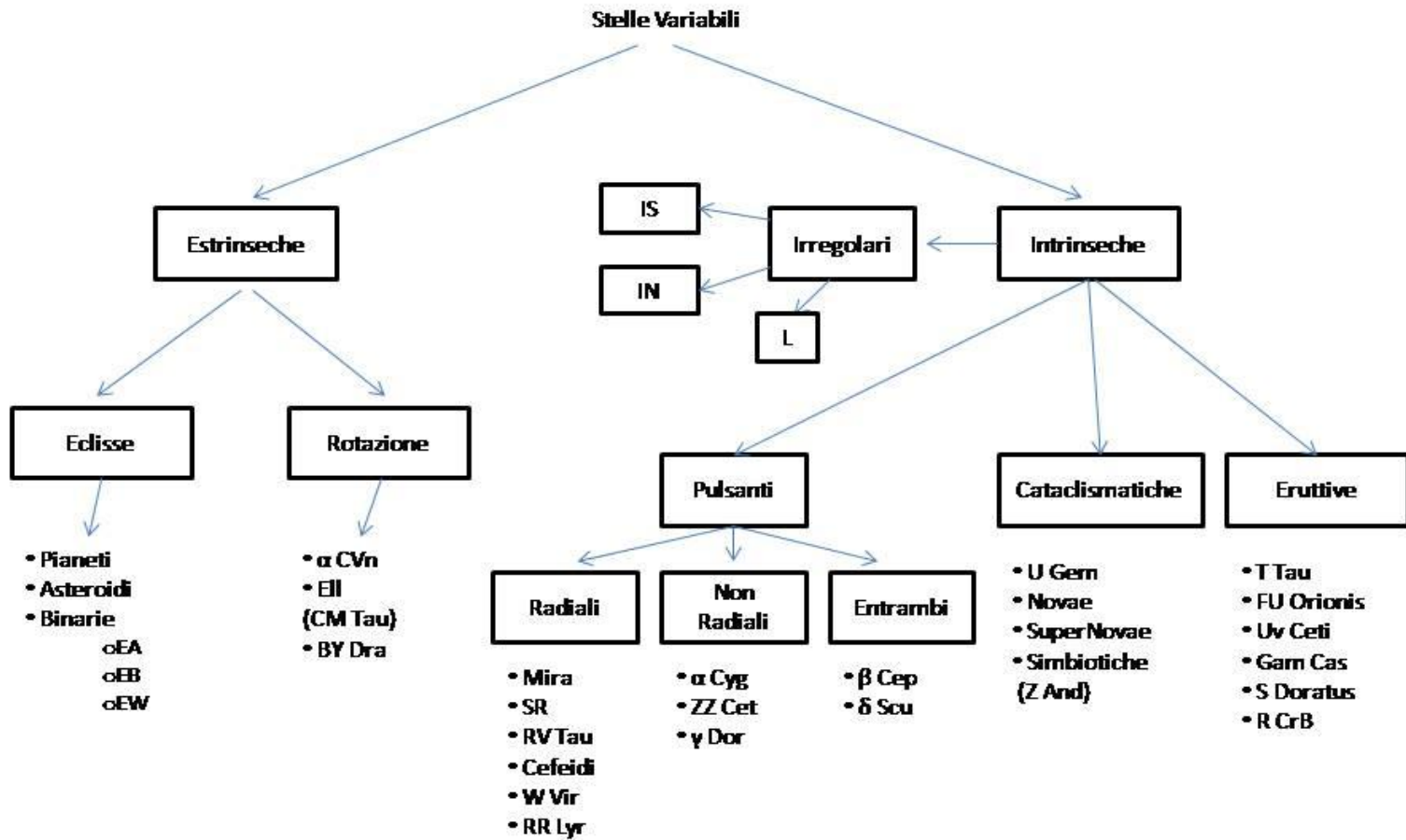
Alcune stelle variano la loro luminosità, oggi è normale, ma questo non è sempre stato così.

In antichità si credeva con molta convinzione che il cielo fosse immutabile. Solamente dal 1600 questo concetto venne messo in discussione e, con molta lentezza iniziale, è solo dopo il 1800 che il numero crescente di scoperte hanno portato a comprendere le reali dinamiche del fenomeno.

Oggi le stelle variabili sono raggruppate in differenti tipologie a seconda di alcune caratteristiche, questo porta ad una classificazione piuttosto articolata.

Un quadro generale aiuta la comprensione delle dinamiche reali, in questo modo si possono quindi confrontare le differenze.

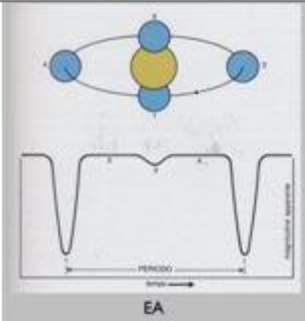
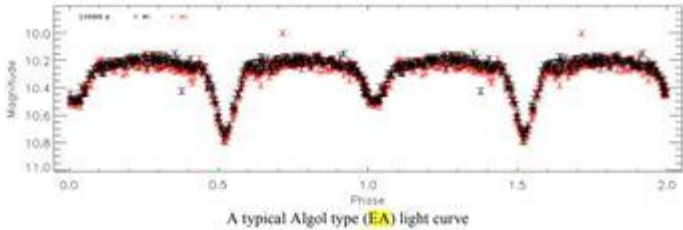
Schema suddivisione delle stelle variabili



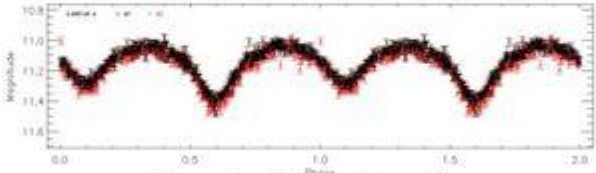
Variabili Estrinseche - Binarie

Sono sistemi binari il cui piano orbitale è prossimo alla linea di vista dell'osservatore. A causa delle reciproche occultazioni tra le due stelle, si osservano variazioni periodiche della luminosità totale del sistema, con periodi coincidenti al moto orbitale delle due componenti. Hanno due diverse classi, 'Curva di luce' e 'Lobi di Roche'.

