



Oltre i limiti: MAGIC apre una nuova era nell'astronomia gamma

Un lavoro di squadra perfetto, che ha coinvolto telescopi spaziali e sulla Terra nonché centinaia di ricercatori in tutto il mondo, ha permesso di registrare, per la prima volta in assoluto, fotoni di altissima energia emessi da un lampo di raggi gamma, o GRB, il risultato di una potentissima esplosione cosmica, registrato il 14 gennaio 2019. A captare questi fotoni, che hanno raggiunto energie dell'ordine del teraelettronvolt, ovvero migliaia di miliardi di volte più elevate di quelli della luce visibile, sono stati i telescopi gemelli MAGIC sulle isole Canarie. Fondamentale per la scoperta, anche in questo caso, è stato il contributo scientifico italiano, con l'Istituto Nazionale di Astrofisica, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, l'Agenzia Spaziale Italiana e varie Università. I risultati vengono pubblicati oggi in due articoli sulla rivista Nature.

Storia breve di GRB 190114C

Il 14 gennaio 2019, un lampo gamma è stato scoperto in modo indipendente dai telescopi a bordo di due satelliti: il Neil Gehrels Swift Observatory e il Fermi Gamma-ray Space Telescope. "L'evento mostrava una forte emissione sia nei raggi X che in ottico e questo ci suggeriva si trattasse di un GRB esploso abbastanza vicino e sicuramente interessante", dice Valerio D'Elia dello Space Science Data Center dell'Agenzia Spaziale Italiana e membro delle collaborazioni Swift e MAGIC, per le quali contribuisce in maniera sostanziale al follow-up dei GRB e delle onde gravitazionali. Ribadisce Francesco Longo, dell'Università e dell'INFN di Trieste e membro delle collaborazioni Fermi e MAGIC: "L'evento osservato è stato chiamato GRB 190114C e le sue coordinate, che ne identificavano la posizione in cielo tra le costellazioni dell'Eridano e della Fornace, sono state distribuite via internet agli astronomi di tutto il mondo in 22 secondi dal rilevamento dell'esplosione". A ricevere l'allerta c'erano i telescopi a terra come il telescopio robotico dell'INAF, REM, situato in Cile, che ha colto l'emissione ottica, e gli scienziati della collaborazione internazionale MAGIC, che gestisce due telescopi a luce Cherenkov, ognuno con specchio del diametro di 17 m, situati sull'isola di La Palma, alle Canarie (Spagna). I telescopi MAGIC sono stati concepiti per rispondere rapidamente alle allerte GRB e inoltre hanno una strategia di *follow-up* dedicata. "Un sistema automatico elabora in tempo reale le allerte GRB dai satelliti e fa in modo che i telescopi MAGIC puntino rapidamente la posizione del GRB in cielo", dice Antonio Stamerra dell'INAF di Roma e co-portavoce della collaborazione MAGIC. "I telescopi sono stati progettati per puntare rapidamente, nonostante il peso di 64 tonnellate ciascuno, qualsiasi regione di cielo e possono farlo in poche decine di secondi. Nel caso del GRB 190114C, MAGIC è stato in grado di iniziare l'osservazione circa 30 secondi dopo l'arrivo dell'allerta GRB da parte dei satelliti, cioè circa 50 secondi dopo la rivelazione del fenomeno" aggiunge il ricercatore.

Dopo il puntamento in direzione del GRB 190114C, i telescopi MAGIC hanno captato per la prima volta i fotoni di più alta energia mai misurati per questo tipo di eventi celesti. Un risultato senza precedenti, che fornisce nuove informazioni fondamentali per la comprensione dei processi fisici in atto nei GRB. I fotoni rivelati da MAGIC devono infatti avere origine da un processo finora non legato alla radiazione prodotta negli *afterglow* dei GRB - una emissione di luce osservabile a tutte le lunghezze d'onda che si affievolisce nel tempo - e che è distinto dal processo fisico responsabile della emissione dei GRB stessi alle energie più basse. "L'analisi dei dati risultanti per le prime decine di secondi di osservazione rivela l'emissione di fotoni che

raggiungono le energie del teraelettronvolt (TeV), cioè un trilione di volte più energetici della luce visibile.” dice Alessio Berti dell’INFN di Torino e membro della collaborazione MAGIC, “Durante questo lasso di tempo, l'emissione di fotoni TeV dal GRB 190114C è stata 100 volte più intensa della sorgente celeste più brillante conosciuta a queste energie: la Nebulosa del Granchio. Tra i vari record registrati dal GRB 190114C c’è dunque anche quello di essere la sorgente più brillante di fotoni conosciuta a queste energie”. Sebbene l'emissione fino alle energie del TeV nei GRB fosse stata prevista in alcuni studi teorici, essa era rimasta finora inosservata nonostante le numerose ricerche svolte negli ultimi decenni con vari strumenti che lavorano a queste energie, tra cui MAGIC.

Le tante facce di una potentissima esplosione

I fotoni di altissima energia sono stati osservati da MAGIC fino a mezz'ora dopo l’esplosione del GRB per cui, grazie sia all’intensità del segnale ricevuto che alla procedura di analisi dei dati in tempo reale disponibile all’osservatorio, è stato possibile comunicare entro poche ore dall’osservazione alla comunità astronomica internazionale la scoperta del primo inequivocabile rilevamento di fotoni di altissima energia da un GRB. Questa comunicazione ha messo in evidenza l’importanza di questo evento astronomico e ha dato luogo a una vasta campagna di osservazioni di follow-up a tutte le lunghezze d’onda del GRB 190114C da parte di oltre due dozzine di osservatori o strumenti dalla banda radio alle energie TeV. In particolare, le osservazioni ottiche hanno consentito una misurazione della distanza dal GRB 190114C di circa 7 miliardi di anni luce.

