

Antichissime osservazioni astronomiche di Betelgeuse: variabilità stellare nel mito di Orione

Ancient astronomical observations of Betelgeuse: stellar variability in the Orion myth

SIGISMONDI COSTANTINO

RIASSUNTO - Betelgeuse è una stella supergigante rossa, l'alfa di Orione pur essendo seconda, in luminosità, a Rigel. Questa classificazione risale a Johannes Bayer (1603) mentre in Tolomeo (150 AD) l'ordine è quello che osserviamo oggi.

Gli antichi greci avevano sviluppato un mito sulla spalla dolente del gigante Orione, per presentare la variabilità di questa stella, riscoperta solo da John Herschel nel 1840.

Dati osservativi della fotometria di Betelgeuse sono visuali per la maggior parte del tempo e abbastanza continui nell'ultimo secolo (database AAVSO a cui l'autore contribuisce dal 2011).

Il profondo minimo dell'inverno 2019-2020 è stato osservato e discusso largamente dalla comunità scientifica: la grossa diminuzione di luminosità sembra prodotta da polveri espulse dalla stella nella linea di vista con noi, oppure da un raffreddamento locale della fotosfera sincronizzato con i due periodi pulsazionali principali di 1.2 e 5.8 anni. L'andamento del prossimo minimo pulsazionale previsto per aprile 2021 potrà chiarire quale delle due ipotesi è più plausibile.

PAROLE CHIAVE: Alfa Orionis, Betelgeuse, Variabilità Stellare, Fotometria

ABSTRACT - Betelgeuse is a red supergiant semi-regular variable star. It is classified as alpha Orionis, even being second to Rigel in average luminosity (0.45 mag.). Rarely Betelgeuse overcomes Rigel (0.13 mag.)

Ptolemy catalogued Betelgeuse as 1- mag, while Rigel was correctly one of the brightest stars of the sky, of mag. 1. Why Johannes Bayer in 1603 put Betelgeuse brighter than Rigel? Purkinje effect or real stellar outburst? In ancient Greece there was the myth of Orion's painful shoulder, to account for its variability, re-discovered by sir John Herschel in 1840. In the

last century the majority of the data are visual and the author contributes to AAVSO's Ori database since 2011.

The deep minimum of winter 2019-2020 has been widely observed and studied: or a dust cloud ejected from the star along our line of sight, or a local photospheric cooling synchronized with both main pulsational periods of 1.2 and 5.8 years can explain such dimming of about 1 magnitude. The next pulsational minimum expected for April 2021 can offer the possibility to validate one of the two hypotheses.

KEY WORDS: Alpha Orionis, Betelgeuse, Stellar Variability, Photometry

1. - INTRODUZIONE

Osservo le stelle variabili dal 1997, e per l'AAVSO (American Association of Variable Stars Observers) sono un osservatore "seasoned". Traducendo liberamente sono esperto, ma anche "speziato" da esperienze varie, oppure i miei occhi che hanno oltre mezzo secolo sono ben stagionati... ossia invecchiati e cominciano a sperimentare qualche effetto dovuto all'età.

L'effetto Purkinje relativo alla sensibilità dell'occhio nella parte rossa dello spettro visibile, con luminosità crepuscolari, è soggetto anch'esso ad una variazione con l'età. Si raccomanda di non fissare una stella rossa durante le stime visuali (do not stare