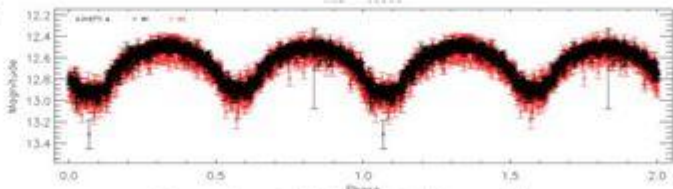
- Classe Curva di Luce. Di questa classe fanno parte stelle di tipo:
 - **EA (Algol).** La loro caratteristica è che hanno componenti sferiche o leggermente ellittiche. Nella CDL si capisce in maniera netta inizio e fine eclisse. Poca variazione e periodo da 0.2 a 10000 gg.

Spettro	Curva di Luce	Var Mag	Periodo
B o A	 	<1	da 0,2 a 10000 gg

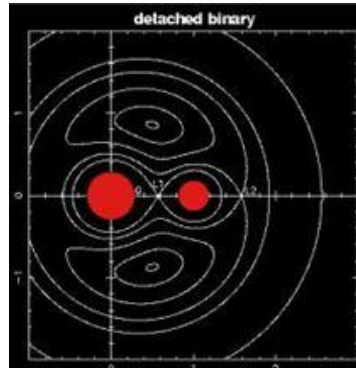
- **EB (Beta Lyr)**. Sono caratterizzate da componenti ellittiche e non è possibile precisare la fine e l'inizio dell'eclissi. La variazione non supera le 2 magnitudini ed il periodo è < 1 gg.

Spettro	Curva di Luce	Var Mag	Periodo
B o A	 <p>Light curve of a typical Beta Lyrae (EB) type variable</p>		2 minore di 1 gg

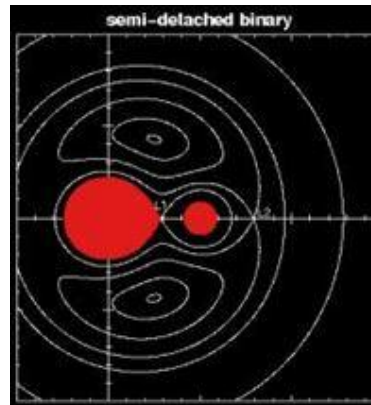
- **EW (W Uma)**. Le stelle sono di tipo ellissoidale a contatto, e questo rende impossibile stabilire inizio e fine. La variazione è di 0,8 Mag. Il periodo è < 1 gg.

Spettro	Curva di Luce	Var Mag	Periodo
F o G	 <p>Light curve of a typical W Ursae Majoris (EW) type variable</p>		0,8 minore di 1 gg

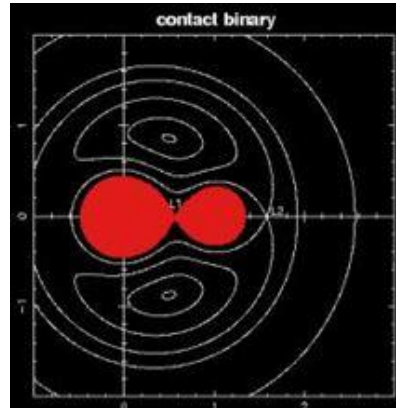
- Classe Lobi di Roche. Di questa classe fanno parte stelle di tipo:
 - ✓ **Sistemi binari staccati.** Le componenti occupano un volume ben all'interno dei propri lobi di Roche, sono quasi-sferiche e la distorsione dovuta agli effetti mareali è minima.



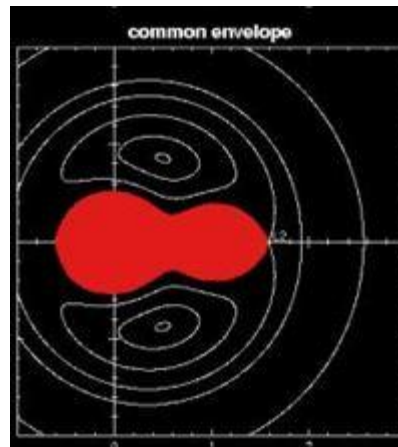
- ✓ **Sistemi binari semi-staccati.** Una delle due componenti riempie il proprio lobo di Roche ed è distorta dalle forze mareali. Può avvenire scambio di materiale con l'altra componente attraverso il punto di Lagrange più interno.



- **Sistemi binari a contatto.** Entrambe le componenti riempiono i rispettivi Lobi di Roche, sono distorte e praticamente a contatto.



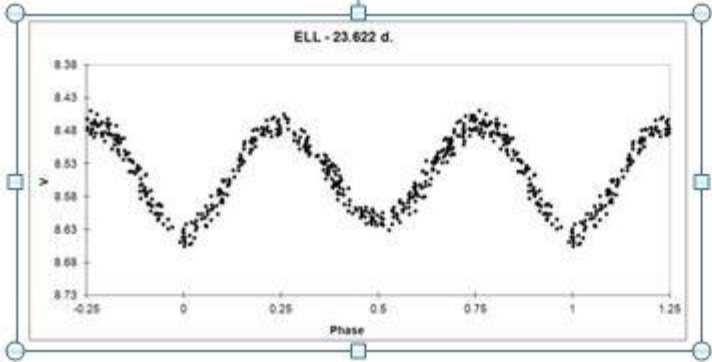
- **Sistemi con un involucro comune.** Le due componenti sono completamente fuse in un involucro comune.



