

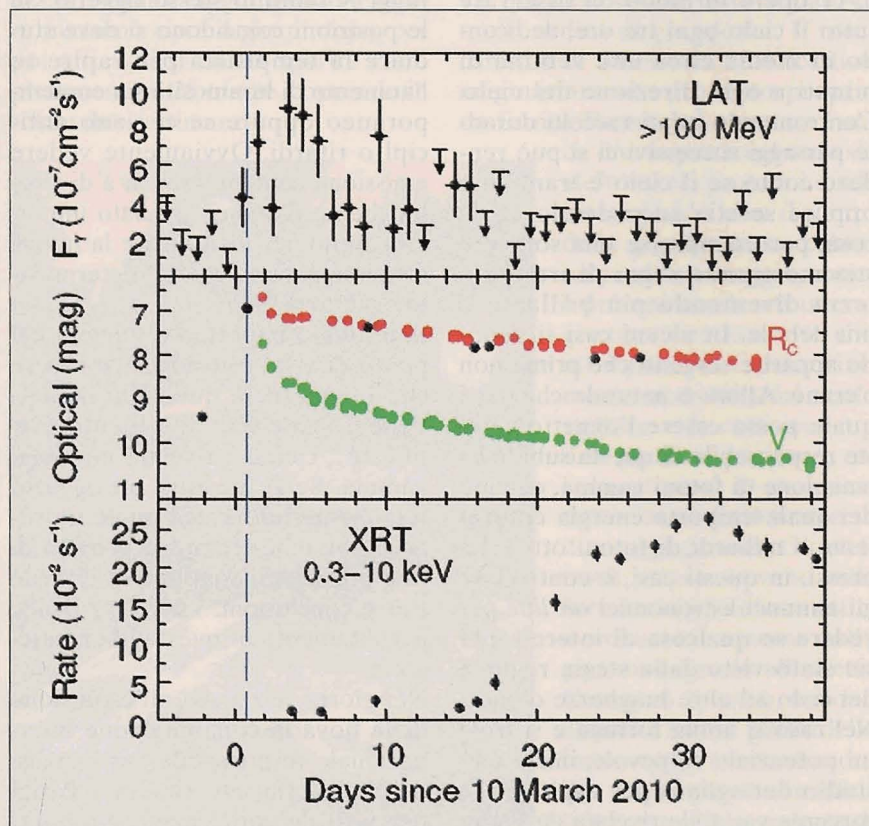
Un lampo gamma da una nova

Sorprendentemente il telescopio Fermi ha rivelato emissione gamma da una nova accesi lo scorso mese di marzo. Si tratta del primo esempio di raggi gamma da una sorgente di questo tipo.