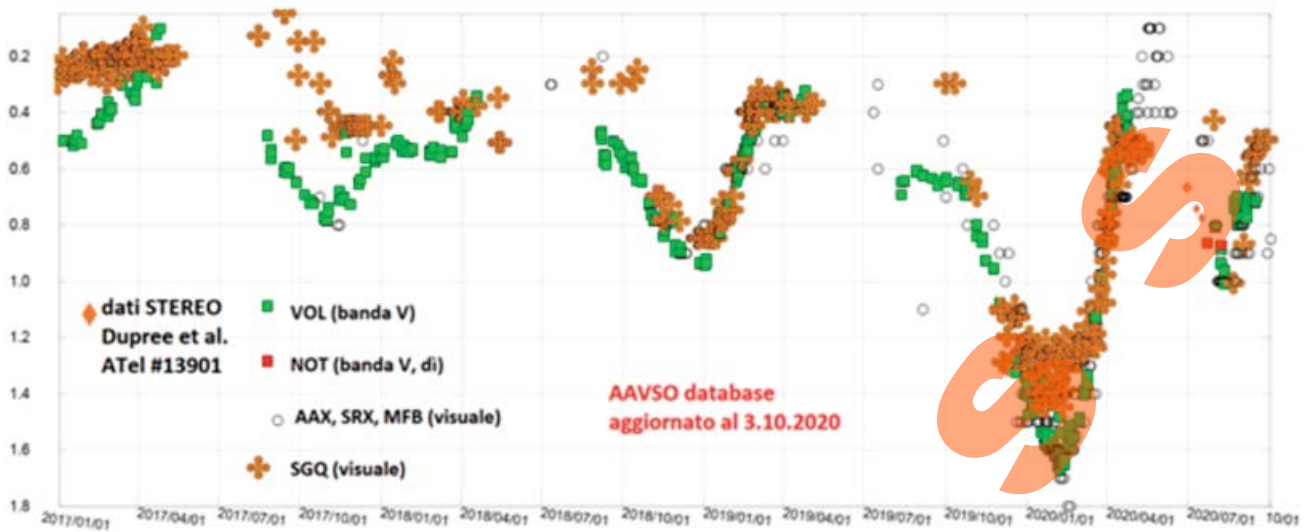


Fig. 1 - Curva di luce di Betelgeuse tra il 2017 e il 2020.
 - *Light Curve of Betelgeuse between 2017 and 2020.*

at it) confrontate con altre stelle di differente colore, altrimenti la rossa viene sovrastimata.

L'esperienza della laboriosità perché ogni osservazione sia valida e utile al mondo scientifico, e la "scoperta" di delta Scorpri da Rio, mi spinse nel 2011 a iniziare lo studio delle variabili da occhio nudo (delta Scorpri, Antares, Betelgeuse), che è un campo

di ricerca relativamente sempre a disposizione, anche sotto cieli inquinati come quelli metropolitani.

Fu sempre necessaria la riduzione per l'estinzione atmosferica, e pian pianino ho conosciuto altri eccellenti "seasoned observers", con i quali mi confronto.

In particolare con loro (dati in verde in banda V di Wolfgang Vollmann, Vienna dati in arancio i miei,

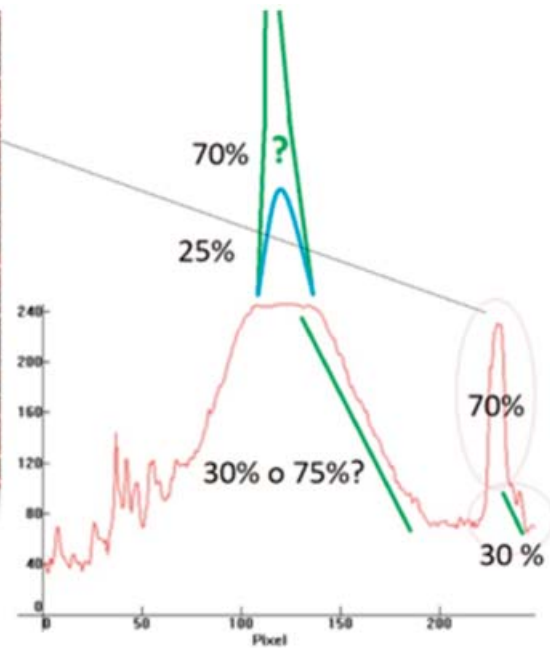


Fig. 2 - La Supernova 1987 A nella Grande Nube di Magellano (galassia satellite della nostra) prima e dopo l'esplosione. Istogramma di luminosità a destra.
 - *Supernova 1987 A in the Great Magellanic Cloud (satellite galaxy of the Milky Way) before and after the explosion. Luminosity histogram on the left.*

gli altri sono di Alexandre Amorim, Rod Stubbings e Fabio Mariuzza) abbiamo seguito le fasi dei due minimi di Betelgeuse del 2020.