Variabili Estrinseche - Rotanti

Sono stelle la cui luminosità superficiale non è uniforme e/o con forme ellissoidali. L'energia totale emessa dalla stella non cambia e la rotazione della stella è la causa principale della variazione luminosa osservata. Ci sono 3 tipi di queste stelle:

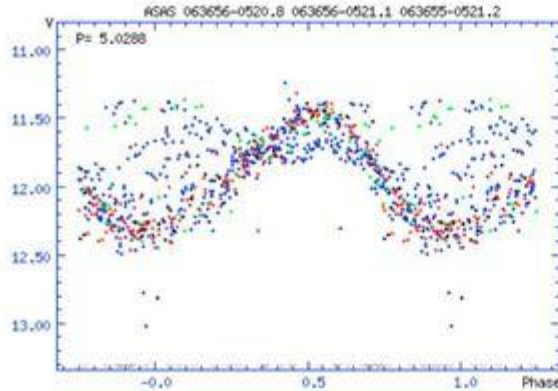
- **EII.** Le variabili ellissoidali rotanti sono sistemi binari vicini che variano con periodi uguali al loro moto orbitale. Le componenti delle variabili ellissoidali sono deformati in risposta al tremendo stress gravitazionale posto su di loro dal loro dalla stella compagna, ed essendo il piano orbitale di questi sistemi coincidente con la nostra linea di vista, fa eclissare una stella. L'eclisse, però, non è mai fisica. La variazione non super le 0.1 Mag con un periodo di 4,4 gg.

Spettro	Curva di Luce	Var Mag	Periodo
		0,1	4,4 gg

- **Alpha CVn (RS CNv).** Sono stelle della sequenza principali con forti campi magnetici. Il periodo di tra 0.5 e 160 gg. La variazione è tra 0.01 e 0,1 mag.

Spettro	Curva di Luce	Var Mag	Periodo
B o A		0,2	da 0,5 a 160 gg

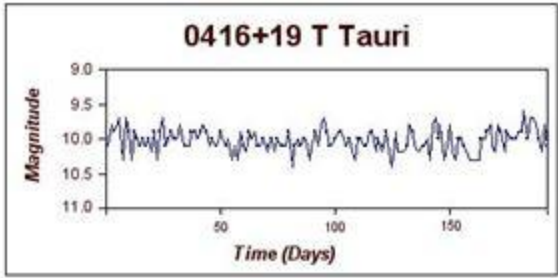
- **By Dra.** Sono variabili nane rosse che mostrano una variabilità quasi periodica con periodi variabili da ore a 120 giorni. Sono dovute a zone di luminosità non uniformi (punti scuri e punti luminosi) che entrano ed escono dalla vista mentre la stella ruota attorno al proprio asse. L'ampiezza delle variazioni varia da 0,001 a 0,5 magnitudini. È interessante notare che BY Le variabili Dra possono essere binarie o singole stelle.

Spettro	Curva di Luce	Var Mag	Periodo
G o M	 <p>ASAS 063656-0520.8 063656-0521.1 063656-0521.2 P= 5.0288</p> <p>Light curve of a BY Dra variable utilizing ASAS data</p>	fino a 0,5	da ore a 120 gg

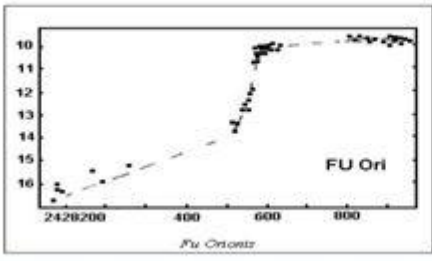
Variabili Intrinseche - Eruttive

Variano la loro luminosità a seguito di flares o processi violenti (eruzioni) che avvengono nella cromosfera e nella corona. Queste eruzioni danno origine alle variazioni luminose. I principali tipi di queste stelle sono sei.

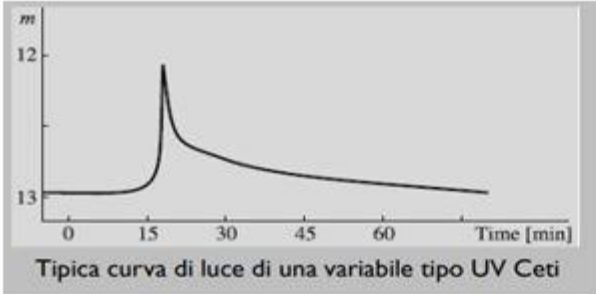
- **T Tauri.** Stelle di pre-sequenza che mostrano fluttuazioni irregolari di luminosità. Hanno meno di 10 milioni di anni e meno di 3 masse solari. Si trovano solo nelle nebulose o in ammassi molto giovani. Questa variabile è associata alla nebulosa di Hind (NGC 1555), la quale ha variazioni luminose in concomitanza con il periodo di variazione di T Tauri.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
GeM		tra 1 e 1,5	Irregolare

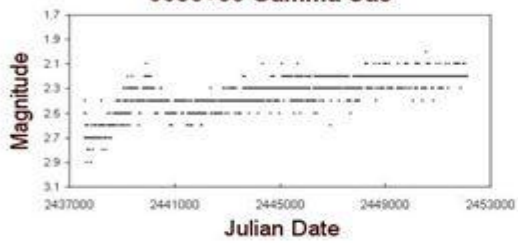
- **FU Orionis.** Sono stelle giovani (pre sequenza) con il la più grande ampiezza di variazione in questo gruppo. Sono caratterizzati da a graduale aumento della luminosità di 4-6 magnitudini. Possono quindi rimanere al massimo luminosità per anni o svanire lentamente.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
A e G	 <p>The graph shows the light curve for FU Ori. The y-axis represents magnitude (m) from 10 to 16, and the x-axis represents time in days from 0 to 1000. The curve shows a gradual increase from magnitude 16 at day 0 to magnitude 10 at day 600, followed by a plateau.</p>	da 4 a 6	da 100 gg a decenni

