

# ASTRONOMIA GAMMA

## La moltiplicazione delle pulsar

All'inizio della missione del satellite "Fermi" se ne conoscevano solo 7 emittenti alle massime energie, ora sono 117. Primo pulsar radioquieto scoperto in banda gamma. Il punto della situazione al Simposio di Monterey

**D**opo un anno e mezzo dal Simposio Fermi tenutosi a Roma nel maggio 2011 (v. *"le Stelle"* n. 97, pp. 24-25), era tempo di fare il punto della situazione in astronomia gamma, un campo caratterizzato da grande vitalità che ci ha abituato a un flusso continuo di risultati interessanti e spesso inaspettati. Il quarto simposio Fermi si è tenuto alla fine di ottobre a Monterey, bellissima località della costa Californiana non lontana dall'Università di Stanford, uno dei centri nevralgici della gestione della missione Fermi.

Il simposio ha toccato tutti i temi cari agli astronomi gamma, dalle sorgenti galattiche a quelle extragalattiche, dalle sorgenti costanti a quelle variabili, dallo studio dei raggi cosmici alla misura dell'emissione gamma della galassia, dal Sole alla ricerca di materia oscura, attraverso segnali oscuri ed elusivi.

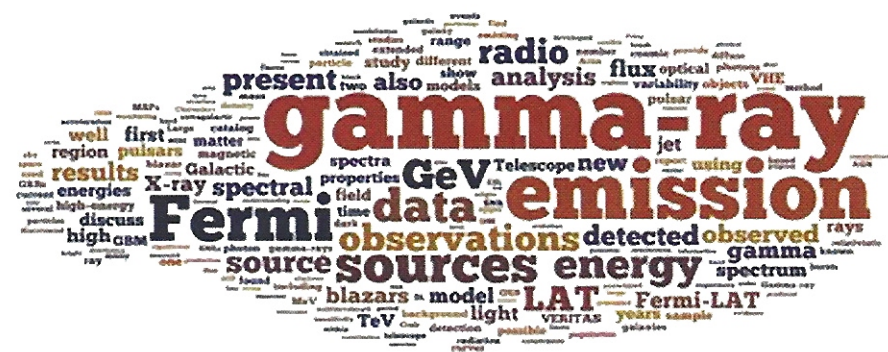
Un menu ricco e vario che può essere consultato all'indirizzo <http://fermi.gsfc.nasa.gov/science/mtns/symposia/2012/program.html>

A quattro anni e mezzo dal lancio, il satellite Fermi funziona benissimo e ha prodotto 275 miliardi di *trigger*, 225 milioni dei quali si sono rivelati eventi gamma di buona qualità. Meno di un *trigger* su 1000 è un raggio gamma utilizzabile per l'analisi scientifica, il resto è composto da segnali dovuti per lo più a raggi cosmici, un elemento di disturbo per gli astronomi gamma che, però, può essere messo a frutto per fare misure accurate di raggi cosmici. Non a caso, il lavoro più citato tra i moltissimi prodotti dalla collaborazione Fermi è proprio il primo articolo sull'abbondanza degli elettroni nei nostri dati.