La stella alfa di Orione è una supergigante rossa, classificata di “quasi prima” grandezza (1-) da Tolomeo nel 150 d. C. ha una magnitudine media di +0.45, è variabile semi-regolare C con periodi principali di 1.2 e 5.8 anni; e tra dicembre 2019 e gennaio 2021 ha subito due minimi distinti.

Betelgeuse è da sempre una variabile per l'occhio nudo: gli strumenti più sensibili devono essere diaframmati (si limita l'ingresso della luce ad una parte dell'obiettivo) per farne lo spettro; e verrebbero saturati immediatamente da una Supernova galattica!

FOTO di SN1987 A esplosa nella Grande Nube di Magellano il 23 febbraio 1987, la foto è satura (pixel bianchi senza possibilità di conoscere la distribuzione della luminosità al loro interno) perché lo strumento è progettato per raccogliere informazioni con luminosità molto inferiori. Il picco gaussiano di ogni stella, in proporzione, ci permette di stimare la luminosità della Supernova, avendo perso in saturazione circa il 70% dei fotoni.

2. - STELLE VARIABILI IRREGOLARI VS SEMIREGOLARI

Piuttosto che cogliere l'occasione di mostrare come normalmente le stelle variabili si comportano, la notizia è stata deformata creando un'attesa sulla presunta esplosione imminente di Betelgeuse.

Quando esplose una Supernova di tipo II (come sarebbe Betelgeuse), il nucleo collaserebbe in un tempo di free fall pari a circa 20-30 minuti... non in tre mesi. Quindi da un punto di vista osservativo non esistono avvisaglie, come non lo è stato neppure per la stella progenitrice di SN1987A, la Sk (catalogo Sanduleak) -69° 202. (WILKINSON, 2010)

Prima della ripresa delle osservazioni da Terra dopo la pausa estiva (in cui Betelgeuse è in congiunzione col Sole ed è inosservabile), ben quattro agenzie di stampa americane diverse hanno diffuso notizie sullo studio di Dupree, et al. (pubblicato l'11 agosto, arxiv).

Hanno usato il satellite Secchi/Stereo per misurare Betelgeuse vicino al Sole (da Terra) (ATel #13901). I loro dati sono compatibili con le nostre osservazioni da Terra (inclusi da Australia SRX Rod Stubbings, e Brasile AAX, Alexandre Amorim fino al 12 giugno e dal 15 luglio!). Otmar Nickel ha osservato in banda V di giorno Betelgeuse di nuovo verso il minimo a luglio 2020.

Ora l'attenzione è giustamente tornata sulla scienza e in particolare sulla polvere attorno alla stella come responsabile dell'affievolirsi quando è sulla linea di vista. Riusciamo a vedere ad occhio nudo il “meteo” su un'altra stella!

Betelgeuse osservata col Very Large Telescope (Cile, Osservatorio Europeo Australe) a gennaio e a dicembre 2019 quando era al minimo.

HARPER *et alii* (2020) su arxiv2011.05982 prospettano anche l'ipotesi di raffreddamento locale di 250 gradi rispetto ai 3650 K di media, di una grande porzione della fotosfera della stella, ipotesi basata sull'interpretazione di 5 anni di spettri di Betelgeuse, porta allo stesso risultato di indebolimento della stella localizzato nel suo emisfero Sud. Secondo questa ipotesi invece che nubi espulse dalla stella si tratterebbe di pulsazioni globali della stella o grossi moti convettivi, che però se spiegano la coincidenza del grande minimo di febbraio 2020 con i due periodi pulsazionali di 1.2 e 5.8 anni entrambi in fase, non spiegano il minimo secondario dell'estate 2020.