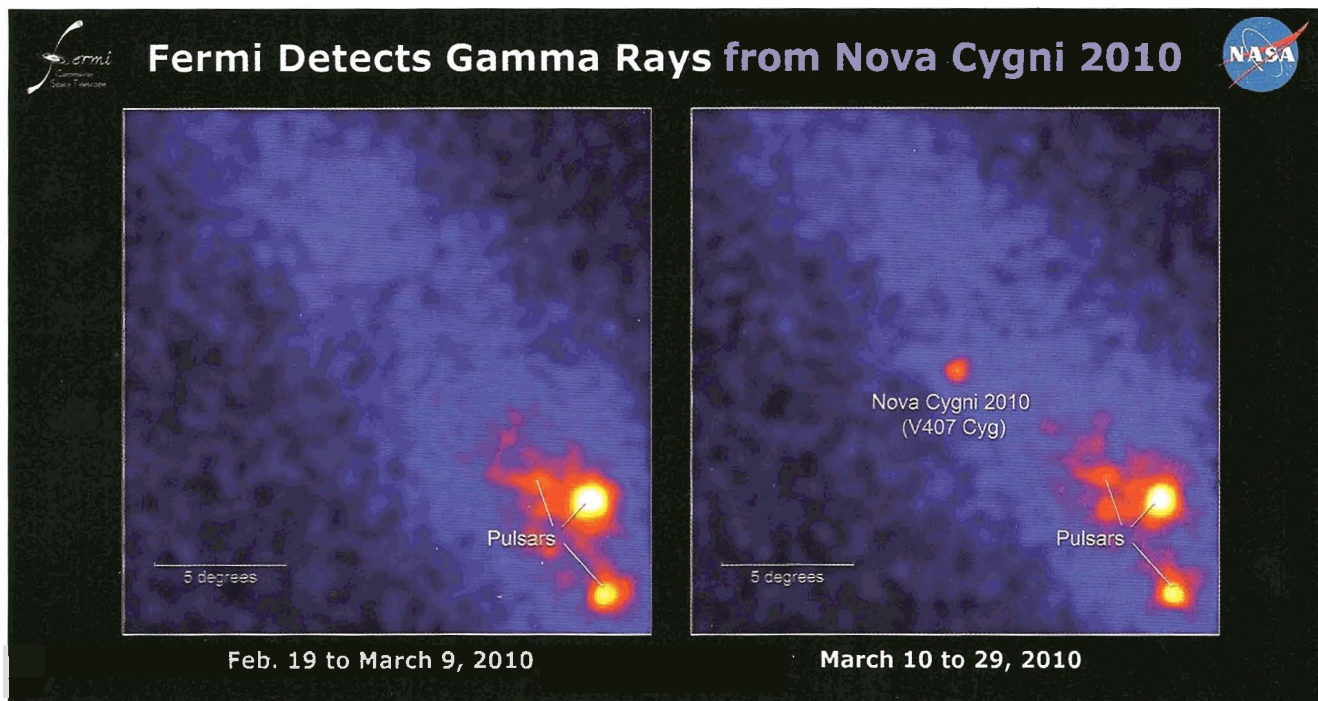
Le novae sono uno dei fenomeni celesti che hanno colpito l'umanità fin dai tempi più antichi. Una stella, in generale invisibile a occhio nudo, improvvisamente si accende, e va ad aggiungersi agli astri già visibili. In questo senso è una stella nuova (*nova*, appunto) e risplenderà per qualche tempo, per poi spegnersi e tornare nell'anonimato. Nei secoli passati tutto ciò che diventava improvvisamente visibile in cielo era classificato come nova, indipendentemente

dalla luminosità e dall'evoluzione temporale. Pensiamo, per esempio all'evento del 1604 descritto da Keplero nel "*De stella nova in pede serpentari*" che adesso sappiamo essere stato una supernova, e che è ora uno splendido resto di supernova, ovviamente chiamato Kepler SNR. Concentrandoci sulle vere novae, adesso sappiamo che il fenomeno dell'accensione improvvisa deriva dall'interazione tra una nana bianca e una stella gigante, legate in un sistema binario. Il vento

della stella gigante disperde isotropicamente la materia dei suoi strati più esterni nello spazio circostante e una piccola parte si deposita sulla superficie della nana bianca compagna che la accumula pazientemente, fino ad averne una quantità sufficientemente calda e densa per innescare una fusione termoneucleare, che brucia la materia accumulata e fa risplendere in modo straordinario la stellina. Finito il combustibile, tutto torna come prima e la nana bianca ricomincia ad accumulare materiale a spese della stella compagna. La fenomenologia di queste esplosioni è ben nota: l'emissione ottica ha uno spettacolare massimo iniziale seguito da un lento declino; inoltre sappiamo che, in alcuni casi, il fenomeno si ripete a distanza di decine o centinaia di anni. Grazie all'astronomia dallo spazio è stato possibile rivelare anche l'emissione X di questi sistemi ed è stato notato che il flusso X aumenta settimane dopo il massimo ottico, un ritardo sicuramente dovuto all'assorbimento dei raggi X da parte della materia e del gas presente al momento dell'esplosione. Perché i raggi X possano uscire indenni dal sistema binario bisogna lasciare espandere e diradare il gas, cosa che richiede qualche tempo. Nessuno però aveva mai pensato che le novae potessero anche brillare nel cielo gamma. Il 10 marzo di quest'anno un gruppo di astrofili giapponesi ha osservato che la stella V409 Cygni, un sistema binario simbiotico molto attivo, formato da una nana bianca e da una gigante rossa pulsante, simile al prototipo MIRA, era balzato a magni-



Evoluzione temporale dei flussi registrati da V407 Cyg in gamma, in ottico (nel filtro visibile e in quello R) e in raggi X. La riga tratteggiata indica la rivelazione della nova in ottico.



