

The dusty eclipses of Betelgeuse

C. Sigismondi¹, M. Karovska², L. Bordini³, W. Vollmann⁴, F. Mariuzza⁴,
P. Ochner⁵, C. Barbieri⁶, R. Ruffini⁷, A. Amorim⁴⁻⁸, R. Stubbings⁴

¹ ICRA/Sapienza University of Rome and ITIS G. Ferraris, Rome

² Harvard CFA Center for Astrophysics

³ Sapienza University of Rome and SIF Italian Physical Society

⁴ AAVSO, American Association of Variable Stars Observers

⁵ Asiago Astrophysical Observatory, and University of Padova

⁶ University of Padova

⁷ ICRANet, Pescara

⁸ NEOA-JBS, Brazil

submitted May 19th, 2020 and accepted June 17th, 2020

Abstract Betelgeuse, the semiregular variable star of type C has two main periods of 425 and 2100 days; its light curve form is not known, being well defined only the minima. The present May-June 2020 maximum at magnitude 0.4, follows the historical minimum at 1.45 of February 2020. The rapidity of descent and ascent with V-shape, was reproduced in all past cycles.

Many observations with airmass correction as AAVSO/SGQ-VOL individuated clearly all minima and no maximum, why? Minima are reliably eclipses by a dust cloud, which can enforce occasionally the luminosity when in “superior conjunction”. Maxima each 5.8 years reflect the main pulsation of the star or the interaction between alf Ori A and B.

Riassunto Betelgeuse è una stella variabile semiregolare di tipo C ed ha due periodi principali periodi di 425 e 2100 giorni circa; la sua curva di luce non è nota, essendo ben definiti solo i minimi. L'attuale massimo di Maggio-Giugno 2020 a magnitudine 0.4 segue lo storico minimo di Febbraio 2020 a 1.45. La rapidità della discesa e della risalita della curva di luce, con andamento a V, è riprodotta anche nei cicli passati.

Molte osservazioni con correzione per massa d'aria come quelle prodotte da Costantino Sigismondi con “targa” SGQ e Wolfgang Vollmann con “targa” VOL, individuano chiaramente tutti i minimi, ma nessun massimo. Perché? I minimi sono realisticamente delle eclissi prodotte da una nube di polvere, che può anche occasionalmente rinforzare la luminosità della curva di luce quando si trova in “congiunzione superiore” dietro la stella, ma in vista con noi. I massimi ogni 5.8 anni riflettono la pulsazione principale della stella., o l'interazione tra gli involucri atmosferici di alf Ori A e B

Keywords multiperiodicity, modulation, eclipses, Betelgeuse.



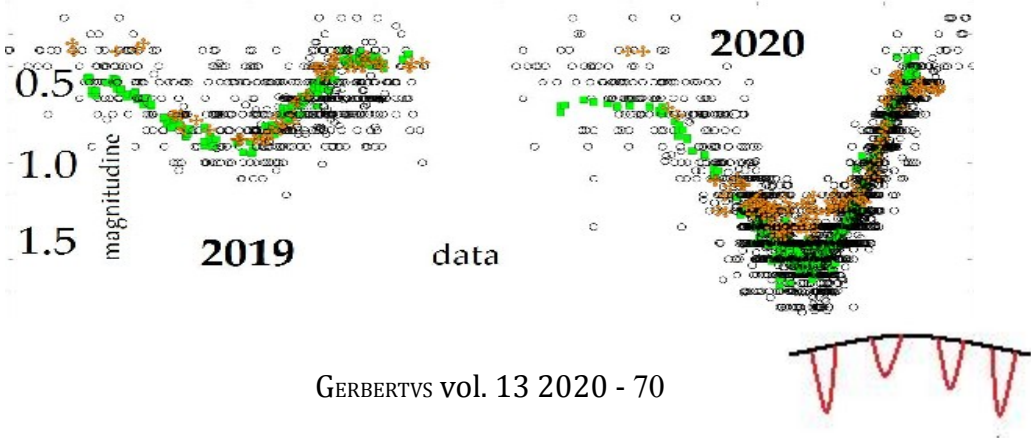
Introduzione: perché non si vedono massimi nella curva di luce di Betelgeuse?