Betelgeuse la seguiamo visualmente (SGQ 2011, VOL 1978, AAX 2010, SRX 2019) da molto tempo, e queste diminuzioni non sono uniche (AAVSO database). Oltre al periodo modulante di 5.8 anni si sono osservate diminuzioni sotto la magnitudine vi-

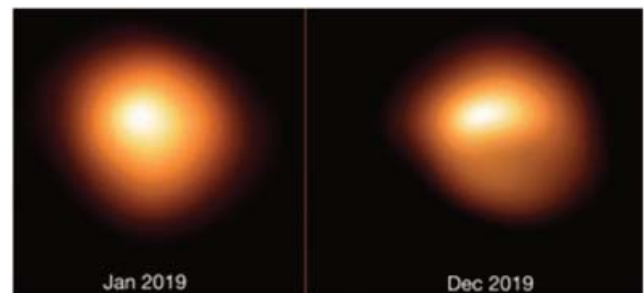


Fig. 3 - Betelgeuse al Very Large Telescope (ESO/Cile) nel 2019.
- Betelgeuse at VLT Very Large Telescope (ESO/Chile) 2019.

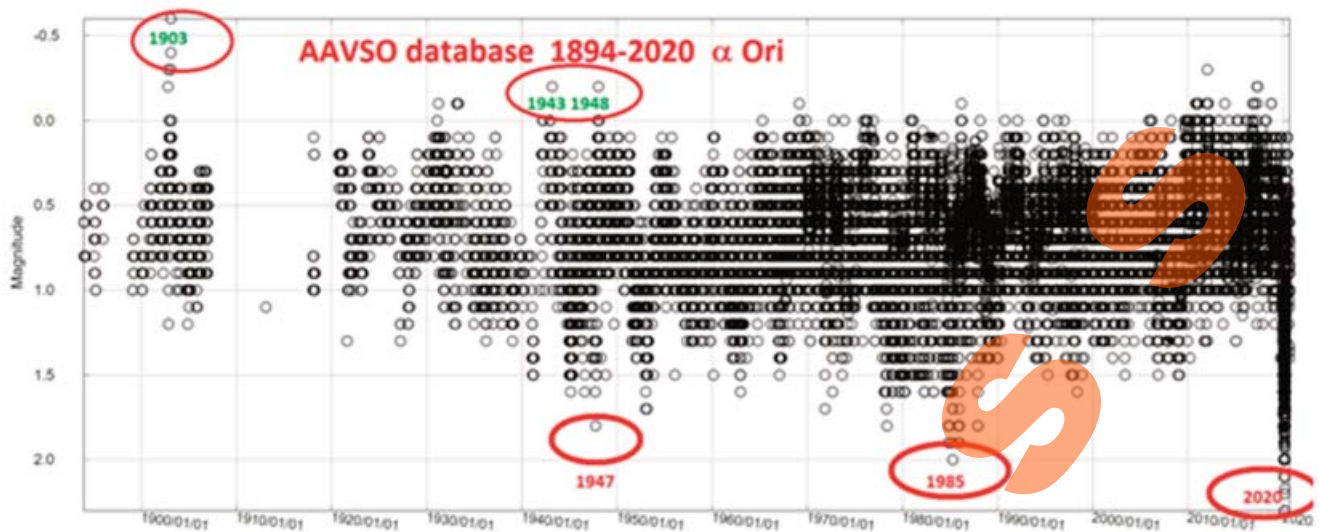


Fig. 4 - Curva di luce di Betelgeuse tra il 1890 e il 2020 (database dell'AAVSO).
- *Light Curve of Betelgeuse between 1890 and 2020 (AAVSO database).*

suale 1.8 (1947, 1978, 1985...) e picchi sotto -0.2 (1903, 1943, 1948), statisticamente coerenti con la classificazione di Tolomeo di grandezza 1-.