Confronto tra la regione del Cigno come appare abitualmente al satellite Fermi (a sinistra) e l'immagine ottenuta durante il periodo di attività della nova (a destra). Per renderle direttamente confrontabili le due immagini sono state integrate su un uguale intervallo di tempo (20 giorni) prima e dopo l'esplosione della nova.

tudine 6,9: era cioè diventato una nova. Il gruppo l'ha osservata alle 19h 08m UT del 10 marzo ma non è sicuro dell'epoca esatta dell'esplosione visto che l'osservazione precedente era stata fatta 3 giorni prima. In ogni caso, dopo l'annuncio, la sorgente è stata osservata molto spesso e ha iniziato subito a diminuire la sua luminosità (v. fig. p. 11).

V409 Cyg è una vecchia conoscenza di chi si occupa di stelle variabili: è stata seguita per decenni, tipicamente ha magnitudine tra 13 e 16 ma negli ultimi due anni si era attestata tra la 9^a e la 12^a. Utilizzando la pulsazione di 745 giorni della gigante rossa nel contesto della relazione periodo-luminosità delle stelle di tipo Mira, si può ottenere la luminosità della gigante e quindi la sua distanza, che risulta 2,7 kpc.

Lasciamo astronomi e astrofili con i loro telescopi saldamente piantati sulla Terra e spostiamoci in orbita dove si possono studiare i fotoni più energetici dello spettro, quelli che non riescono a penetrare l'atmosfera.

Il telescopio per raggi gamma Fermi

LAT opera in modo da osservare tutto il cielo ogni tre ore, dedicando in media circa una ventina di minuti a ogni direzione del cielo. Confrontando i dati raccolti durante passaggi successivi ci si può rendere conto se il cielo è tranquillo oppure se stia succedendo qualcosa, per esempio se una sorgente stia mostrando segni di irrequietezza diventando più brillante o più debole. In alcuni casi si vedono apparire sorgenti che prima non c'erano. Allora è naturale chiedersi quale possa essere l'oggetto celeste responsabile di questa subitanea emissione di fotoni gamma, ognuno dei quali trasporta energia equivalente a miliardi di fotoni ottici. La prassi, in questi casi, è controllare gli annunci astronomici *on line* per vedere se qualcosa di interessante sia stato visto dalla stessa regione del cielo ad altre lunghezze d'onda. Nel caso si abbia fortuna e si trovi un potenziale colpevole, inizia uno studio dettagliato per capire se la sorgente variabile rivelata da Fermi e quella riportata da telescopi che operano nell'ottico, nel radio o nei

raggi X siano lo stesso oggetto. Se le posizioni coincidono si deve studiare la tempistica per capire se l'aumento di luminosità sia contemporaneo oppure se ci siano anticipi o ritardi. Ovviamente vedere emissione contemporanea a diverse lunghezze d'onda è un dato importantissimo per identificare la nuova sorgente gamma con un determinato oggetto celeste.

Altrettanto importante, almeno dal punto di vista psicologico, è sapere che l'oggetto in questione appartiene a una classe di sorgenti "certificate", cioè già rivelate nei raggi gamma. Se si incontra un oggetto totalmente nuovo, sul quale nessuno aveva mai nemmeno pensato di fare previsioni, è molto più difficile trarre conclusioni. V407 Cyg ricade perfettamente in quest'ultima categoria.

Nei giorni successivi all'esplosione della nova la collaborazione internazionale responsabile per l'analisi dei dati Fermi era riunita a Parigi per uno dei suoi *meeting* plenari che si tengono ogni sei mesi. Tra i numerosi argomenti di discussione

si è parlato della presenza il 13-14 marzo di una sorgente mai vista prima nella regione del Cigno (v. fig. p. 12). Cosa poteva essere? Alla riunione qualcuno ha fatto notare che un gruppo di astrofili giapponesi aveva riportato la rivelazione di una nova (la V407 Cygni appunto) da una posizione compatibile con quella (meno accurata) della sorgente gamma, aggiungendo però che non c'erano ragioni di ritenere che una nova potesse produrre raggi gamma. Essendo stata presente a quel meeting, mi ricordo di essere intervenuta per dire che, al contrario, mi sembrava una splendida opportunità per andare a indagare qualcosa di veramente inaspettato: il fatto che nessuno avesse previsto emissione gamma da una nova non significava che fosse impossibile, tutt'altro.

