

Fermi incontra Fermi: DA ROMA ALL'UNIVERSO

OLTRE 400 SCIENZIATI PROVENIENTI DA TUTTO IL MONDO SI SONO INCONTRATI A ROMA PER DISCUTERE DI ASTRONOMIA GAMMA. È UN CAMPO CHE STA VIVENDO UN PERIODO DI STRAORDINARIO SUCCESSO GRAZIE AI RISULTATI DEI SATELLITI FERMI E AGILE

L'astronomia gamma sta vivendo un'epoca d'oro grazie a due missioni che scrutano continuamente il cielo. Da un lato Agile, piccola missione dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), dall'altra Fermi, missione di dimensioni molto maggiori della NASA, alla quale l'Italia ha dato e continua a fornire un importante contributo. Mai prima d'ora era stato possibile avere una copertura continua del cielo delle alte energie con due strumenti che dialogano, si scambiano allerte e, alla fine, ci permettono di studiare gli stessi fenomeni da diversi punti di vista. Il terzo simposio Fermi, che si è tenuto a Roma all'Università La Sapienza dal 9 al 12 maggio, ha offerto l'occasione di fare il punto dei risultati ottenuti fino ad ora.

Lanciata nel giugno 2008, la missione GLAST è subito diventata Fermi cambiando il suo nome di battesimo (v. *Le Stelle* n. 67, pp. 46-47) e ha dimostrato di giungere a prestazioni comparabili, se non migliori, a quelle delle più ottimistiche aspettative.

Dopo più di 30 mesi di attività, il Large Area Telescope (LAT) a bordo della missione Fermi ha raggiunto il traguardo di 170 miliardi di *trigger*. Ovviamente, questo non significa che Fermi LAT abbia rivelato 170 miliardi di fotoni gamma di alta energia! La maggior parte dei *trigger* sono riconducibili al passaggio di raggi cosmici, dei veri e propri ospiti indesiderati agli occhi degli astronomi gamma. Su questi intrusi, però, Fermi LAT sta raccogliendo una statistica impressionante. Non a caso, il risultato più "popolare" tra i più di 130 lavori pubblicati fino ad oggi dalla collaborazione Fermi è proprio quello sulla misura dello spettro degli elettroni.

Non meno entusiasmanti i risultati di astro-

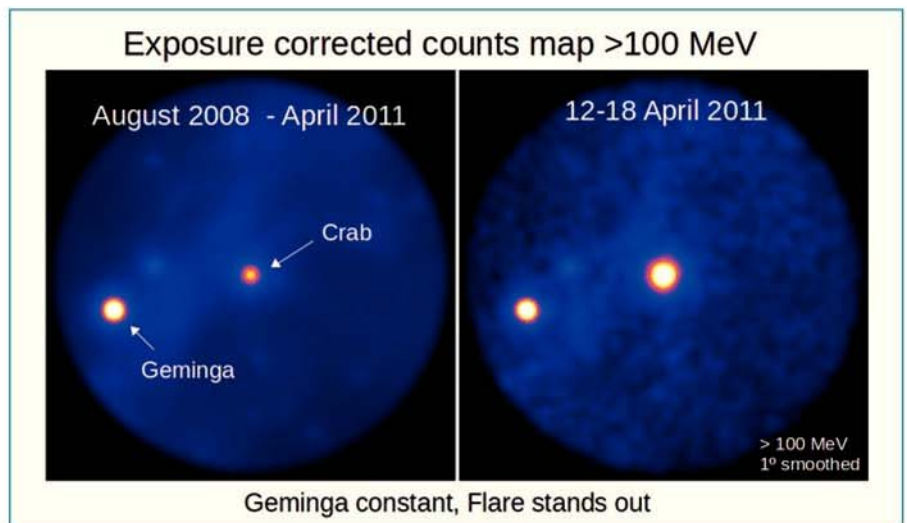


Immagine della spettacolare variabilità della *Pulsar Wind Nebula* che circonda la pulsar del Granchio. Generalmente meno brillante della vicina Geminga, la sorgente del Granchio, nell'aprile di quest'anno, è stata per alcuni giorni la sorgente gamma più brillante del cielo, superando anche la pulsar delle Vele.

fisica, ricavati dall'analisi di 28 milioni di fotoni gamma, un numero comunque impressionante. Molte famiglie di oggetti celesti sono rappresentate nel nuovo catalogo di 1888 sorgenti rivelate da Fermi: pulsar, *Gamma Ray Bursts* (GRB), galassie normali e attive, ammassi globulari, microquasar, resti di supernove.

