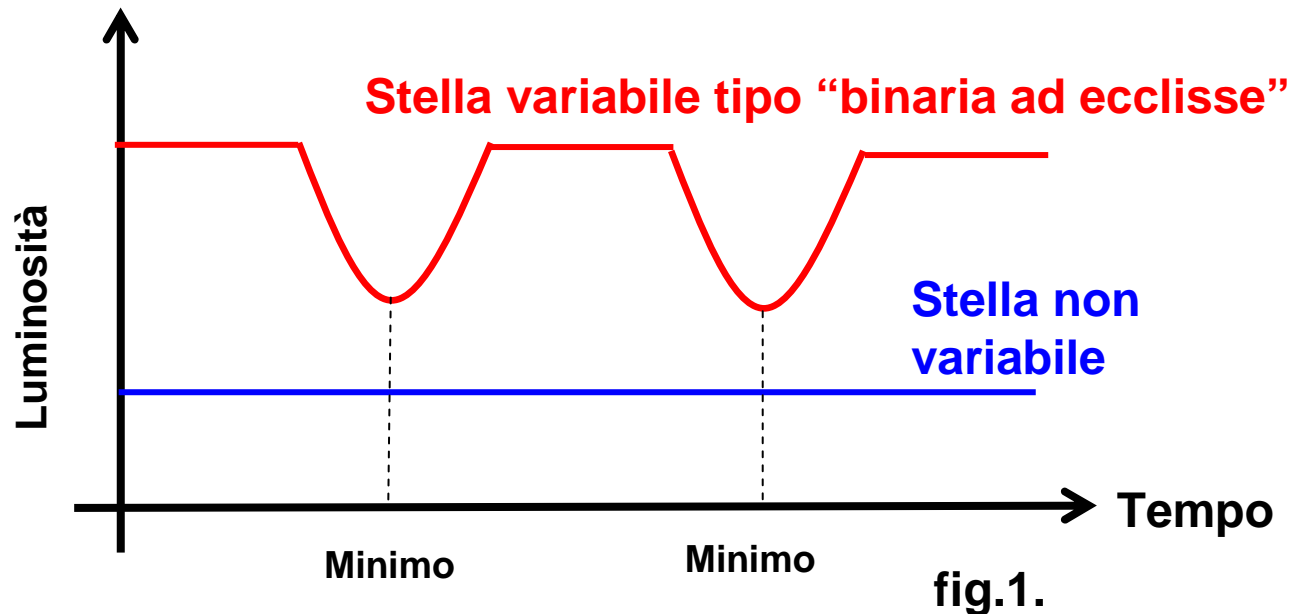


**Studio di stabilità per una curva di luce ottenuta con CCD SBIG ST10XME  
e software di elaborazione MaximDL**

**(A cura di Fabio Zara)**

## Introduzione

La fotometria stellare in genere riguarda lo studio di una stella che per cause intrinseche o estrinseche varia la sua luminosità, e ciò si traduce in una variazione di magnitudine apparente. L'andamento nel tempo della magnitudine della stella si chiama in gergo "curva di luce", che per stelle non variabili è una linea orizzontale, per stelle variabili può assumere un andamento ciclico (minimi e/o massimi). In fig.1 è rappresentato, come esempio, l'andamento per una binaria ad eclisse. Un metodo per tracciare le curve di luce è quello di utilizzare una camera CCD, connessa al telescopio, ed un software di acquisizione e elaborazione frames. Nel nostro caso si è utilizzato come telescopio un Vixen Visac 8" con CCD SBIG ST10XME ed software di elaborazione MaximDL, la stella variabile oggetto dello studio è AT PEG (binaria ad eclisse). Per semplicità di descrizione, d'ora in avanti faremo riferimento a variabili tipo eclisse, tuttavia le medesime considerazioni si potrebbero fare nel caso in cui ci fosse in studio una stella variabile di altro tipo.