Abbiamo già visto, nei articoli precedenti in questo stesso volume, la caratteristica principale della curva di luce della supergigante rossa di Orione. Ad uno sguardo d'insieme sfugge la definizione di una forma ben precisa. Anche nel sito relativo alle stelle variabili semiregolari di wikipedia (15 giugno 2020) è portata come figura di esempio proprio la curva di luce di Betelgeuse, dove appaiono delle V sparse che partono da altezze diverse, e rappresentano bene i minimi di luminosità di Betelgeuse, ma nessun massimo è chiaramente identificabile.

Inoltre capita che dopo una stagione di minimo come quella appena terminata, della durata di alcuni mesi (all'incirca da novembre 2019 a marzo 2020, 4 mesi pieni) la stella finisca nei raggi solari e nessuna informazione venga sul suo massimo di luminosità.

Normalmente la stagione di osservabilità di Betelgeuse per l'emisfero settentrionale, dove sono la maggior parte degli osservatori che fanno capo all'AAVSO, American Association of Variable Stars Observers, va da Agosto a Maggio, con i mesi di Giugno e Luglio in cui la stella resta invisibile per la congiunzione col Sole, e anche una buona metà di Maggio per la stessa ragione.

Quest'anno l'attenzione generale degli astronomi è stata catturata da Betelgeuse e abbiamo avuto osservazioni fino al 12 giugno, dall'incipiente inverno australe e sud-tropicale. Questi dati, più che quelli ottenuti al crepuscolo da Roma una settimana più avanti di quanto si era raggiunto nel 2018, ci permettono di affermare che il massimo di Betelgeuse per il 2020 si è attestato alla magnitudine $m_v=0.4$. Anche ammettendo 2 mesi all'anno di invisibilità della stella Betelgeuse, immersa nei raggi solari, i minimi che avvengono ogni 425 gg, cioè circa ogni anno e due mesi, dovrebbero far sì che se nel 2020 il massimo è stato raggiunto alla maggiore difficoltà per le osservazioni in maggio, nel precedente ciclo ciò deve essere capitato a marzo 2019, come risulta dal database AAVSO.



Il gap dovuto alla mancanza periodica di osservazioni non aiuta a cogliere questa proprietà della curva di luce. Negli anni precedenti però la stessa considerazione si ripropone. Riteniamo anche, che il motivo che i massimi non si vedano sia quello che la luminosità ordinaria di Betelgeuse, abbia una fluttuabilità su scala pluriennale di circa 6 anni, e viene perturbata ogni 1.2 anni dal passaggio di una macchia oscura, meglio identificabile con una nube di polvere. Questa, in congiunzione superiore, dietro la stella ma sempre in linea vista con noi, può rinforzarne la luminosità occasionalmente.

Lo stato di massimo di Betelgeuse

Si tratta di una lenta oscillazione di quasi 6 anni di periodicità, con la stella che cambia luminosità -mediamente- di ± 0.5 magnitudini in 2.9 anni, quasi 36 mesi.

Dunque nello spazio di massimo 9 mesi, che è il tempo massimo durante il quale la stella non è sottoposta all'eclissi da parte della nube di polvere, la variazione di luminosità può essere al massimo di 0.12 magnitudini, se l'oscillazione è proprio al massimo di velocità di variazione.

Questa lenta variazione di luminosità può sfuggire sia alle osservazioni ad occhio nudo sia a quelle strumentali, perché in 9 mesi, facilmente la stella si trova in periodi di visibilità troppo vicina all'orizzonte o con fondo cielo chiaro.

Il risultato è proprio il tipo di curva di luce con dei minimi a V fluttuanti qua e là, senza particolare regolarità.

Il lavoro di tesi di Dottorato di Margarita Karovska nel 1984 ha cercato proprio di mettere in luce questo aspetto, in linea con le ricerche di astronomia in alta risoluzione che venivano e vengono tutt'ora condotte all'Università e all'Osservatorio di Nizza.

Si voleva osservare i dettagli superficiali della fotosfera di Betelgeuse, cercando di anticiparne le caratteristiche dall'analisi della curva di luce.