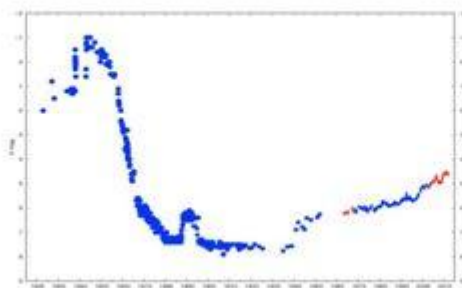
- **UV Ceti.** Nane rosse di pre-sequenza (KVe - MVe) che mostrano improvvisi brillamenti che durano pochi secondi. Il brillamento produce la stessa energia di un tipico brillamento solare ma sulla superficie di una stella di luminosità inferiore produce un aumento di luminosità sino a 4-6 magnitudini.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
K e M	 <p>The graph shows a typical light curve for a UV Ceti variable. The y-axis represents magnitude (m) from 12 to 13, and the x-axis represents time in minutes from 0 to 75. The curve shows a sharp spike from magnitude 13 to 12 at approximately 15 minutes, followed by a gradual decay.</p>	fino a 6	da meno di un minuto fino ad una decina di minuti

- **Gam Cass (BE).** Stelle in rapida rotazione da cui fuoriesce materiale dalla zona equatoriale. Un temporaneo schiarimento o sbiadimento fino 1,5 magnitudini, accompagna la formazione di anelli o dischi equatoriali.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
O e B	 <p>0050+60 Gamma Cas</p>	fino ad 1,5	da 0,3 a 4 gg

- **S Doradus.** Stelle rare e altamente luminose che mostrano variazioni su tempi scala che vanno da giorni a decenni. Denominate anche LBV (Luminous Blu Variable), sono stelle eruttive supergiganti di grande luminosità (Bpeq, Fpeq) con variazioni luminose irregolari (alcune volte cicliche) aventi un'ampiezza da 1 a 7 magnitudini. Sono le stelle azzurre più brillanti di tutta la Galassia. Per regola generale sono connesse a nebulose diffuse.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
B o F		da 1 a 7	da gg a decenni

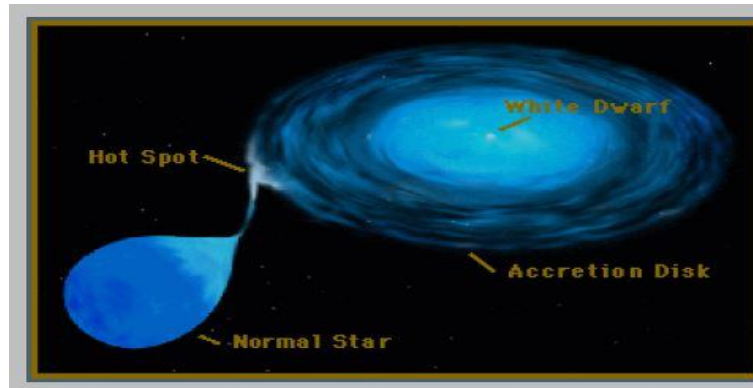
- **R Corona Borealis.** Supergiganti, povere di idrogeno e ricche di carbonio, la cui luminosità diminuisce, anche di 9 magnitudini, in modo imprevedibile e rapido. Possono rimanere al minimo per molte settimane, mesi o anni.

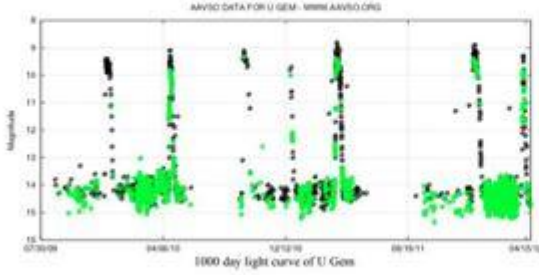
Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
F o G	<p>AAVSO DATA FOR R CRB - WWW.AAVSO.ORG</p> <p>The AAVSO 2500-day light curve of R CrB</p>	da 1 a 9	da 30 a 150 gg

Variabili Intrinseche - Cataclismatiche

Sono denominate variabili cataclismatiche o esplosive, quelle stelle che mostrano esplosioni causate da reazioni termonucleari sia in superficie (tipo novae) sia nel nucleo (tipo supernovae). La maggior parte di queste variabili sono sistemi binari semi-staccati, ma molto stretti, in cui in genere la componente primaria è una nana bianca e la secondaria è una stella di sequenza principale. I periodi orbitali sono molto brevi, per cui le componenti sono molto vicine. La forza gravitazionale della nana bianca modifica la forma della secondaria, che trasferisce materiale alla nana bianca attraverso un disco di accrescimento. I principali tipi di queste stelle variabili sono 4.