## **Come si acquisisce la curva di luce.**

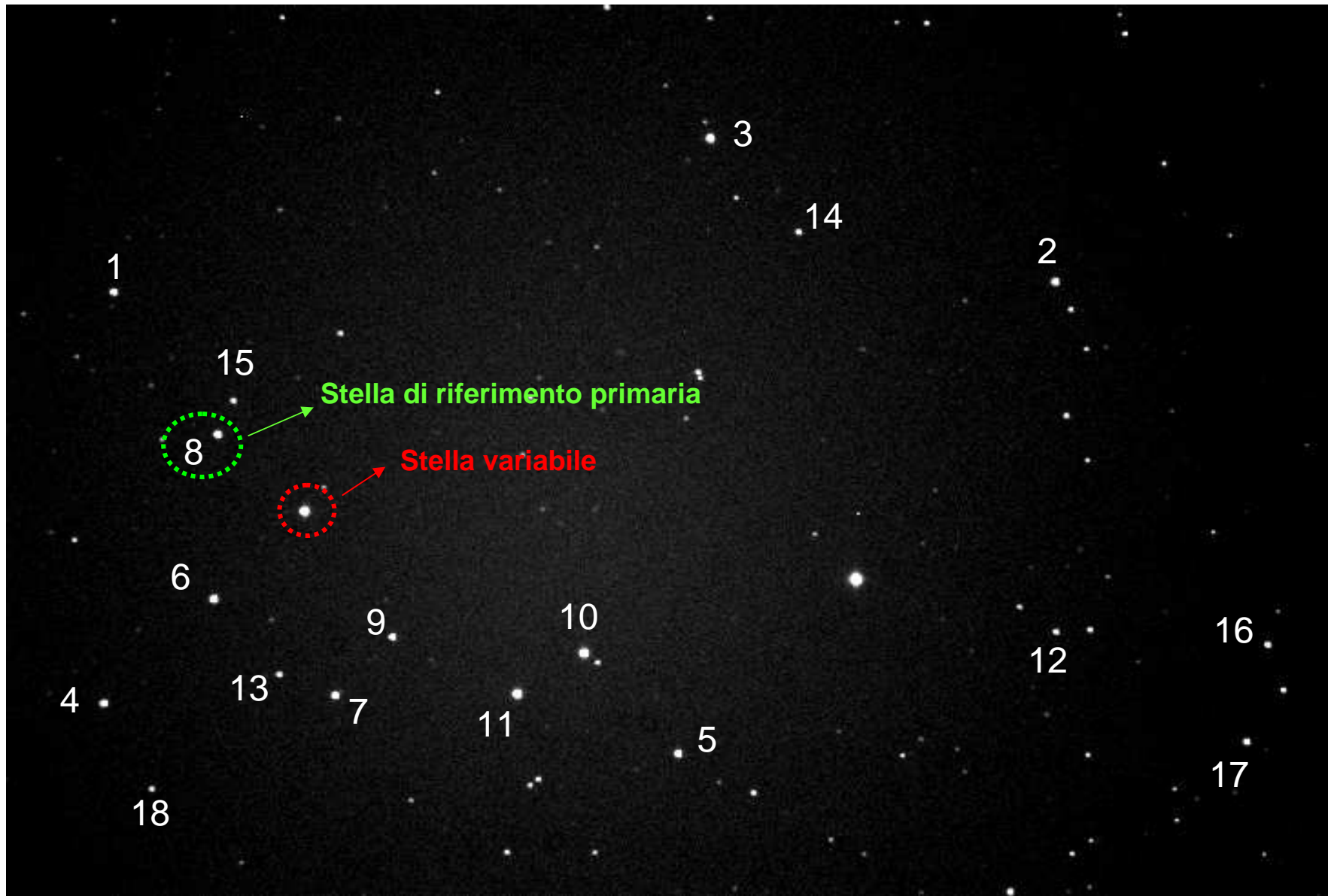
**Per quanto riguarda l'acquisizione pratica della curva di luce è sufficiente riprendere una sequenza più o meno lunga di frame nel tempo in funzione della durata del minimo se la variabile è una binaria a eclisse .**

**In fig.2 è rappresentato un frame campione in cui è evidenziata la stella variabile in esame (AT Peg) e una stella adottata come stella di confronto (stella 8) non variabile, che rappresenta il nostro riferimento standard rispetto alla quale valuteremo la variazione di luminosità della variabile.**

**Essendo qualsiasi misura sperimentale affetta da errore (variabilità delle condizioni di misura, sensibilità degli strumenti,...ecc..) è necessario studiare attentamente l'entità di questi errori di misura, ossia nel nostro caso dobbiamo assicurarci che il campo inquadrato dalla camera CCD sia il più possibile stabile e uniforme in luminosità. Stabile vuol dire ad esempio che un abbassamento di luminosità naturale per la stella 8 corrisponda ad un analogo calo di luminosità di tutte le altre stelle del campo (stelle da 1 a 18); uniforme vuol dire che il grado di luminosità del fondo-cielo sia uguale su tutto il campo.**