In effetti, i risultati della missione Fermi rappresentano una vera rivoluzione nello studio dell'emissione gamma delle stelle di neutroni. Oltre a rivelare l'emissione pulsata da una trentina abbondante di pulsar radio, Fermi ha scoperto l'emissione di 27 pulsar velocissime, le cosiddette *pulsar millisecondo*, e ha svelato l'esistenza di altrettante stelle di neutroni che emettono radiazione gamma pulsata senza mostrare nessun segnale in radio. La scoperta delle prime 16

pulsar radio quiete, simili al prototipo Geminga, è stata classificata come una delle 10 scoperte più importanti del 2009 (v. *Le Stelle* n. 84, pp. 46-52). Da allora si sono aggiunte altre 10 pulsar scoperte in gamma. Ma c'è di più: andando a studiare sorgenti gamma non identificate, i radioastronomi hanno scoperto decine di nuove pulsar millisecondo. Una sorpresa veramente straordinaria che fa lievitare il numero di pulsar velocissime nella nostra galassia e ha importanti implicazioni sul tasso di formazione di queste stelle così estreme.

Per contro, la scoperta di stelle di neutroni che emettono in gamma ma non in radio non è, di per sé, rivoluzionaria. Sull'onda della comprensione del comportamento di Geminga noi e altri astrofisici avevamo avanzato l'ipotesi che molte delle sorgenti

gamma non identificate fossero pulsar senza emissione radio: basterebbe ipotizzare che il cono di emissione radio sia molto più stretto di quello gamma. Inoltre, è soltanto il rapporto tra i due che determina il rapporto tra pulsar gamma con e senza emissione radio. Quello che veramente stupisce è la rapidità con la quale si è arrivati a questi risultati. Mentre nel caso di Geminga c'erano voluti 20 anni di sforzi utilizzando tutte le lunghezze d'onda disponibili, per le "sorelle" di Geminga sono bastati pochi mesi, nei casi più difficili due anni. Il salto di qualità è stato reso possibile dalla grande area sensibile di Fermi, dallo sviluppo di software particolarmente intelligenti e dall'utilizzo di dati X già raccolti nel corso degli anni. Non dobbiamo dimenticare che le pulsar radio quiete di Fermi molto spesso coincidono con sorgenti già rivelate da EGRET (in alcuni casi si tratta di sorgenti già viste da COS-B) ma rimaste senza identificazione, rappresentando quindi la soluzione di un problema che durava da decenni.

Sono diversi i problemi storici che hanno trovato soluzione nel primo anno di attività di Fermi.

Finalmente è stato capito il comportamento di LSI 61°303, un sistema binario peculiare che era in lista di attesa dal 1981. Analogamente, è stato risolto l'enigma di Cygnus X3, un sistema binario dove un piccolo buco nero impiega 4,8h per orbitare attorno a una stella molto più grande, più calda e più attiva del nostro Sole. Cygnus X3 è classificato come microquasar perché, ogni tanto, diventa la sorgente radio più brillante del cielo, dimostrando che la sorgente compatta è capace di accelerare particelle in modo molto efficace. Nel 1977, analizzando i dati del satellite della NASA SAS-2, era parso di vedere il segnale della sorgente, ma il risultato non era mai stato confermato. È stato necessario l'avvento della nuova generazione di strumenti gamma per chiarire il mistero. Agile ha visto 4 volte la presenza di una sorgente variabile con posizione compatibile con Cygnus X3 mentre Fermi ha rivelato emissione variabile per periodi più estesi. Inoltre, grazie alla sua maggiore area di raccolta, ha rivelato la modulazione orbitale della sorgente durante i periodi di attività. Dopo un'attesa di 32 anni, i la-