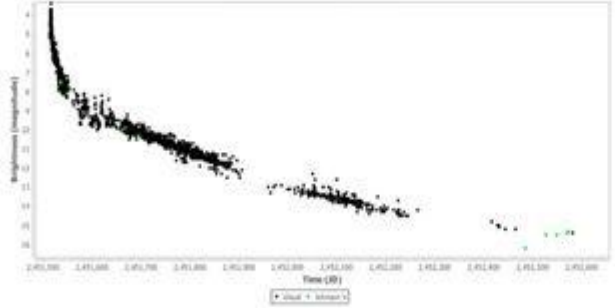
- **U Gem (Dwarf Novae).** Le variabili del tipo U Gem sono spesso chiamate novae nane. Si tratta di sistemi binari vicini costituiti da una nana e una subgigante di tipo spettrale K o M. I periodi orbitali variano da 0.05 a 0.5 giorni. Nel caso delle U Geminorum, quando il plasma del disco di accrescimento raggiunge una temperatura critica, modifica la sua viscosità e collassa sulla nana bianca, rilasciando una grande quantità di energia potenziale gravitazionale.



Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
K o M		da 2 a 6	da 90 min a 50 gg

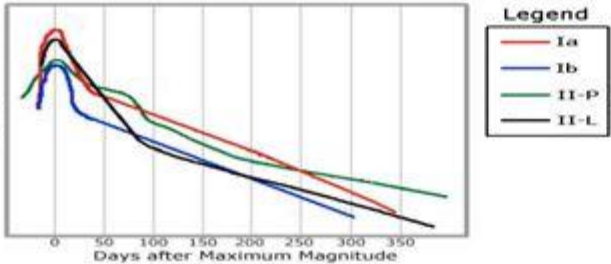
- **Novae.** Una novae solitamente è formata da un sistema binario molto stretto avente come componenti una nana bianca molto massiccia e una stella rossa anche se non sono esclusi altri sistemi con stelle di diverso grado evolutivo. Attorno alla nana bianca esiste un disco di accrescimento formato dalla materia “rubata” alla compagna rossa. Questa materia girando a spirale attorno alla nana bianca tende a cadere verso la sua superficie a causa dell'intensa forza gravitazionale. Il materiale accumulato nel disco di accrescimento, riscaldato dalla nana bianca, aumenta temperatura e pressione a livelli tali da innescare reazioni di fusione nucleare ed esplodere. Il fenomeno può essere ricorrente, con una frequenza che è funzione della massa della nana bianca



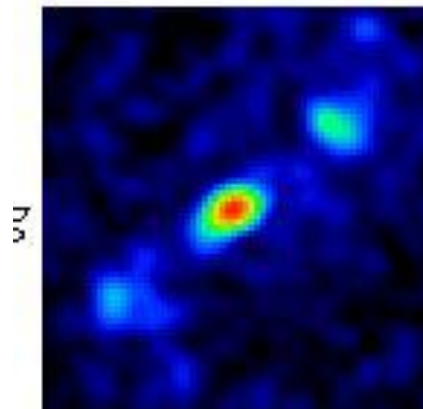
Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
A o F	 <p>Light Curve for V1494 Aql</p>	da 7 a 19	da alcuni gg a migliaia di gg

- **SuperNovae.** Le supernove sono variabile cataclismica. Quando eruttano, si illuminano di 10 a 20 magnitudini, raggiungendo una magnitudine assoluta compresa tra -15 e -20, quindi svaniscono lentamente per periodi da mesi ad anni. Nonostante la somiglianza con le esplosioni di novae, il meccanismo di eruzione e le conseguenze sono totalmente diversi. Una supernova è la fine della linea nell'evoluzione di una stella.



Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
	 <p>Legend</p> <ul style="list-style-type: none"> Ia Ib II-P II-L <p>Illustration showing the different shapes of supernovae light curves</p>	da 10 a 20	da mesi ad anni

- **Simbiotiche (Z And).** Sono stelle binarie interagenti del tipo Z Andromedae, anche denominate variabili simbiotiche. Si tratta di sistemi binari molto vicini costituiti da una stella calda, una stella di tipo spettrale avanzato e un guscio eccitato dalla stella più calda. La luminosità del sistema varia in maniera irregolare e con un'ampiezza che può arrivare a 4 magnitudini. E' un gruppo molto eterogeneo di oggetti.

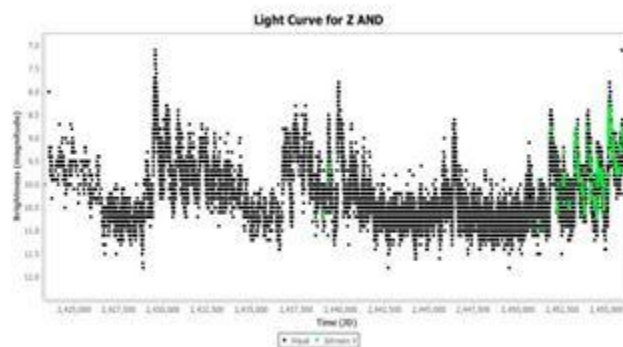


Spettro

Curva di Luce

Var Magn

Periodo



fino a 4

Irregolare

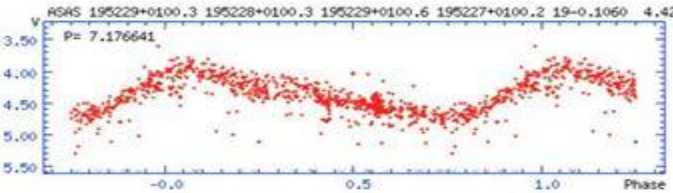
Variabili Intrinseche - Pulsanti

Sono stelle in cui regolarmente si verifica un'espansione e una contrazione degli strati esterni dell'atmosfera stellare (pulsazione). Le pulsazioni possono essere:

- Radiali: la stella si espande simmetricamente mantenendo una forma sferica.
- Non radiali: l'espansione non è simmetrica, alcune parti della stella si contraggono verso l'interno e altre si espandono verso l'esterno; la stella cambia forma ma non volume.

I principali tipi di stelle pulsanti sono 11.