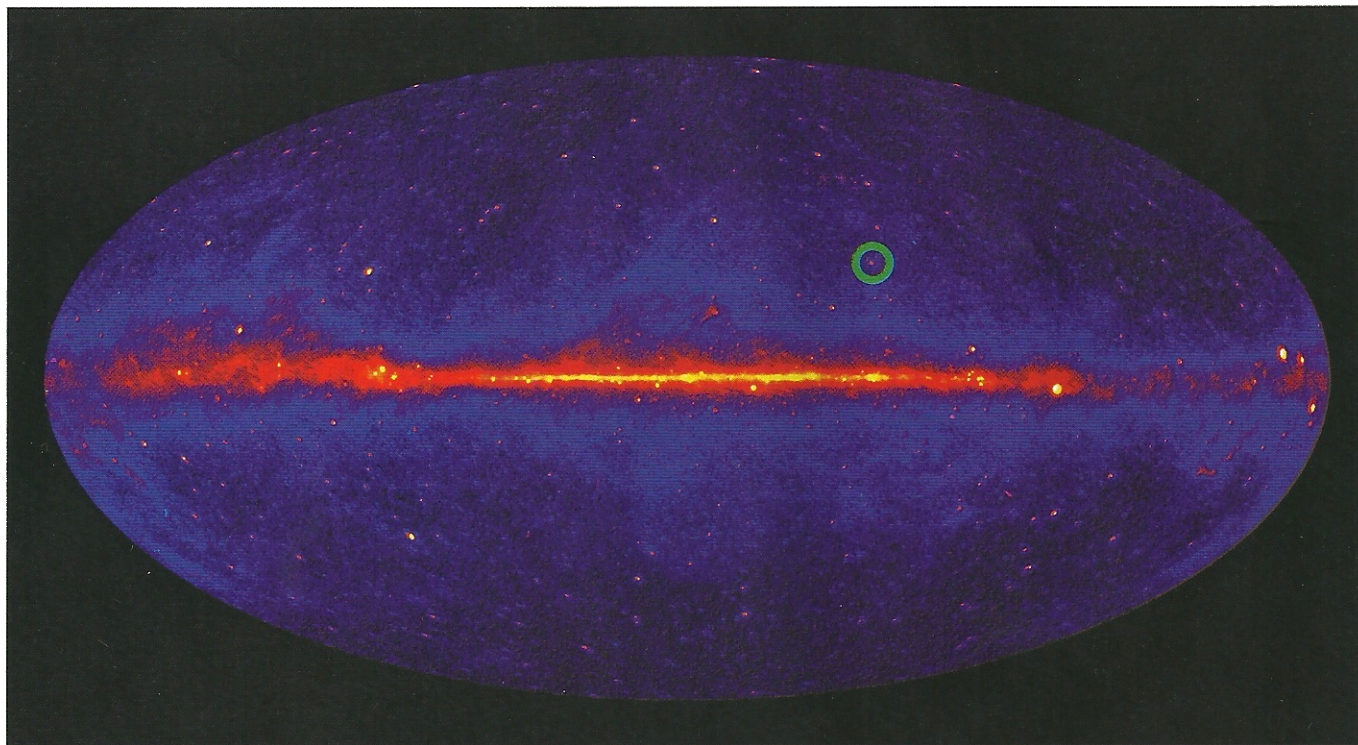
Nel programma del primo giorno, dopo una doverosa parentesi storica per ricordare il 40° anniversario del lancio di SAS-2, il posto d'onore è toccato al Sole che ha dimostrato le sue potenzialità come produttore di fotoni gamma con il *flare* del 7 marzo 2012 (v. *"le Stelle"* n. 106, pp. 21-23). Poi è stata la volta delle sorgenti galattiche con una sessione dedicata ai pulsar gamma. Si tratta di uno dei risultati più spettacolari della missione che è iniziata quando i pulsar gamma erano 7 e adesso sta finalizzando il secondo catalogo con 117 stelle di neutroni rivelate in gamma.

Non è solo il numero a cogliere di sorpresa, è anche la composizione della famiglia dei pulsar con emissione gamma che ha dell'incredibile. Come la Gallia, anche la famiglia dei pulsar gamma "*est omnis divisa in partes tres*" con pulsar velocissimi, pulsar giovani con emissione radio e pulsar giovani senza emissione radio (i radio quieti, tipo Geminga) che contribuiscono