**Purtroppo queste sono condizioni ideali che difficilmente si raggiungono durante l'osservazione, ed ho ritenuto interessante valutare la bontà dei vari frames con un'adeguata analisi statistica.**

## Campo di vista inquadrato con camera CCD SBIGST10XME



**Fig.2** I numeri da 1 a 18 ( ad eccezione della stella 8) rappresentano le stelle di riferimento secondarie

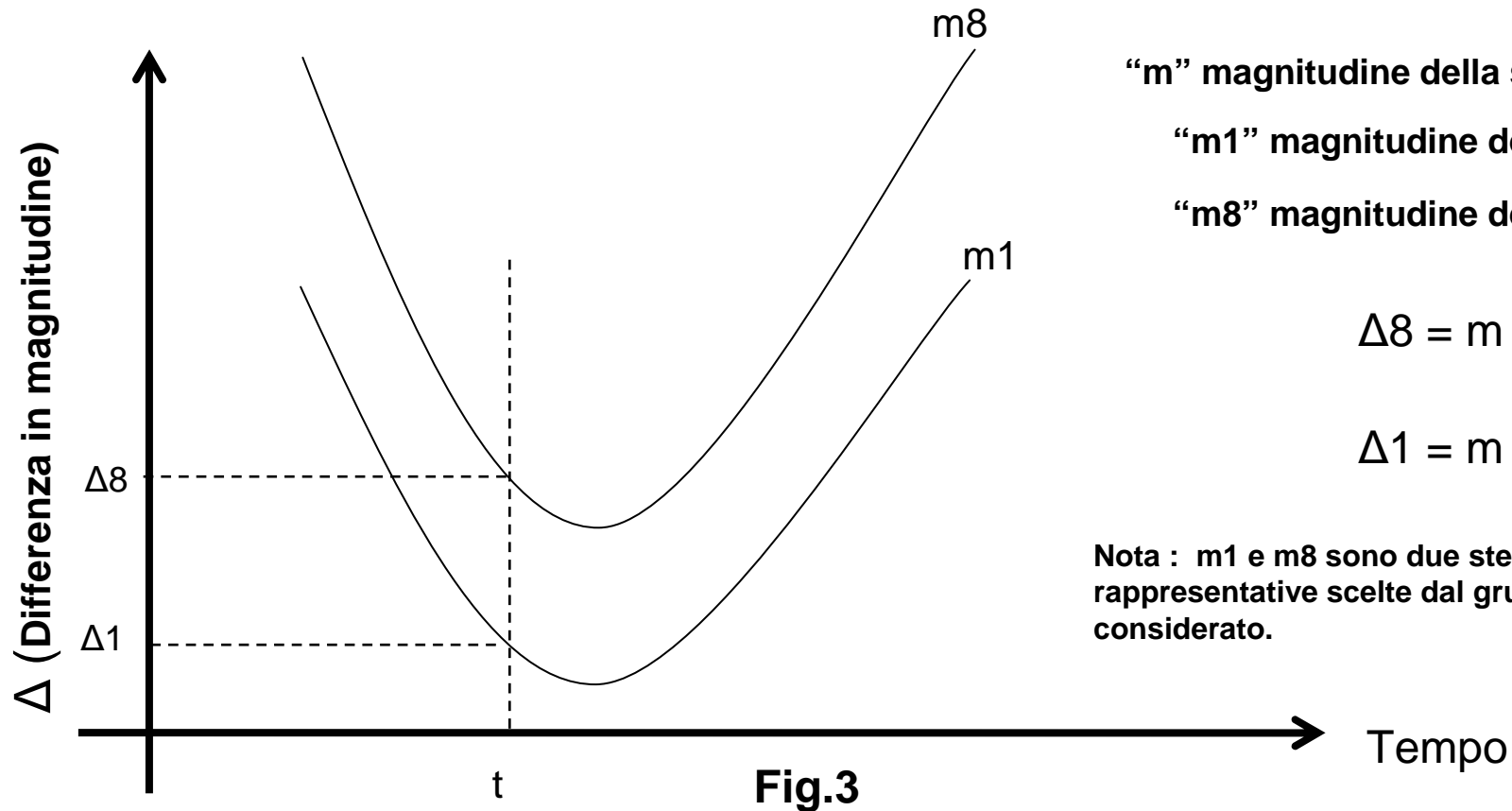
## **Analisi statistica delle fluttuazioni di luminosità**

