

Betelgeuse at the end of 2019: an historical minimum about to end

Costantino Sigismondi (ICRA/Sapienza, IIS Caffè, Rome, AAVSO)

submitted and accepted December 29, 2019

Abstract The semi-regular variable star Betelgeuse is undergoing an historical minimum of its brightness. An 8 year series of visual and V-band CCD observations started at the end of 2011 is presented and discussed. Visual methods for comparing magnitudes of angularly distant stars, and performing a differential photometry, needed for such a bright star, are also presented.

Riassunto Il 5 dicembre del 2019 avevo pubblicato nel database di AAVSO dalla postazione dell'Università Regina Apostolorum insieme al segretario, una delle poche osservazioni possibili di Betelgeuse durante l'autunno del 2019, particolarmente piovoso e nuvoloso a Roma. La stella era scesa sotto 1.1 di magnitudine visuale. Subito dopo l'8 dicembre Edward Guinan con un telegramma alla comunità degli astronomi (ATel), annunciava la diminuzione record della luminosità di Betelgeuse, rispetto agli ultimi 100 anni, basandosi su osservazioni analoghe. A ottobre 2019 la stella era a 0.30 il 2 e il 13, 0.65 il 31 e 0.70 il 7 novembre, poi nuvoloso fino al 4 dicembre con la stella a 1.10. L'intento di questo articolo, pubblicato su arxiv il 1 gennaio 2020, e sottomesso il 29 dicembre precedente, era quello di mostrare alla comunità internazionale le osservazioni visuali condotte da me per otto anni, e in parallelo quelle in banda V di Wolfgang Vollmann distribuite sullo stesso periodo di tempo. Lasciando, con cavalleria, il campo degli ATel a Guinan, che studia da 40 anni Betelgeuse. Successivamente, Guinan ha continuato ad aggiornare la comunità degli astronomi con altri ATel, e con un articolo a molte firme, su *Astronomical Journal*, ma le molte firme, insieme con le leggi del mercato delle notizie, hanno fatto sì che un giusto velo di mistero sui dati in arrivo dalla stella lasciato dai ricercatori, che pur erano a conoscenza della natura variabile di Betelgeuse, fornisse la sponda ad un battage pubblicitario sull'imminente esplosione di Betelgeuse come Supernova e come emettitrice di onde gravitazionali, cose che fisicamente non sono collegabili ad una diminuzione di luminosità in 3 mesi di tempo, ma al più in 30 minuti come spiega la teoria del collasso gravitazionale. Questa situazione mi ha spinto ad entrare in campo con questo articolo e poi con un ATel il 31 marzo, quando ormai l'interesse verso la *mancata supernova* era svanito dai media, per mostrare invece che la stella stava recuperando altrettanto rapidamente la sua luminosità originale, notizia che pure gli astronomi potevano ricavare dal database AAVSO a cui ho continuato a contribuire, ma che diventava sempre più difficile misurare con strumenti professionali visto che la stella si avvicinava sempre più all'orizzonte e al Sole. **About to end** relativamente al minimo di luminosità è stato scritto nel titolo a fine dicembre 2019



proprio per sottolineare che **la stella è variabile e dopo un minimo ritorna al massimo**. La natura di variabile semiregolare con cui la stella è classificata lascia intendere, al profano, che non si conosca bene il suo andamento, che ci sia una sorta di imprevedibilità. Tuttavia se a fine dicembre 2019 la stella era ad una luminosità tra 1.25 e 1.31 mai registrata prima (due secoli sono ben poca cosa per una stella) il tempo del minimo era facilmente prevedibile sulla base della periodicità precedente: entro febbraio 2020, cosa che ho scritto in questo articolo. Si può fare scienza anche con dati presi ad occhio nudo, ma interpretati *cum grano salis*, questa è l'idea che viene fuori da questo articolo e da tutto il volume. L'algoritmo per il trattamento dei dati visuali che porta alla precisione di 0.01 magnitudini rinforza questa idea, perché una stella può essere confrontata con le altre in varie configurazioni geometriche a diverse altezze sull'orizzonte durante la notte, ognuna di queste determinazioni è indipendente dall'altra e un sistema tra loro porta ad una nuvola di dati attorno al valore più probabile con dispersioni di 0.01 magnitudini. Sulla scorta di queste osservazioni visuali e di osservazioni digitali condotte con la stessa cura (airmass correction) ho potuto entrare nel discorso della comunità scientifica internazionale per dire la mia. Sul piano didattico ho cercato di coinvolgere il maggior numero di studenti possibile sia a scuola, che all'Università, sia per renderli partecipi di un evento raro e *coram populo* come la diminuzione di luminosità della stella Alfa di Orione di un'intera magnitudine, sia per mostrare loro come gli strumenti di analisi dati più elementari che si apprendono nel laboratorio di fisica restano validi a tutti gli effetti anche con dati astrofisici, che oltre a provenire da database possono essere ottenuti anche personalmente. Questo articolo ha sostanzialmente il programma del meeting del 17 gennaio 2020 all'ICRANet di Pescara con ospiti da tutto il Mondo, infatti il feedback che ho ricevuto dalla pubblicazione su *arxiv* mi ha permesso di creare il programma di questo convegno con personalità a livello internazionale come Margarita Karovska della Harvard Center for Astrophysics che mi aveva scritto per commentare l'articolo su *arxiv*; Paolo Ochner, Cesare Barbieri e Massimo Turatto dell'Università di Padova e Osservatorio di Asiago, a cui ho anche chiesto spettri della luce di Betelgeuse durante il minimo; Stella Kafka direttrice dell'AAVSO. Questo volume è interamente dedicato a Betelgeuse, come proceedings di questo convegno, a coronamento di 8 anni di osservazioni dedicate.