- **Cefeidi (Radiale).** Sono supergiganti di colore giallo brillante, molto luminose. Ampiezza da pochi centesimi a 2 magnitudini e i loro periodi vanno da 1 a 135 giorni. La variabilità è rigorosamente regolare. Il loro tipo spettrale alla massima luce è F e agli intervalli minimi da G a K. Più lungo è il periodo, più avanzato sarà lo spettro. Esiste una relazione periodo-luminosità, tanto più luminosa è la stella tanto è più lungo il periodo e minore è la temperatura. Essendo le cefeidi alla stessa distanza e in considerazione del fatto che la Magnitudine Apparente è uguale a quella assoluta. Conosciuta la distanza di una cefeide si conosce quella di tutte le altre. Usate come candele dell'universo, grazie al rapporto periodo-luminosità vengono utilizzate per calcolare le distanze nell'universo.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
F al massimo. G o K al minimo			2 da 1 a 135 gg

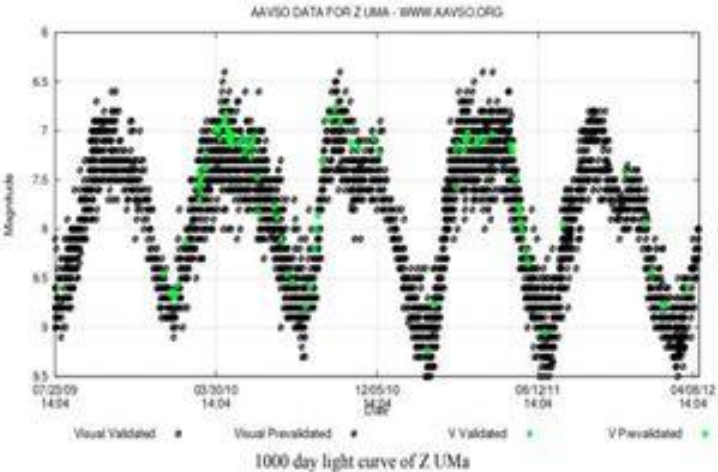
- **Mira (Radiale).** Prendono il nome da omicron Ceti (Aka Mira), sono stelle giganti relativamente stabili, con periodi di 100-1000 giorni e la maggior parte compresa tra 150 e 450 giorni. Ampiezze in di variabilità da 2,5 a 11 magnitudini. Con ampiezze così grandi che hanno storicamente sono state le stelle più numerose e ben osservate nel programma AAVSO.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
M		Da 2,5 a 11	da 100 a 1000 gg

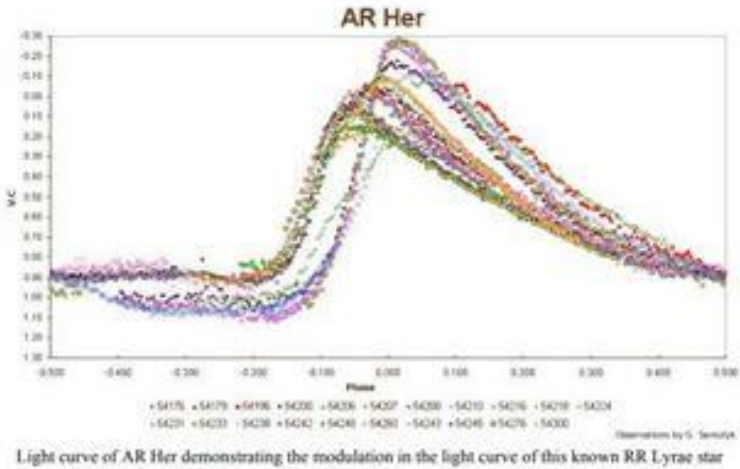
- **Rv Tau (Radiale).** Sono stelle supergiganti gialle le cui curve di luce mostrano un'alternanza profonda e minimi poco profondi. L'ampiezza della variabilità può arrivare fino a 3-4 magnitudini in V. Hanno tipi spettrali da F a G alla massima luce e da K a M al minimo. Hanno due sottotipi RVA e RVB sulla base se varia (RVB) la magnitudine media oppure no (RVA). La caratteristica di questo tipo di stelle è nella forma della curva, la quale deve presentare due minimi, uno profondo ed uno meno profondo con un periodo (che definisce il periodo della stella) da 50 a 150 gg.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
F o G al massimo. G o K al minimo		da 3 a 4	da 50 a 150 gg

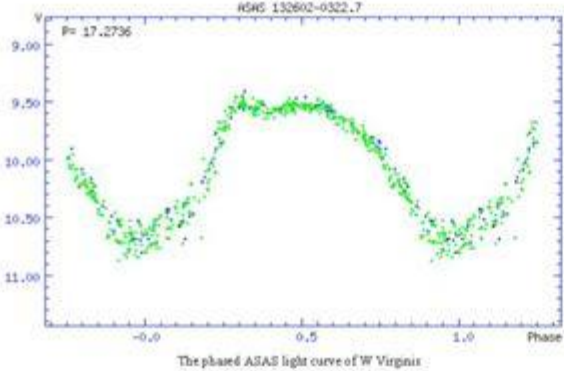
- **SR (Radiale)**. Sono stelle giganti o supergiganti di tipo spettrale M, C, S (C e S stelle al carbonio). Hanno una notevole periodicità nei loro cambiamenti di luce, talvolta interrotti da varie irregolarità. I periodi sono compresi tra 20 e >2000 giorni, mentre le forme delle curve di luce sono piuttosto diverse e variabili, e le ampiezze può variare da diversi centesimi a diverse magnitudini (di solito 1-2 mag in V). Molto simili alle Mira, ma con, appunto, una irregolarità e un'ampiezza di variazione di luminosità minore. Hanno 4 sottotipi SRA, SRB, SRC, SRD. La differenza è data dalle variazioni di luminosità e di periodo.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
M, C o S	 <p>AAVSO DATA FOR Z UMa - WWW.AAVSO.ORG</p> <p>1000 day light curve of Z UMa</p>	da 1 a 2	tra 20 e > 2000 gg