**Come prima analisi è sufficiente prendere un campione abbastanza numeroso di stelle sparse su tutto il campo inquadrato, individuare una stella vicina alla nostra variabile (stella 8) e valutare la differenza di magnitudine nel tempo di tale stella di riferimento rispetto tutte le altre (nel nostro caso 17).**

**Il motivo di tale analisi si comprende facilmente con l'ausilio del grafico di fig.3, infatti se consideriamo due stelle, ad esempio la 8 e la 1, le curve di luce della variabile riferite a tali stelle saranno del tipo rappresentato in fig.3.**

**Ora se le due stelle di riferimento mantengono costante nel tempo la loro luminosità, allora le curve in fig.3 devono essere, istante dopo istante, parallele tra loro. Tale condizione si verifica poiché un calo di luminosità della stella variabile rispetto alla stella 8 deve corrispondere ad un analogo calo di luminosità rispetto la stella 1.**

**Si capisce quindi che, facendo riferimento ai calcoli di fig.3, la differenza in magnitudine tra le due stelle di riferimento ( $m_1 - m_8$ ) deve mantenersi costante durante tutto il tempo d'osservazione, in altre parole graficando  $m_1 - m_8$  in funzione del tempo si dovrebbe ottenere una retta.**



“m” magnitudine della stella variabile

“m1” magnitudine della stella “1”

“m8” magnitudine della stella “8”

$$\Delta 8 = m - m8$$

$$\Delta 1 = m - m1$$

Nota : m1 e m8 sono due stelle qualsiasi rappresentative scelte dal gruppo di stelle considerato.

Per avere una condizione di stabilità del capo inquadrato dal CCD deve

essere:



$$\Delta 8 - \Delta 1 = \text{costante nel tempo}$$

Ossia, considerando le espressioni per  $\Delta 1$  e  $\Delta 8$



$$m1 - m8 = \text{costante nel tempo}$$

Perciò, se si rappresenta la differenza “m1 – m8” in funzione del tempo si dovrebbe avere una linea orizzontale che indica la planarità del campo, quindi le linee orizzontali sono un indice della bontà del campo ripreso.

## Analisi statistica delle fluttuazioni di luminosità

La situazione descritta in fig.3 è però ideale, infatti in fig.4 sono state rappresentate le differenze  $m_x - m_8$  (con  $x = 1, 2, \dots, 18$ ), e si nota che esistono linee più uniformi (es. 8\_3) e linee molto disperse (es. 8\_18). Tale disuniformità è dovuta al fatto che non tutte le stelle mantengono una luminosità veramente costante nel tempo, ma alcune presentano un rumore maggiore rispetto alle altre.