ognuno per 1/3 del totale. Un crescendo straordinario che non finisce di stupire persino gli addetti ai lavori anche perché metà degli oggetti del catalogo non erano noti prima del lancio di Fermi. Si tratta soprattutto di pulsar senza emissione radio, che vengono scoperti direttamente dall'analisi dei dati del telescopio gamma, e di buona parte dei pulsar supervaloci che sono stati scoperti dai radioastronomi andando a frugare nelle zone di cielo centrate sulla posizione di sorgenti gamma non identificate. Una tecnica di ricerca che ha fatto letteralmente lievitare il numero di pulsar radio velocissimi, poco più della metà dei quali si sono rivelati emettere anche in gamma. Si tratta di pulsar scoperti nel radio e poi ritrovati nei raggi gamma grazie a tecniche di ripiegamento in fase dei dati che sfruttano le informazioni ricavate dal radio circa il periodo della stella di neutroni, il suo tasso di rallentamento (quando risulti possibile misurarlo) ed eventuali parametri orbitali



Questa *word cloud* offre una visione d'insieme dei temi trattati al simposio di Monterey: la dimensione dei caratteri delle parole è proporzionale alla frequenza della loro comparsa nel programma. Risulta chiaro che Fermi ha avuto una parte importante ma non preponderante. Si è parlato infatti anche di radio, raggi X, ottico, TeV.



La posizione del nuovo pulsar superveloce J1311-3433.

(visto che la grande maggioranza dei pulsar velocissimi sono il risultato di un riciclo di vecchie stelle di neutroni a opera e a spese della stella compagna).

Noi saremmo molto interessati a scoprire direttamente dai raggi gamma anche i pulsar velocissimi, ma il tempo di calcolo necessario per questa ricerca “alla cieca” cresce in modo drammatico all'accorciarsi del periodo. Per di più, i pulsar velocissimi – quelli che ruotano centinaia di volte al secondo – sono spesso situati in sistemi binari con una compagna alla quale hanno succhiato materia ed energia.

Questo rende la ricerca “alla cieca” ancora più complicata perché bisogna tenere conto anche dei parametri (ovviamente sconosciuti) di un ipotetico sistema binario. Inchiodare nei raggi gamma i pulsar superveloci binari è già molto difficile quando le osservazioni radio forniscono con precisione tutti i parametri, farlo alla cieca è stato fino ad oggi un sogno proibito. Ma qualche volta i sogni si avverano: il nuovo pulsar superveloce (chiamato J1311-3433 dalle sue coordinate nel cielo) è una sorgente di raggi gamma nota da circa 20 anni che finora era rimasta non identificata. I dati Fermi avevano rivelato

le caratteristiche tipiche dell'emissione di una stella di neutroni, ma gli astronomi radio non avevano trovato nulla di interessante alla posizione della sorgente. In casi come questo, gli astronomi gamma applicano speciali algoritmi di analisi “alla cieca” per cercare di mettere in luce le pulsazioni di una ipotetica stella di neutroni. In questo modo sono state scoperte tre dozzine di nuovi pulsar che emettono emissione gamma pulsata ma non danno nessun segnale in radio. I nuovi pulsar scoperti da Fermi sono stelle di neutroni isolate che ruotano con periodi di frazioni di secondo, medio-lunghi per le stelle di neutroni.

Anche la rivelazione di J1311-3433 sarebbe rimasto un sogno proibito se non fossero intervenuti degli aiuti da altre branche dell'astronomia. Mentre le osservazioni X hanno rivelato la probabile controparte della sorgente gamma, una fortunata sequenza di osservazioni ottiche rivelava la presenza di una sorgente variabile in modo ritmico, con un periodo di 93 minuti, in corrispondenza della sorgente X. Solo una stella di neutroni in un sistema binario poteva essere responsabile di un simile comportamento.

