

Comunicato stampa ICRANet “*On the Supernova breakout in the BdHN GRB 190114C*”, Marzo 2019

Nel Marzo 2019, l’ICRANet ha preparato una importante press release “On the Supernova breakout in the BdHN GRB 190114C”, che sarà fatta circolare per la pubblicazione. Il 14 Gennaio 2019, il team del satellite Swift ha annunciato il GRB 190114C (GCN 23688). La sua distanza (redshift $z=0.42$) è stata determinata qualche ora più tardi dal Nordic Optical Telescope, che si trova sulle Isole Canarie – Spagna (GCN 23695). Immediatamente, abbiamo capito che questa fonte era una BdHN I e l’ICRANet ha inviato la GCN 23715 (il testo completo, è disponibile in basso), anticipando la possibile apparizione della Supernova associata. La Supernova è stata rilevata esattamente nel momento previsto, come riportato da A. Melandri e al. il 19 Marzo 2019 (GCN 23983). Di seguito illustreremo l’importanza di queste osservazioni epocali, evidenziando il ruolo della Supernova mass sia nella BhHN I che nella BdHN II.

Uno dei più grandi sforzi osservativi multimessanger nella storia dell’Astrofisica

La scoperta e l’osservazione dettagliata del GRB 190114C sono state possibili grazie ad uno sforzo mondiale di moltissimi satelliti e telescopi, con una marcata partecipazione dell’Italia attraverso i satelliti internazionali Swift (missione NASA-DOE con la partecipazione di Italia e Regno Unito), Fermi (missione NASA-DOE con la partecipazione di ASI, INFN e INAF) e il satellite italiano AGILE. In particolare, questo GRB è stato osservato nei raggi X e nei raggi gamma dai satelliti Swift, Fermi, AGILE, INTEGRAL, Insight-HXMT/HE (un satellite cinese a raggi X dell’IHEP, Tsinghua University – Cina) e Konus-Wind (Russia); nei raggi gamma di altissima energia da Fermi-LAT (USA e Italia) e dai telescopi MAGIC, situati presso l’Osservatorio del Roque de los Muchachos, Isole Canarie – Spagna (con la collaborazione di istituzioni da Germania, Armenia, Bulgaria, Croazia, Finlandia, Italia, Polonia, Spagna e Svizzera); nell’ottico dai telescopi MASTER-IAC (Russia), Pan-STARRS (Osservatorio di Haleakalā, Hawaii – USA), Nordic Optical Telescope-NOT, situato sulle Isole Canarie– Spagna (di proprietà della Nordic Optical Telescope Scientific Association, e finanziato da Danimarca, Finlandia, Islanda, Norvegia e Svezia), MPG+GROND (Osservatorio di La Silla – Cile), GCT+OSIRIS (Isole Canarie– Spagna), Osservatorio Astronomico S. Di Giacomo (Agerola - Italia), VLT+FORIS2, NTT+EFOSC2 e REM+ROS2 presso l’European Southern Observatory - ESO (Cile), TNG+DOLORES (INAF), LBT+MODS2 (INAF) installato a Mount Graham (Arizona - USA), WHT+ACAM (Isole Canarie - Spagna), Osservatorio McDonald (USA), Osservatorio SNU (Seoul-Corea del Sud), AZT-33IK presso il Sayan Observatory (Russia), LSGT presso l’Osservatorio Siding Spring (Australia), telescopio GROWTH-India presso l’Osservatorio astronomico indiano (India), KMTnet presso l’Osservatorio astronomico del Sud Africa, UKIRT, RC-1000 dell’Osservatorio CHILESCOPE (Cile), HCT presso l’Osservatorio astronomico indiano (India), COATLI e Harold Johnson Telescope presso l’Osservatorio Astronomico Nacional de la Sierra de San Pedro Martir (Messico), RTT150 presso il TUBITAK National Observatory (Turchia); nelle onde radio da Karl G. Jansky Very large Array (VLA), Atacama LargeMillimeter/Submillimeter Array (ALMA), Australia Telescope Compact Array (ATCA), Sardinia Radio Telescope (INAF), MeerKAT radio telescope (Sud Africa) e Giant Meterwave Radio Telescope – GMRT (India).