Si notano bene i minimi “a V” mentre i massimi sono piatti e non definibili altrettanto bene come date.

Per Tolomeo Betelgeuse è di grandezza 1-, mentre Rigel 1 (una delle quindici stelle di prima grandezza di tutto il catalogo) Per AAVSO 1894-2020 Betelgeuse è in media di $mv=0.45$ e Rigel $mv=0.13$. Per Johannes Bayer (1603) Betelgeuse è α e Rigel è β . La classificazione di Tolomeo sembra meglio consistente con i dati moderni.

La classificazione di Bayer potrebbe essere stata condizionata dall'effetto Purkinje (stelle rosse sovrastimate, ad occhio nudo, quando comparate con le bianche o le blu). Oppure al tempo di Bayer (1603) Betelgeuse era in una fase di massimo generale.

Il catalogo di Tolomeo include –anche se non ne parla esplicitamente- le correzioni di massa d'aria, ed anche quello di Bayer, ma sembra evitare l'effetto Purkinje, per cui AAVSO raccomanda di non fissare la stella rossa, ma fare una valutazione rapida.

Mediante il Satellite ESA Herschel, è stata presa un'immagine in infrarosso di Betelgeuse. La stella supergigante ha espulso parte dei suoi strati più esterni che si espandono in shell (bucce sferiche) dalla zona centrale occupata dalla stella, queste shell potranno

formare delle onde d'urto (shocks) con il mezzo interstellare rispetto a cui la stella si muove nello spazio.

Foto infrarossa di ESA / Herschel / PACS / L. DECIN *et alii* (2013).

Betelgeuse sta incominciando ora una nuova stagione di questi venti stellari? La distanza tra gli shocks e la regione piana corrisponde a 5000 anni e

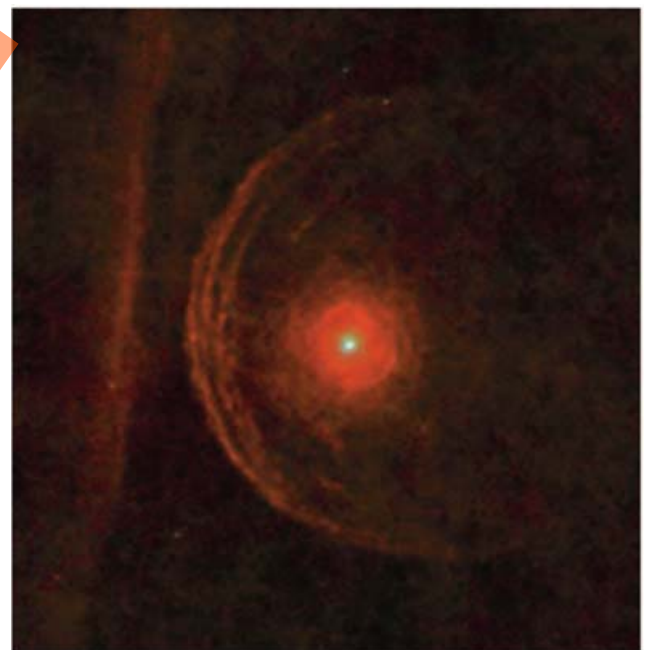


Fig. 5 Betelgeuse all'infrarosso col telescopio spaziale Herschel
Fig. 5 Betelgeuse in infrared with Herschel space telescope.

gli shocks distano tra loro circa 1500 anni, quanto la fotometria di Tolomeo dista da Bayer...

3. - ECLISSI DA NUBI ESPULSE DALLA STELLA STESSA

Nell'ipotesi che le grosse diminuzioni di luminosità siano prodotte da nubi di polvere espulse dalla stella stessa (Dupree et al. 2020), le nubi devono essere state almeno due, e la seconda non pare ancora uscita del tutto dalla linea di vista con la stella ad oggi (11 gennaio 2021).