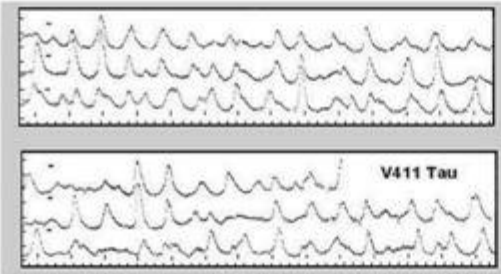
- RR Lyr (Radiale). Sono stelle giganti con periodi rapidi che vanno da 0,1 a 1 giorno, e ampiezze fino a 1,5 magnitudini. Sono di tipo spettrale da A5 a F5 e hanno masse pari a circa ½ solare. Sono vecchie stelle che hanno esaurito quasi tutto l'idrogeno i loro nuclei e ora bruciano elio. Le lire RR sono numerose in alcuni globulari cluster, e un tempo erano note come "variabili cluster". Sono importanti in l'astronomia allo stesso modo delle Cefeidi (infatti sono dette anche cefeidi a corto periodo), in quanto ci aiutano a calibrare la distanza agli oggetti nell'universo . Hanno tre sottocategorie, RRAB, RRC, RRD. La differenza tra le tre è la forma della curva (simmetrica, asimetrica o mista).

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
A o F	 <p style="text-align: center;">AR Her</p> <p style="text-align: center;">Observations by S. Sestak</p> <p style="text-align: center;">Light curve of AR Her demonstrating the modulation in the light curve of this known RR Lyrae star</p>	Fino a 2	da 0,1 a 1 gg

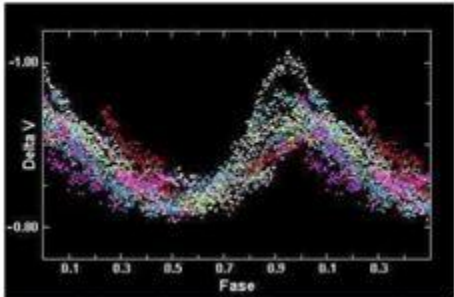
- **W Vir (Radiale).** La luminosità da 0,3 a 1,2 magnitudini e hanno periodi che vanno da 0,8 a 35 giorni. Come con le Cefei classiche, il loro tipo spettrale alla massima luce è F e al minimo varia da G a K- più lungo è il periodo, più lo spettro sarà avanzato sarà il tipo spettrale. Le variabili di tipo W Virginis sono ulteriormente suddivise in CWA e CWB. CWA sono quelli con periodi superiori a 8 giorni, e CWB, noto anche come stelle di tipo BL Herculis, hanno periodi inferiori a 8 giorni.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
F al massimo. G o K al minimo		da 0,3 a 1,2	da 0,8 a 35 gg

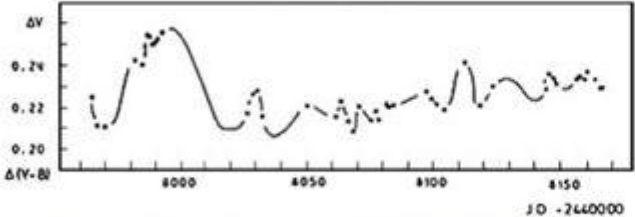
- **ZZ Cet (Non Radiale)**. Sono delle nane bianche con un periodo di variazione compreso tra i 30 Sec e i 25 minuti. Una variabilità tra 0,001 e 0,2 mag.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
D		tra 0,001 a 0,2	tra 30 sec e 25 min

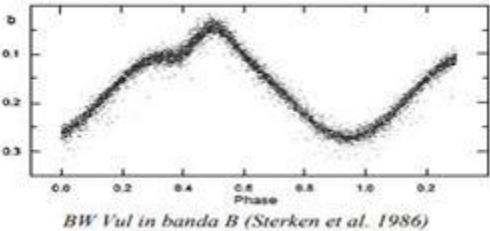
- **Gam Doradus (Non Radiale)**. Un nuovo tipo di stelle variabili non presente nel catalogo del GCVS è quello delle Gamma Doradus. Sono stelle aventi una classe spettrale A5 – F8, una variazione luminosa molto esigua e un periodo compreso tra 0.5 e 4 giorni (tipicamente da 0.8 a 1 giorno).

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
A e F		Bassa	da 0,5 a 4 gg

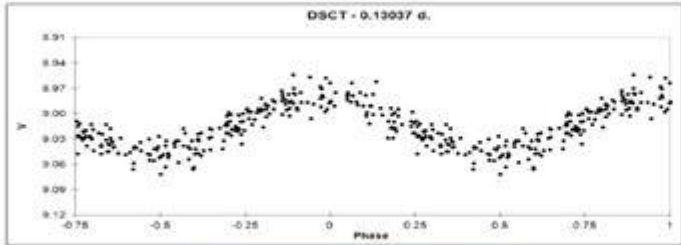
- **Alpha Cyg (Non Radiale)**. Le variabili del tipo Alpha Cigny sono stelle supergiganti di classe spettrale Beq-Aeqa aventi pulsazioni non radiali. Di fatto in questa categoria ci sono anche stelle di classe spettrale O purché si trovino nella stessa sequenza evolutiva. La luminosità varia con un'ampiezza di 0.1 mag. in visuale in maniera apparentemente irregolare essendo queste variazioni causate dalla sovrapposizione di varie oscillazioni con periodi simili. Si sono osservati periodi da pochi giorni ad alcune settimane.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
B - A - O	<p style="text-align: center;">HD 168625</p>  <p style="text-align: center;"><i>Comportamento a lungo termine di Alpha Cigny HD 168625</i></p>	0.01	Da pochi gg ad ad alcune settimane