I modelli geometrici riportati nell'articolo Sigismondi (2011) con cui è iniziata la campagna osservativa pluriennale di Betelgeuse da parte dell'autore con la sigla SGQ assegnata dall'AAVSO, mostrano un'idea di ciò che sin dagli anni '80 si pensava di osservare ai *laboratoires* di Nizza. Anche Sigismondi, proprio nel 2007-2011 ha lavorato a Nizza per il dottorato in *Sciences de l'Univers*, e può confermare per esperienza diretta l'orientamento di questa scuola prestigiosa, sotto la guida di Jean Arnaud nel campo della fisica e dell'osservazione solare ad alta risoluzione. Oggi il VLT dell'ESO ha permesso queste osservazioni, anche se non ancora al livello necessario per vedere letteralmente i dettagli previsti dalla teoria.



Betelgeuse in alta risoluzione: non ancora vediamo i dettagli della teoria

Safonov et al. (2020, fig. 5) hanno confermato quanto Levesque e Massey (2020) hanno indicato per Betelgeuse: il suo spettro non è sostanzialmente cambiato durante il minimo, e negli ultimi 16 anni, e quindi la variazione di temperatura non spiega quella di luminosità, come Guinan et al. (2019-2020) inizialmente lasciavano intendere. Entrambi gli articoli, come questo, propendono per la polvere. Safonov et al. (2020) mostrano anche che la risalita di Betelgeuse al massimo è stata più rapida della discesa, evidente anche in figura 1, indicando la progressiva rarefazione della nube di polvere sulla linea di vista, come meccanismo di riduzione dell'assorbimento. Nell'infrarosso hanno osservato la stella a fine aprile e contano di osservarla anche in pieno giorno. La tecnica *speckle* sviluppata da loro su un telescopio di 2.5 metri sul Caucaso ha mostrato che la stella ha ripreso luminosità proprio da Sud dov'era oscurata.

Conclusioni:

Se non è cambiata la temperatura è stata la polvere espulsa dalla stessa stella proprio verso di noi a determinare l'oscuramento di quest'anno: noi lo abbiamo dedotto dallo studio della curva di luce visuale, come fece M.Karovska 36 anni fa.

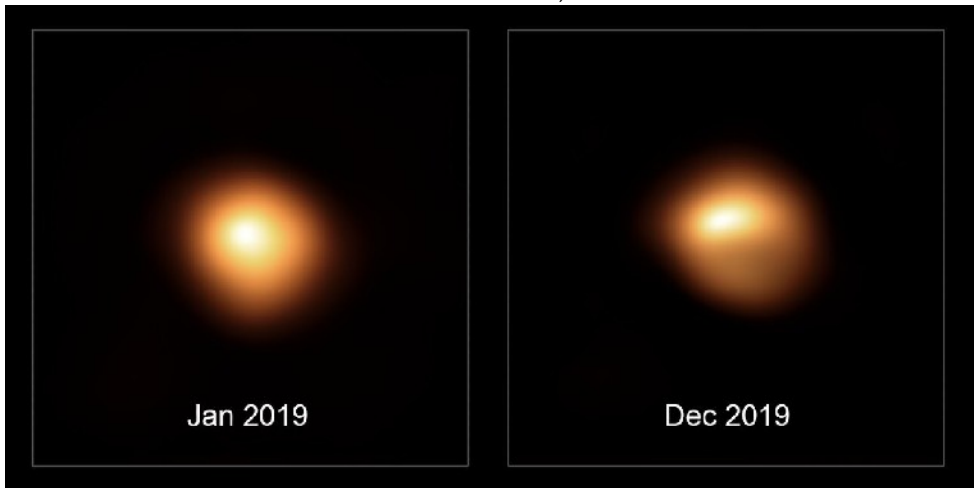


Fig. 2 Immagine ESO/SPHERE di Betelgeuse ad alta risoluzione (Montarges et al.)

Referenze

- E. O' Gorman, et al. , arXiv:1706.06021 (2017)
M. Montarges, et al. <https://www.eso.org/public/italy/news/eso2003/> (2020)
E. M. Levesque, P. Massey, *Astrophys. J. Letters* **891**; 37 (2020)
B. S. Safonov, et al. arxiv2005.05215 (2020) M. Karovska, *Lect. Not. Phys* **274**,260 (1987)