La conoscenza del periodo orbitale del sistema diminuisce lo sforzo di calcolo richiesto che, seppure gigantesco, diventa possibile. Scienziati dell'Albert Einstein Institute di Hannover non hanno avuto esitazione e hanno dedicato alla ricerca delle pulsazioni la potenza del loro supercomputer che, nell'attesa di potersi cimentare con la ricerca di onde gravitazionali, ha dimostrato di essere un ottimo cacciatore di pulsar gamma. Con J1311-3433 ha trovato pane per i suoi denti ma alla fine ce l'ha fatta: il pulsar ruota 400 volte al secondo e il sistema binario è di dimensioni molto piccole. La stella compagna ha 8 volte la massa di Giove e dista dalla stella di neutroni circa una volta e mezza la distanza tra la Terra e la Luna. Tutto il sistema starebbe comodamente all'interno del nostro Sole.

È una doppia da primati: primo pulsar velocissimo e primo esempio di pulsar in un sistema binario trovato nelle ricerche “alla cieca” partendo solo dai dati di Fermi.

I radioastronomi si sono sentiti sfidati da J1311-3433, si sono messi d'impegno e lo hanno osservato con tale accanimento che, alla fine, il pulsar si è arreso e si è fat-

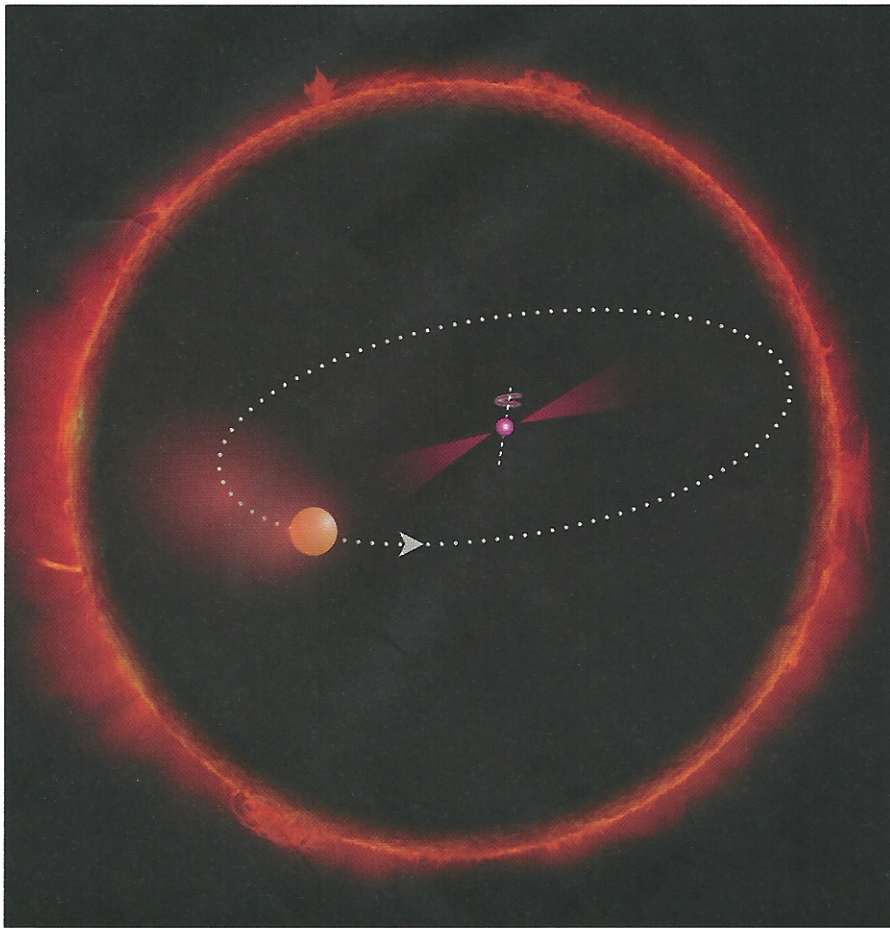


Immagine di fantasia del sistema doppio di J1311-3433. Come spiegato nel testo, il sistema è così stretto che potrebbe essere comodamente contenuto in uno spazio inferiore a quello occupato dalla nostra stella.