Che cos’è una BdHN?

L’ICRANet si è dedicata allo studio dei GRB dal momento della loro prima scoperta fino alle ultime osservazioni, sviluppando un modello teorico che ha portato, tra le altre cose, a una classificazione che suddivide i GRB in nove differenti sottoclassi. Le Binary driven Hypernovae (BdHN) sono la sottoclasse più numerosa. Il loro progenitore è un sistema binario molto compatto, formato da un nucleo di carbonio e ossigeno (CO) e da una stella di neutroni (NS) compagna magnetizzata, con periodo orbitale dell’ordine dei minuti. Il nucleo di CO collassa su sé stesso formando una nuova stella di neutroni (vNS), ma gli strati esterni sono espulsi con un’esplosione di Supernova (SN), vedi figura allegata. Il materiale espulso dalla SN produce un massiccio e rapido processo di accrescimento sulla NS compagna, portandola al collasso gravitazionale e alla formazione di un buco nero (BH). Nel frattempo, il materiale espulso dalla SN continua a espandersi, ma rimane comunque del materiale sia attorno alla vNS che attorno al BH. Il campo magnetico di fondo collassa e, insieme con la rotazione del BH, innesca il processo di Wald, in base al quale viene

indotto un campo elettrico. Questo campo elettrico spiega sia la emissione prompt ultrarelativistica (UPE) nei raggi gamma, mediante il raggiungimento della trasparenza del plasma self-accelerato di coppie elettrone-positrone formato dal processo quanto-elettrodinamico di polarizzazione del vuoto, che la emissione al GeV, mediante emissione di sincrotrone dei protoni accelerati nel campo magnetico. L'interazione della emissione pulsar della vNS con il materiale espulso dalla SN spiega l'afterglow dei raggi X. Alla fine, dopo circa 15 giorni, si osserva l'emissione ottica della SN, prodotta dall'energia rilasciata nel decadimento del nichel.

Cosa c'è di eccezionale nel GRB 190114C

Davvero eccezionale è che tutte le fasi di una BdHN, dal momento iniziale del break-out della SN, al processo di accrescimento, al momento della formazione del BH all'osservazione della emissione al GeV e dell'afterglow, fino alla identificazione della SN nell'ottico, sono state osservate, in condizioni ottimali, con enorme precisione in questa sorgente così unica.

GCN CIRCULAR

NUMBER: 23715

SUBJECT: GRB 190114C: A type 1 BdHN with TeV emission

DATE: 19/01/15 15:29:54 GMT

FROM: Remo Ruffini at ICRA ruffini@icra.it

R. Ruffini, R. Moradi, Y. Aimuratov, U. Barres de Almeida, C. L. Bianco, Y. C. Chen, C. Cherubini, S. Filippi, D. M. Fuksman, M. Karlica, Liang Li, D. Primorac, J.A. Rueda, N. Sahakyan, Y. Wang, S.S. Xue on behalf of the ICRA team, report:

GRB 190114C with $T_{90}=116$ s (50-300 keV), $E_{\text{peak}} = 998.6 \pm 11.9$ keV, isotropic energy release in gamma-rays $E_{\text{iso}} = 3 E_{53}$ erg, and the isotropic peak luminosity $L_{\text{iso}} = 1 E_{53}$ erg/s (R. Hamburg et al., GCN 23707) presents the typical characteristics of type I binary-driven hypernova (BdHN) (Y. Wang et al., submitted to *Astrophysical Journal* arXiv:1811.05433v2). The most significant ever Fermi-LAT GeV emission (D. Kocevski et al., GCN 23709) with test statistic value $TS > 2500$ implies that this GRB is seen from the normal to the orbital plane of the progenitor binary system composed of a carbon-oxygen core and a neutron star companion (R. Ruffini et al., submitted to *Astrophysical Journal* arXiv:1803.05476). The TeV emission (R. Mirzoyan et al., GCN 23701), a first in GRBs, has been recently predicted, as originating from the Wald solution, within the new inner engine approach of the long GRBs recently introduced in Ruffini et al (submitted to *Physical Review Letter*: arXiv:1811.01839) and Ruffini et al (submitted to *Astrophysical Journal*: arXiv:1812.00354). Most interesting this system being at $z=0.4245$ (A. J. Castro-Tirado et al., GCN 23708), can give a strong support to our BdHN approach by Observing a Supernova. Using the averaged appearance time of the SNe associated to GRBs (Cano et al., 2016), and considering the redshift $z=0.42$ (J. Selsing et al., GCN 23695, A. J. Castro-Tirado et al., GCN 23708), a bright optical signal will peak at 18.8 ± 3.7 days after the trigger (February 2nd 2019, uncertainty from January 30th 2019 to February 6th 2019) at the location of RA 54.510 and DEC -26.939, with an uncertainty 3 arcmin (J.D. Gropp et al., GCN 23688). The follow-up Observations, especially the optical bands for the SN, are recommended.