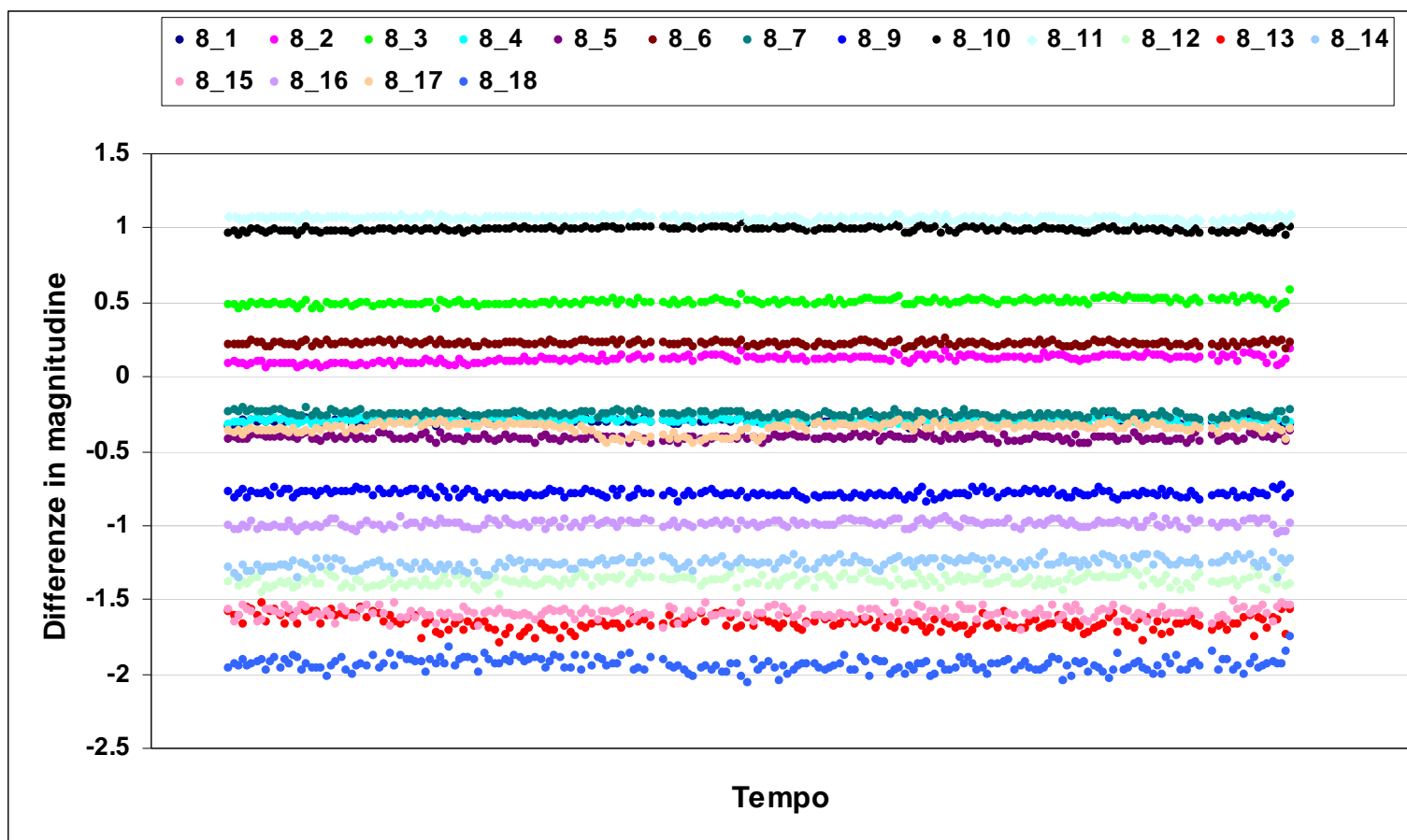


Fig.4

## Analisi statistica delle fluttuazioni di luminosità

La fig.4 rappresenta un primo indicatore della “qualità delle stelle” da scegliere come riferimenti per studiare la nostra stella variabile AT Peg. Infatti, maggiore è l’uniformità della retta in fig.4, migliore sarà l’affidabilità della curva di luce della nostra variabile.

Tuttavia, pur essendo le rette di fig.4 un buon indicatore qualitativo delle stelle di riferimento, non forniscono un criterio quantitativo di quale stelle effettivamente considerare come riferimento. Per avere un riferimento quantitativo in fig.5 si è rappresentata la deviazione standard dei valori di confronto di ogni stella con la stella 8, ossia la deviazione standard dei valori che in fig.4 erano rappresentati su una retta.

E’ possibile notare che alcune stelle presentano una dev.std minore rispetto le altre; bassi valori di dev. std rappresentano migliore stabilità della luminosità della stella. La linea nera tratteggiata rappresenta la soglia di accettanza, ossia tutte le stelle al di sotto di tale soglia sono da considerarsi buone candidate come stelle di confronto. La soglia di accettanza può essere stabilita in base alle proprie esigenze, nel caso di AT Peg si è presa la stella con il minimo valore di dev. Std (  $8_{11}=0.0122$  ) e poi si è considerata una variazione massima del 50% di questo valore( soglia=0.0183 ).

Tale procedimento non è vincolante, ossia è possibile scegliere una soglia più elevata per aumentare il campione statistico di stelle, oppure ridurre ulteriormente se si ha a disposizione già un congruo numero di stelle con bassa dev. Standard.