Introduction

The star named Betelgeuse, the alpha of Orion, is a semi-regular variable star, supergiant. Its variability was presumably known since the antiquity (Wilk, 1999), but Sir John Herschel is the first to point out its variability in modern time (1840). Allen (1899) reports that in 1852 it began the brightest star of the Northern hemisphere. Helen L. Thomas (1948), conversely, affirmed that stellar variability was not a concern of antiquity.



A survey of nearly 600 visual observations of Betelgeuse was started on December 2011 by the author as SGQ AAVSO observer, and it has been paralleled by Wolfgang Vollman, VOL AAVSO contributor, from Austria, with V-band DSLR CCD differential photometry, with an uncertainty around 6 millimag (4-15 the range).

In this figure, obtained by the AAVSO database, the orange crosses are SGQ data, and the green square the V-band VOL data on Betelgeuse from 26/12/2011 to 28/12/2019.

The agreement between SGQ visual data and VOL V-band digital data is generally very good, especially in the years 2013-2016 and 2019. Some departures appear in the beginning of the seasons of observability 2017, 2018 and 2019, when the star is low East in early morning in September 2016, August 2017, September 2018. Conversely good visual observations have been made low West in May 2018 and December 2019.

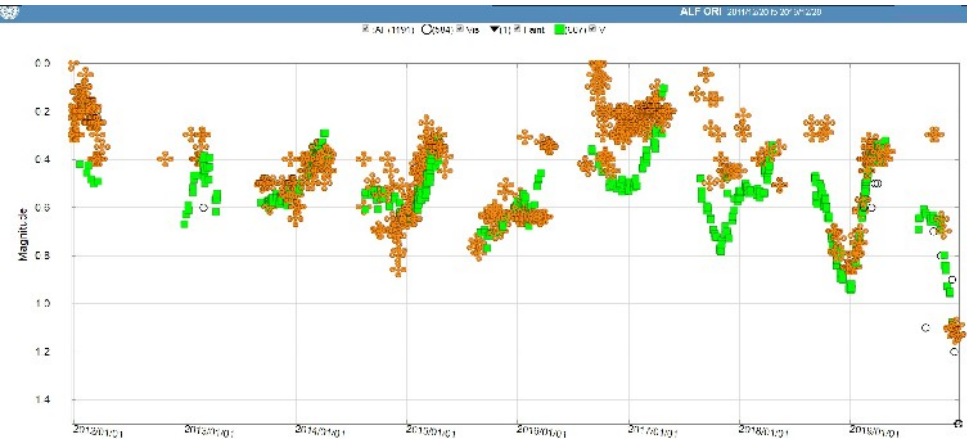


Fig. 1 This plot extended over 8 whole years is visible the sequence of minima around 1.2 years, especially the three last ones.

The present minimum, according to the previous measurements is about to end. This shorter period is consistent with the 425 days one mentioned by Guinan et al. (Atel 13365, 2019) or the 423 days reported in the



International Variable Star Index [VSX](#) .

For the other period of 5.9 years our database is not long enough to show its evidence strongly, but other wider analyses (Karovska, 1987) are statistically enough strong to show *five statistically significant peaks in the frequency spectrum at 1.05 years, 5.7 years, 6.5 years, 8.8 years, and 20.5 years, indicating multiple periods* (quoted by S. R. Wilk, 1999).

The previous extremal values reported by Janet Mattei (1999) of 0.4 and 1.3 magnitude, have to be changed to at least 0.1 (8 to 25 april 2017) to 1.3 (end of December 2019).

Observing Betelgeuse

To encourage the observations of Betelgeuse I have developed a colored quadrant to perform height measurements, in order to get the airmass through which the star and its comparison stars are observed, and the corresponding dimming in magnitudes. For Rome I used the relationship magnitude-airmass obtained with the Sun at different altitudes of 0.236 magnitudes/airmass. The quadrant is in the following figure: at the convergence of the lines a plumb is suspended; the sighting line is the right vertical one from bottom to up.

A web application like stellarium web (set for the observer's location) can be used to evaluate the altitudes at the moment of the observations.

Purkinje effect

The human eye in scotopic vision (during the night) is more sensitive to the blue end of the spectrum with respect to the red one. This can be important dealing with red stars, even if Betelgeuse is a very brilliant one. For Betelgeuse and for my 50 years-old eyes, I do not consider induced variations of magnitude, excepted the aforementioned effects at the beginning of the last observational years with the star low East before dusk.