Il moto tangenziale è maggiore della velocità di rotazione, 15 km/s (Craig Wheeler et al., 2017), velocità che è circa 1/5 della velocità orbitale circolare a 3,5 UA di raggio fotosferico per una stella di 20 masse solari.

La nube è espulsa dal centro a Dicembre 2019, e un'altra è espulsa a Luglio 2020. La curva di luce della stella decresce in corrispondenza della nube centrale che si espande, e risale quando la nube esce dalla linea di vista.

La massa di Betelgeuse oggi risulta di 16,5-19 masse solari secondo JOYCE *et alii* 2020. Questo dato serve per calcolare la velocità orbitale circolare al raggio fotosferico della stella: più è massiccia, più questa velocità risulta elevata. Una rotazione a velocità confrontabile con quella circolare spingerebbe la materia stellare verso l'esterno per prevalenza di forza centrifuga (venti stellari).

Quest'anno sono state espulse delle nubi «in congiunzione inferiore» rispetto alla linea di vista (Dicembre 2019 uscita a Marzo 2020 e Luglio 2020, non ancora uscita del tutto, oppure seguita da una terza nube). Quando la polvere è espulsa in «congiunzione superiore» (nube gialla in figura) abbiamo un aumento globale della luminosità della stella, evidente quando è in fase con il periodo principale di 420 giorni (1,2 anni), come avvenne nel 1903.

Oggi sappiamo che Betelgeuse è a 530 anni luce da noi con un raggio pari a 750 volte quello del Sole (JOYCE *et alii* 2020), 522 milioni di km, 3,5 Unità Astronomiche, oltre il 70% del raggio dell'orbita di Giove.

4. - CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Gli studi statistici sui dati reali dovrebbero considerare anche l'effetto Purkinje, e gli effetti stagionali e locali, per i dati visuali, che sono la maggior parte dei 130 anni del database dell'AAVSO.

Dati "impersonali" sono disponibili soltanto a partire dagli ultimi 35 anni circa a livello di Osservatori Astronomici, e nell'ultima decade da parte degli Astronomi dilettanti. Quindi il grosso dei dati disponibili per capire meglio il tipo di variabilità stellare a cui è soggetta Betelgeuse è visuale, ed è "niente" rispetto ai tempi astronomici della variabilità stellare che si estendono per centinaia di migliaia di anni.

I dintorni di Betelgeuse in infrarosso (HERSCHEL

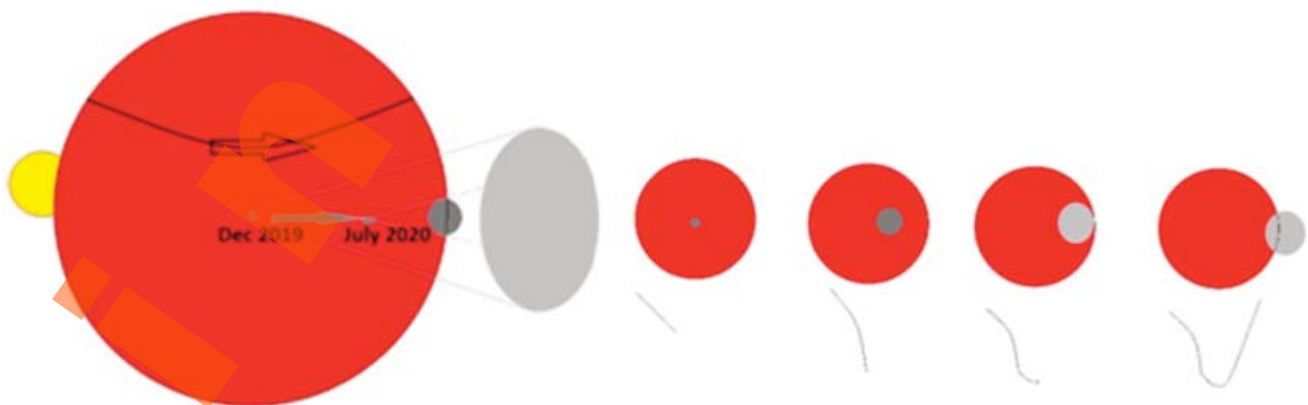


Fig. 6 Schema di espulsione di nubi di polvere da Betelgeuse tra il 2019 e il 2020 e curva di luce
Fig. 6 Dust cloud expulsion from Betelgeuse between 2019 and 2020 and light curve simulation