Nei giorni successivi, un'analisi più dettagliata dei dati mostrava che la prima rivelazione di una debole sorgente era avvenuta nelle ultime sei ore del 10 marzo e che l'attività era proseguita raggiungendo il valore massimo circa 4 giorni dopo, per poi affievolirsi fino a sparire completamente il 25 marzo, coprendo in totale due settimane.

Oltre alla coincidenza spaziale, ben visibile dalla mappa Fermi accumulata nei 15 giorni di attività della sorgente, c'era una chiarissima coincidenza temporale. La sorgente gamma non poteva essere che la nova: era la prima volta che un sistema di questo tipo veniva colto nell'atto di emettere radiazione così energetica. Restava da capire quale tipo di meccanismo di emissione fosse al lavoro per produrre fotoni gamma così energetici che possono solo essere prodotti dalle interazioni di particelle accelerate con altre particelle, con fotoni o con campi magnetici. In ogni caso, l'ingrediente indispensabile sono le particelle accelerate a energie relativistiche. Nel caso di una nova l'unico fattore accelerante può essere l'esplosione termonucleare che crea un'onda d'urto che si espande nel vento stellare (decisamente denso in termini astrofisici) della gigante rossa. L'energetica non è però certo quella dell'onda d'urto di una supernova: qui deve essere tutto scalato di molti ordini di grandezza. Il meccanismo di accelerazione stocastica, originariamente proposto proprio da Enrico Fermi, può sfruttare l'onda d'urto per accelerare sia elettroni sia protoni i quali, interagendo con il vento della gigante rossa, possono produrre i raggi gamma. I protoni accelerati interagiscono direttamente con altri protoni (sostanzialmente immobili) del vento stellare; e la collisione tra due protoni produce, tra l'altro, i pioni π^0 che decadono immediatamente in due raggi gamma. Gli elettroni, invece, trovano sulla loro strada i fotoni ottici e infrarossi emessi dalla gigante e, grazie all'effetto Compton inverso, cedono a questi fotoni parte della loro energia trasformandoli in fotoni gamma. In effetti la curva di luce gamma di V407 Cyg può essere interpretata, almeno dal punto

di vista fenomenologico, seguendo l'espansione dell'onda d'urto nel vento della stella gigante, tenendo conto che una parte si espande verso la stella, quindi verso strati più densi del vento stellare, mentre un'altra procede in senso opposto, verso l'esterno, dove il vento si disperde.

La mancanza di ritardi tra l'emissione ottica (che coincide con l'esplosione termonucleare) e quella gamma indica che l'accelerazione è immediata e che le particelle (protoni ed elettroni) trovano subito le condizioni necessarie per produrre raggi gamma, mentre il ritardo di qualche giorno nel massimo di emissione gamma potrebbe indicare che solo allora le particelle accelerate hanno raggiunto le zone dove l'espansione dell'onda d'urto ha accumulato abbastanza materiale. Nei giorni successivi, la continua espansione dell'onda d'urto, che ovviamente diventa sempre più debole, diluisce in un volume sempre più grande le particelle accelerate causando la diminuzione dell'emissione gamma.

La fine dell'attività gamma è coincisa con l'inizio dell'attività X che ha avuto il suo massimo 30 giorni dopo l'esplosione della nova (v. fig. p. 11). Mentre l'emissione gamma è probabilmente localizzata nella direzione della gigante rossa, dove l'ambiente è più denso, quella X, disturbata dalla densità troppo alta, ha origine in direzione opposta, lontano dalla gigante rossa.

Sicuramente la rivelazione di emissione gamma da una nova è stata una sorpresa, tanto gradita quanto inaspettata, che ha fatto aggiungere le novae tra le possibili sorgenti galattiche di raggi gamma, anche se riteniamo che le novae adatte a emettere raggi gamma non siano poi così numerose.

Sicuramente questa osservazione costituisce però un *link* inaspettato tra l'astronomia più tradizionale e quella più di frontiera, diventata possibile solo grazie alle osservazioni effettuate dallo spazio.

Patrizia Caraveo



Il telescopio per raggi gamma Fermi.