Electronic worksheet for compute the real magnitude



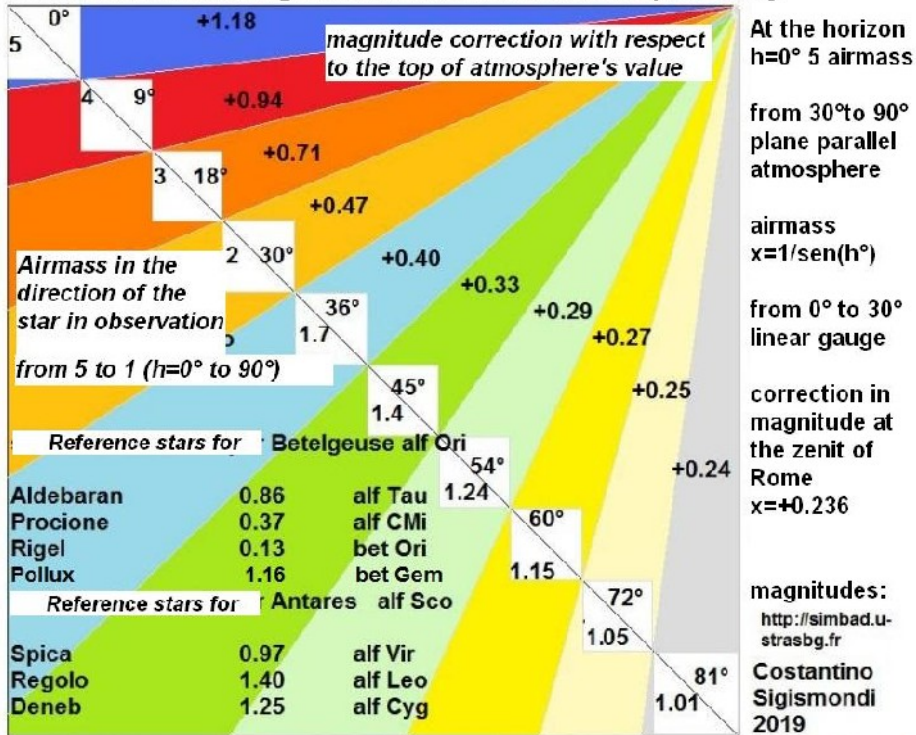
It is convenient to set up a worksheet to computed the real magnitude after the perceived one and the comparison star data.

The order of the columns can be the following, with the entries' example of 23 december 2019.

date	time UTC	bet Gem h[°]	air mass	+delta mag	perc eived	alf Ori h[°]	air mass	+delta mag	perc eived	real	notes
23-dic	23:58	65	1,103	0,260	1,42	55	1,22	0,287	1,420	1,13	Argentina

The airmass is calculated with the cosecant law $1/\sin(h^\circ)$. The magnitude per airmass is 0.236 for Rome 65 m above sea level. The perceived magnitude of the reference star is the SIMBAD value + delta mag=airmass $\times$ 0.236. The perceived magnitude of Betelgeuse is the one obtained by the various comparisons and the Argelander's method. The real magnitude is the perceived, minus the delta mag for Betelgeuse's altitude.

Graduated Quadrant for magnitude correction for differential photometry



Theories come and go, a good observation stands forever

[Harlow Shapley]

Conclusions

The opportunity given by this prominent minimum of Betelgeuse occurred in December 2019 to consider the stellar variability to the large public, can be exploited by showing how to perform accurate observations of its photometry, with the unaided eye, up to a few hundredths of magnitude of precision. If the comparisons stars are two, the estimated magnitude of Betelgeuse will be the average of the two estimates, and their semi-difference is a direct estimate of the accuracy of our visual measurement. According to one of the periodicities of Betelgeuse of 1.2 years, we can expect this deep minimum ending, at maximum in February 2020.

References

- C. Sigismondi, W. Vollmann, et al., *Stars scintillation and sky transparency in Rome from the observations of Angelo Secchi and AAVSO -SGQ and VOL data on alf Ori* , Marcel Grossmann Meeting XV (2018) online abstract
- E. S. Guinan, et al. ATel 13341 (2019)
- E. S. Guinan, et al, ATel 13365 (2019)
- Karovska, M. 1987, "Stellar Pulsation; Proceedings of the Conference held as a Memorial to John P. Cox", at the Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, Aug. 11-15, 1986. Lecture Notes in Physics, Vol. 274, edited by A. N. Cox, W. M. Sparks, and S. G. Starrfield. Springer-Verlag, Berlin, 1987., p.260
- S. R. Wilk, *FURTHER MYTHOLOGICAL EVIDENCE FOR ANCIENT KNOWLEDGE OF VARIABLE STARS* , JAAVSO Volume 27, p. 171-174 (1999) 3
- VSX: Details for alf Ori <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=24710>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Purkinje_effect
- C. Sigismondi, *The partial asteroidal occultation of Betelgeuse on Jan 2, 2012* <https://arxiv.org/abs/1112.6398> (2011)