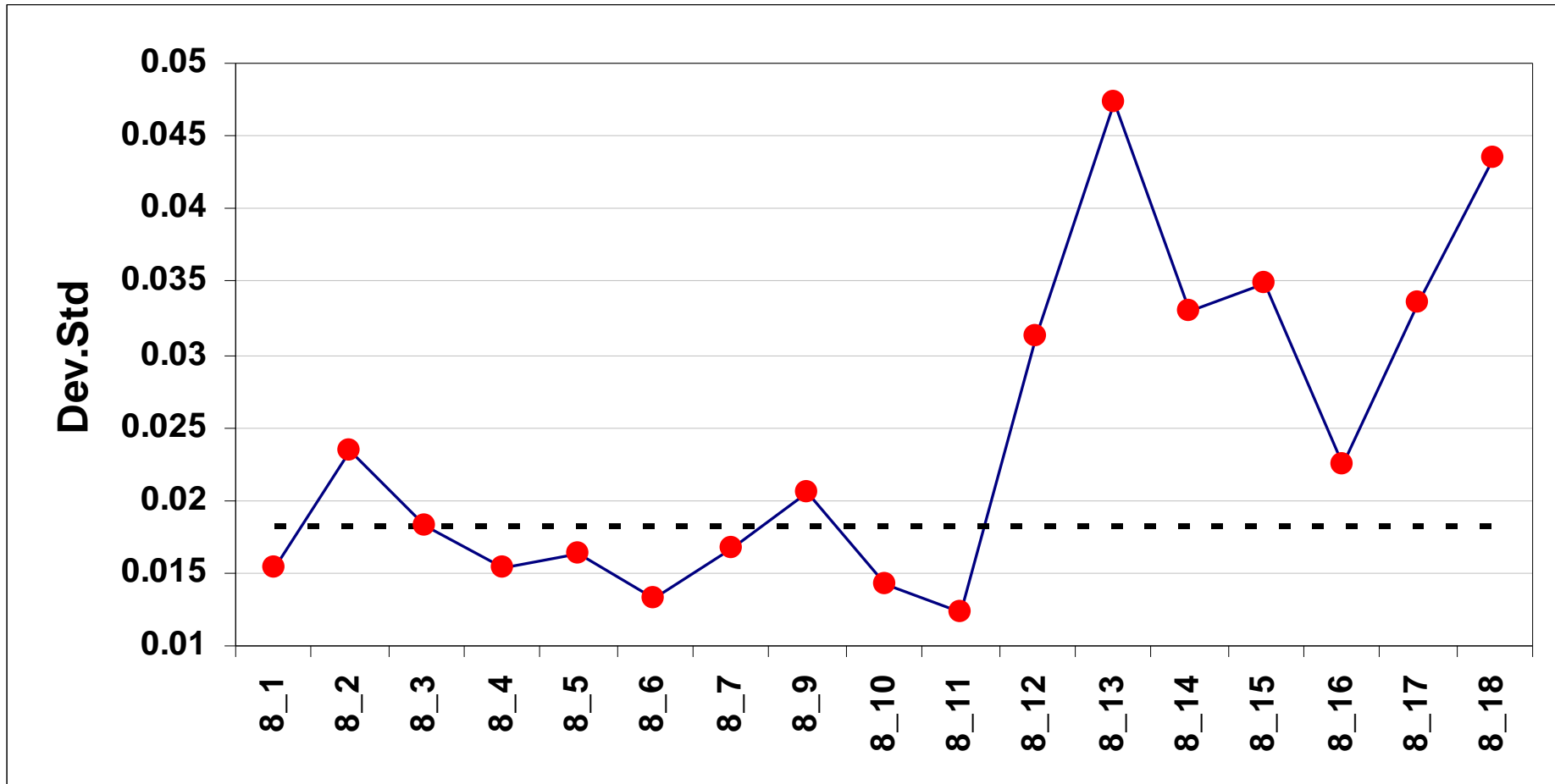


Fig.5

## Analisi statistica delle fluttuazioni di luminosità

Avendo un criterio quantitativo per stabilire come individuare le stelle migliori da usare come riferimento, possiamo procedere in due modi.

Si può scegliere la migliore stella di riferimento e tracciare la curva di luce rispetto ad essa, oppure effettuare una media su tutte le migliori stelle al di sotto della soglia di accettazione.

Il primo metodo è più veloce e offre una bassissima dispersione di valori ma i valori assoluti della luminosità possono avere piccole differenze da quelli reali. Il secondo metodo è un po' più laborioso ma permette sia una buona dispersione di valori sia una affidabilità migliore dei valori assoluti.

In fig.6 sono rappresentate le curve di luce riferite al **caso 1** (media su tutte le migliori stelle), al **caso 2** (stella con alta dispersione di valori), ed al **caso 3** riferito alla stella con la dev.std più bassa.