to vedere anche in radio. Tuttavia questo non toglie niente alla bellezza del risultato gamma che, grazie alla collaborazione con gli astronomi ottici che cercano variabilità, può aprire nuove frontiere nel capitolo della ricerca di pulsar superveloci. Ci sono novità anche nel campo dello studio dei resti di supernova perché appare sempre più chiaro che Fermi vede due famiglie di resti di supernovae: quelli giovani (non particolarmente brillanti) e quelli più avanti negli anni dove l'emissione è dovuta all'interazione dei raggi cosmici accelerati dalla supernova con nuvole molecolari che si trovano per caso nelle vicinanze. In questo caso le sorgenti sono generalmente estese e in due casi Fermi ha confermato il ripiegamento degli spettri a basse energie già visto da Agile che ci dice che i raggi cosmici accelerati sono protoni. Fino ad oggi, infatti,

avevamo il sospetto che i resti di supernova fossero la sede naturale dell'accelerazione dei protoni ma non ne avevamo la prova inoppugnabile. Si tratta, quindi, di un risultato particolarmente importante e sicuramente benvenuto nell'anno del centenario della scoperta dei raggi cosmici (v. *"le Stelle"* n. 113, pp. 55-59).

Rimanendo in campo galattico, l'altro risultato decisamente imprevisto di Fermi è la scoperta dell'emissione di due novae, colte nel momento del loro maggiore splendore. Si tratta di Nova Sco 2012 e di Nova Mon 2012, che vanno ad unirsi a V407 Cyg rivelata nel 2010 (v. *"le Stelle"* n. 89, pp. 11-13). La metà delle sorgenti variabili viste da Fermi all'interno della nostra galassia sono delle novae che emettono raggi gamma per una decina di giorni dopo l'accensione in ottico.

Si è anche molto parlato del centro ga-

lattico e della ricerca di un segnale da ipotetica materia oscura. Gruppi esterni alla collaborazione Fermi hanno annunciato di avere rivelato con significatività statistica di circa 3 sigma quella che potrebbe essere una riga a 130-135 GeV. Potrebbe essere interessante ma potrebbe anche trattarsi di un effetto strumentale, visto che l'anomalia si vede anche nei raggi gamma prodotti dall'atmosfera terrestre (dove l'antimateria non dovrebbe certo abbondare). Quello che è certo è che dal centro galattico sembrano emanare due strutture diffuse su larga scala che potremmo descrivere come due bolle. C'è chi pensa siano la prova di un'antica attività del buco nero centrale della Via Lattea e chi vede persino dei getti di raggi gamma uscire dal centro della Galassia.

Passando al cielo extragalattico, Fermi è universalmente ritenuto una macchina per rivelare una particolare famiglia di nuclei galattici attivi che prende il nome di *blazar*. Il secondo catalogo delle sorgenti Fermi ne contiene più di 1000 e il numero continua a salire, man mano che sorgenti non identificate vengono riconosciute come *blazars*.

Visto che i dati di Fermi offrono una copertura continua del cielo, le occasioni per cogliere al volo le sorgenti variabili sono continue. In parallelo, sono moltissime le sorgenti che vengono tenute sotto controllo da una rete di telescopi radio e ottici per poter correlare la variabilità alle diverse lunghezze d'onda e capire quale viene prima. È un'informazione molto importante per la modellistica ma sembra che ogni sorgente faccia a modo suo.

Parlando di sorgenti lontane caratterizzate da spiccato individualismo, non possiamo dimenticarci dei lampi gamma. Sono decisamente meno del previsto: appena 35 in 4 anni e mezzo, ma ognuno ci ha insegnato qualcosa permettendo, tra l'altro, anche di fare test di relatività generale. In generale l'emissione gamma è ritardata rispetto al lampo vero e proprio e dura molto più a lungo e questo pone grossi problemi a livello interpretativo.

Non solo risposte al Simposio, quindi, ma anche grandi interrogativi. Tipico della scienza.

**Patrizia Caraveo**