“L’osservazione alle varie lunghezze d’onda, che coprono tutto lo spettro elettromagnetico dal radio ai raggi gamma, è di fondamentale importanza perché i fotoni che arrivano a noi con energie diverse spesso sono emessi da regioni diverse e trasportano informazioni differenti” dice Marco Tavani dell’INAF di Roma e responsabile della missione per astronomia gamma AGILE che ha osservato l’evento nell’istante dello scoppio e in quelli immediatamente successivi. “In particolare, poter osservare il fenomeno alle energie più alte è da sempre stato un obiettivo della ricerca in questo settore in quanto i fotoni di più alta energia ci portano informazioni dalle regioni più vicine all’origine del fenomeno” conclude lo scienziato.

Tutte le osservazioni effettuate, tra cui quelle degli astronomi dell’INAF che con vari telescopi ottici sparsi in giro per il mondo hanno seguito per giorni il fenomeno, offrono una panoramica multifrequenza molto completa per questo evento e forniscono le prove inequivocabili che l’emissione di alta energia osservata da MAGIC è originata da un ulteriore, distinto processo di emissione nell’*afterglow* finora mai osservato: “Dalla nostra analisi, il candidato favorito per spiegare l’emissione di altissima energia è il cosiddetto processo di Compton inverso in cui i fotoni ricevono l’energia osservata da una popolazione di elettroni di energia ancora più alta che sono stati accelerati dall’esplosione” dice Lara Nava dell’INAF Milano che prosegue: “Viceversa i fotoni di più bassa energia che si osservano negli *afterglow* sono originati dal cosiddetto processo di sincrotrone in cui i fotoni osservati sono invece generati dall’interazione tra elettroni e campi magnetici”.

Dopo oltre 50 anni dalla prima scoperta dei GRB, molti aspetti di questo fenomeno rimangono ancora misteriosi. Tuttavia, uno studio comparativo di tutte le precedenti osservazioni GRB di MAGIC suggerisce che GRB 190114C non è stato un evento particolarmente singolare se non per la sua relativa vicinanza, e che il successo dell’osservazione si deve alle eccellenti prestazioni dello strumento. “MAGIC ha aperto una nuova finestra per studiare i GRB” dice Lucio Angelo Antonelli dell’INAF di Roma e responsabile INAF presso la collaborazione MAGIC. “I nostri risultati indicano che siamo sicuramente in grado di rilevare molti più GRB alle energie TeV sia con MAGIC che con gli strumenti Cherenkov di nuova generazione” sottolinea Antonelli. “MAGIC ha aperto una strada che sarà sfruttata al meglio dal Cherenkov Telescope Array (CTA). Questo nuovo grande osservatorio internazionale ci porterà a una comprensione più profonda di queste affascinanti esplosioni cosmiche” aggiunge Nicola Giglietto dell’INFN di Bari e responsabile INFN presso le collaborazioni MAGIC e CTA.

I lampi di raggi gamma in 20 righe

I lampi di raggi gamma (gamma-ray burst - GRB in inglese) sono brevi ma potenti esplosioni cosmiche che compaiono all'improvviso in cielo, circa una volta al giorno. Scoperti alla fine degli anni '60, la loro origine è rimasta misteriosa fino alla fine degli anni '90 del secolo scorso quando, grazie al satellite italiano per astronomia X BeppoSAX, è stato possibile identificare con precisione, e quindi osservare con i più potenti telescopi, la regione di cielo in cui si manifestano.

I lampi di raggi gamma sono caratterizzati da un flash iniziale molto luminoso nei raggi gamma che ha una durata tipica variabile da frazioni di secondo a qualche centinaio di secondi. Questo lampo iniziale è seguito dal cosiddetto *afterglow*, una emissione di luce osservabile a tutte le lunghezze d'onda che va attenuandosi nel tempo. Proprio grazie all'esistenza dell'*afterglow* è stato possibile osservare e studiare finora qualche migliaio di GRB, per comprenderne tanto l'origine quanto la fisica. Queste ricerche sono state fatte a tutte le lunghezze d'onda utilizzando strumentazione sia da terra che dallo spazio, spesso espressamente concepita per studiare questo affascinante quanto misterioso fenomeno.

Oggi sappiamo che sono il risultato dell'esplosione di stelle molto massicce o della fusione di stelle di neutroni in galassie lontane. Pur avendo identificato l'origine di questi fenomeni ancora molto è il mistero che avvolge il fenomeno stesso e la fisica che lo caratterizza.

In particolare, le osservazioni con i telescopi per raggi gamma di altissima energia sono fondamentali per risolvere questi aspetti ancora misteriosi perché ci permettono di osservare direttamente il cuore del fenomeno. Esattamente quanto è successo con le osservazioni del GRB190114C effettuate dai telescopi MAGIC alle isole Canarie che per la prima volta hanno rivelato l'emissione di fotoni da parte di questa sorgente all'energia del teraelettronvolt.

Per ulteriori informazioni:

Ufficio stampa INAF - 06 35 53 3270 , 339 8745059, ufficiostampa@inaf.it

Ufficio Stampa INFN - 06 68 68 162 Comunicazione@presid.infn.it

Ufficio Stampa ASI - 06 85 67 431 / 887 stampa@asi.it