Space Telescope) mostrano una storia in evoluzione con possibili espulsioni massicce di polvere ogni 1500 anni.

Nel grande minimo del Febbraio 2020 un'espulsione di materia potrebbe essere stata in coincidenza con il periodo di pulsazione principale di 1.2 anni e con quello modulante di 5.8 anni. Il secondo minimo di Agosto 2020 (e ancora non chiaramente concluso a Gennaio 2021 perché Betelgeuse è ancora di magnitudine 0.7-0.8 sempre confrontabile con Aldebaran, al netto dell'estinzione atmosferica differenziale) è dovuto forse ad un'altra nube lungo la linea di vista (congiunzione inferiore). Le nubi espulse dietro la stella, ma in vista con noi, possono aumentare la luce della stella, specie se in fase con i massimi.

Siamo all'inizio di un nuovo periodo di venti stellari per Betelgeuse? Effettivamente al tempo di Bayer (Uranometria, 1603) α Ori era più brillante di Rigel? Così come lo era al tempo di J. Herschel (1840). E per Tolomeo e Ipparco?



Fig. 7 - Il gigante Orione e Betelgeuse sulla spalla nell'Uranometria di Johannes Bayer (1603).

- *The giant Orion and Betelgeuse in the Uranometria of Johannes Bayer (1603).*

La sua variabilità era nota nei miti antichi come la spalla dolorante del gigante (WILK, 1999), o addirittura tra gli aborigeni australiani (SCHAEFER, 2018).

Dobbiamo vedere come procede ora la stella: è previsto un nuovo minimo pulsazionale ad Aprile 2021 nella sequenza di 1.2 anni, un anno e due mesi. Tutto lascia pensare, a inizio Gennaio 2021, che sarà un minimo basso (sotto la magnitudine 1) che si ripropone abbastanza profondo, come se fosse eclissato, ma allora l'ipotesi di nubi sembra abbastanza "ad hoc" e quella di raffreddamento locale della fotosfera, legato ai cicli pulsazionali prende piede.

Di Betelgeuse abbiamo bisogno ancora di molti dati per capire meglio la situazione. Questi stanno venendo sia da osservazioni fotometriche sempre più accurate (ad occhio nudo e con la tecnica DSLR) sia da osservazioni ad alta risoluzione spettrale e angolare.

BIBLIOGRAFIA

- ESA / HERSCHEL / PACS / DECIN L. *et alii* (2013).
 DUPREE A.K. *et alii* (2020) - arxiv2008.04945.
 CRAIG WHEELER J. *et alii* (2016) - MNRAS 465, 2654-61.
 SIGISMONDI C. *et alii* (2020) - *Gerbertus* vol. 13.
 SIGISMONDI C. *et alii* (2020) - ATel #13982; Atel #13601.
 GEORGE S.V. *et alii* (2020) - arxiv2006.16086.
 WILK J S.R. (1999) - AAVSO 27, 171.
 SCHAEFER B. (2018) - *J. of Astron. History and Heritage*, 21(1), 7-12.
 JOYCE M. *et alii* (2020) - <https://arxiv.org/abs/2006.09837>.
 HARPER *et alii* (2020) - <https://arxiv.org/abs/2011.05982>.
 AAVSO database www.aavso.org (2021).
 WILKINSON F. (2010) - <https://www.astrophysicspectator.com/topics/supernovae/CoreCollapse1987a.html>.