- **Beta Cep (Entrambe).** Le Beta Cephei sono stelle variabili pulsanti azzurre del tipo spettrale compreso tra B0 e B3 che si collocano a tre quarti della sequenza principale (magnitudine assoluta tra -3 e -5). Il periodo di variazione tipico di queste variabili si situa tra i 0.16 e 0.3 giorni presentando frequentemente vari periodi simultanei.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
B		da 0,1 a 0,2	da 0,1 a 0,3 gg

- **Delta scu (Entrambe).** Sono le pulsanti più numerose tra le stelle più luminose. Il meccanismo è fondamentalmente lo stesso delle Cefeidi per Cefeidi. Sono di tipo spettrale da A a F, hanno brevi periodi che vanno da 0,01 a 0,2 giorni e hanno ampiezze comprese tra 0,003 e 0,9 in Mag. Una particolarità è che molte di queste stelle sono multi periodico. FG Virginis, ad esempio, pulsa in 79 modalità diverse! Questo, insieme a le loro piccole ampiezze, rendono molto difficile determinare i loro periodi. I cambiamenti di periodo, però possono essere misurati e questo li rende una classe di oggetti interessanti da studiare.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
A o F		da 0,003 a 0,9	0,1 a 0,2 gg

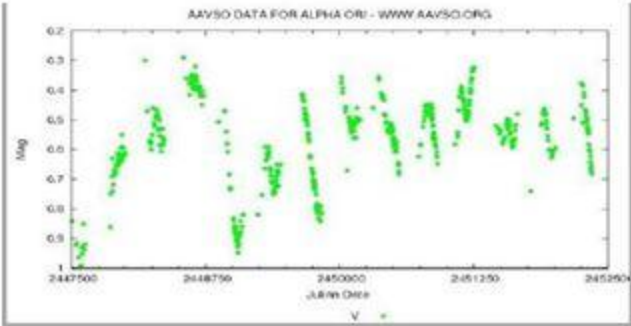
Variabili Intrinseche - Irregolari

Stelle che presentano irregolarità nella curva di luce dal punto di vista della periodicità. Queste sono di 3 tipologie.

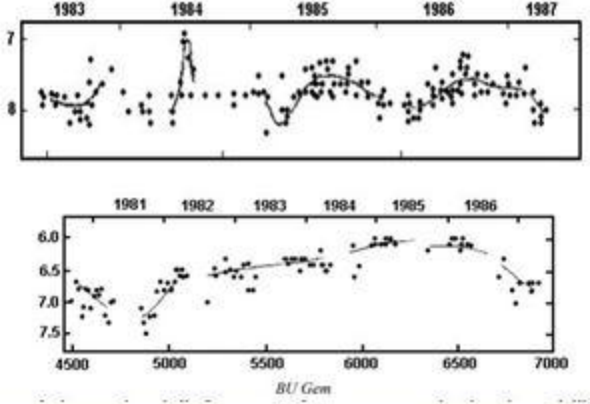
- **IN.** Anche dette anche variabili di Orione Sono variabili eruttive irregolari relazionate con nebulose oscure o diffuse o comunque collegate a queste regioni. Alcune di queste stelle possono mostrare variazioni cicliche dovute a una rotazione assiale. Nel grafico HR si collocano nella zona della Sequenza Principale e delle supergiganti. Si tratta probabilmente di oggetti giovani che nel corso della loro evoluzione si trasformeranno in stelle stabili della sequenza principale. Queste variazioni luminose possono raggiungere l'ampiezza di qualche magnitudine. Ha dei sottotipi come INA, INB, INT, IN(YY). La differenza è nello spettro e nella curva di luce.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
B-A-F-M	<p style="text-align: center;"><i>T Orionis</i></p> <p>Curva di luce del sottotipo INA</p>	Qualche magn	NP

- **IS (rapide)**. Sono variabili irregolari rapide, senza connessione apparente con nebulose diffuse, e mostrano una variazione di luminosità di 0.5 – 1 magnitudine nel giro di poche ore o giorni. Non esiste un limite restrittivo tra le variabili del tipo IN o irregolari del tipo IS sicchè se una variabile di quest'ultimo tipo viene individuata all'interno di una nebulosa diffusa viene classificata come tipo INS. Per attribuire a una variabile una classificazione del tipo IS si deve prestare molta attenzione al fine di non evidenziare nessuna periodicità. Ci sono due sottotipi ISA e ISB . Si differenziano per lo spettro, ISA ha spettro B-A, mentre ISB ha spettro F o M.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
B-A-F-M	 <p>AAVSO DATA FOR ALPHA ORI - WWW.AAVSO.ORG</p>	da 0,5 a 1	Ore o gg

- **L (lente).** Le stelle del tipo L sono variabili irregolari lente. Le loro variazioni di luce non mostrano nessuna periodicità o mostrano occasionalmente periodicità molto poco marcate. Questo tipo di variabili appaiono simili alle variabili sono poco studiate. Hanno due sottotipi LB ed LC, che si differenziano per il fatto che le LB sono Giganti, mentre le LC sono supergiganti.

Spettro	Curva di Luce	Var Magn	Periodo
K, M, C, S	 <p>The figure displays two light curves for the star BU Gem. The top graph plots magnitude (y-axis, 7 to 8) against time (x-axis, 1983 to 1987). The bottom graph plots magnitude (y-axis, 6.0 to 7.5) against temperature (x-axis, 4500 to 7000 K) for the years 1981 to 1986. Both graphs show irregular light variations characteristic of L-type stars.</p>		1 Molto tempo