GCN CIRCULAR

NUMBER: 23983

SUBJECT: GRB 190114C: photometric detection of a SN component

DATE: 19/03/20 21:25:17 GMT

FROM: Andrea Melandri at INAF-OAB <andrea.melandri@brera.inaf.it>

A. Melandri (INAF-OAB), L. Izzo (HETH/IAA-CSIC), P. D'Avanzo (INAF-OAB), D. Malesani (DAWN/NBI and DARK/NBI), M. Della Valle (INAF-OAC), E. Pian (INAF-OAS), N. R. Tanvir (U. of Leicester), F. Ragosta (U. Federico II/OAC), F. Olivares (MAS/U. de Chile), R. Carini (INAF-OAR), E. Palazzi (INAF-OAS), S. Piranomonte (INAF-OAR), P. Jonker (SRON), A. Rossi (INAF-OAS), D. A. Kann (HETH/IAA-CSIC), D. Hartmann (Clemson U.), C. Inserra (Cardiff), E. Kankare (Turku), K. Maguire (QUB), S. J. Smartt (QUB), O. Yaron (Weizmann), D. R. Young (QUB), I. Manulis (Weizmann) on behalf of a larger collaboration

We report the discovery of the supernova associated with the gamma-ray burst GRB 190114C (Gropp et al., GCN 23688) at $z=0.42$ (Selsing et al., GCN 23695; Castro-Tirado et al., GCN 23708; Kann et al., GCN 23710). An observational campaign lasting about 50 days has been carried out with the VLT+FORIS2, the NTT+EFOSC2 and the REM+ROS2 at the European Southern Observatory (Chile), the TNG+DOLORES, the LBT+MODS2 located at Mount Graham (Arizona), and the WHT+ACAM located at the Roque de los Muchachos Observatory (Canary Islands). These observations show, at about 15 days after the burst, an apparent flattening of the afterglow light curves, in the *i* and *z* filters, in excess of the host galaxy flux, as measured in our latest epochs. This is consistent with the emergence of a SN associated with GRB 190114C, as observed in several previous events.

By modelling the overall light curve between 0.01 and 15 days after the burst trigger (including also data from GCN circulars) with a broken power-law (afterglow contribution) + constant (host galaxy contribution), the residual fluxes in the observed *i* and *z* bands show a peak of brightness of ~ 23.9 and ~ 23.5 mag (AB), respectively. With these values we derive an estimate for the rest frame visual absolute magnitude of the SN associated with GRB 190114C of about -18 mag. This value is about 1 mag fainter than SN 1998bw (Patat et al. 2001, ApJ, 555, 900). However, the two SNe could have a comparable brightness considering the significant extinction, yet to be quantified, suffered by this event (see e.g. Kann et al., GCN 23710).

We caution that the reported values for the SN peak brightness strongly depend on the modeling of the temporal behavior of the overall light curve. Further photometric and spectroscopic analysis is ongoing.

We thank the VLT, TNG, LBT and WHT staffs for executing these observations. Part of these data have been obtained under the extended Public ESO Spectroscopic Survey for Transient Objects (ePESSTO; see Smartt et al. 2015, A&A, 579, 40; <http://www.pessto.org> <<http://www.pessto.org/>>).

I differenti episodi di una Binary driven Hypernova (BdHN)