tori di Agile e Fermi sono apparsi su *Nature* e *Science* a pochi giorni di distanza, nel dicembre 2009 (v. *Le Stelle* n. 80, pp. 20-21). Al simposio di Roma è stato presentato il primo sistema binario scoperto grazie alla sua emissione gamma. Il periodo di circa 16g è stato confermato in modo inequivocabile grazie a osservazioni di SWIFT.

Oltre a trasformare stelle di neutroni e buchi neri in brillanti sorgenti di raggi gamma, le particelle accelerate nella magnetosfera di una stella di neutroni diffondono nel mezzo circostante e formano le *Pulsar Wind Nebulae* (PWN). Viste a decine nei raggi X, cominciano a essere rilevate anche nei raggi gamma per le pulsar più energetiche come la pulsar del Granchio e la pulsar delle Vele. Proprio dalla PWN del Granchio è venuto uno dei risultati più sorprendenti discussi alla conferenza.

Dopo il *flare* del settembre 2010 (che ha generato una coppia di articoli su Agile e Fermi nel fascicolo di *Science* dell'11 febbraio scorso), del quale abbiamo già parlato (v. *Le Stelle* n. 92, pp. 20-21), la sorgente si è risvegliata nell'aprile 2011, con un'attività mostruosa che l'ha fatta divenire la sorgente più brillante del cielo gamma. Ancora più sorprendente è la mancanza di attività analoga nei raggi X. La campagna di monitoraggio, organizzata da Chandra, non ha mostrato però nulla di significativo.

Oltre alle PWN, anche i resti delle supernove iniziano a essere rivelati come sorgenti estese di radiazione gamma dalle quali cercare di estrarre informazioni sui meccanismi di accelerazione dei raggi cosmici, il più famoso dei quali è stato proposto proprio da Enrico Fermi negli anni '50.

Avere iniziato dai risultati sulle stelle di neutroni non vuole affatto mettere in secondo piano gli strepitosi risultati ottenuti in altri campi. Pensiamo alle galassie attive (AGN) che vengono rivelate a centinaia nei dati del satellite Fermi. Sono caratterizzate da una estrema variabilità e per capire il motore responsabile dell'emissione occorre studiarle, oltre che in gamma, nell'ottico, nell'X, nel radio, attraverso complesse campagne multilunghezza d'onda. La copertura continua del cielo gamma, unita a un'incessante attività di controllo dei dati, permette di seguire in tempo reale il comportamento delle sorgenti e di decidere quando sia il caso di

allertare altri strumenti. Alcune galassie particolarmente turbolente sono sempre sotto osservazione. Nel dicembre 2009, la galassia 3C454.3 è diventata per qualche giorno la sorgente più brillante del cielo gamma, un'occasione unica per studiare i meccanismi di emissione al lavoro nei getti della galassia.

Né bisogna dimenticare i lampi gamma. Brillano solo per pochi secondi, a volte anche solo frazioni di un secondo, e testimoniano la distruzione di una stella molto più grande del nostro Sole che diventa un buco nero. Durante l'esplosione viene liberata un'immane quantità di energia che viene incanalata in un getto dove si verificano le condizioni estreme che rendono possibile l'accelerazione delle particelle fino a velocità molto vicine a quella della luce.

I lampi gamma sono relativamente rari, pochi percento di quelli visti a energie inferiori, nei raggi X duri. Numerosi sono invece i *Terrestrial Gamma-ray Flashes* (TGF) (v. pp. 56-59), brevissimi lampi di radiazione energetica che appaiono correlati a zone di forte attività temporalesca nelle regioni equatoriali.

In definitiva, non male per meno di tre anni di attività in orbita. Fermi (Enrico) sarebbe orgoglioso dell'operato di Fermi (satellite) e troverebbe certamente appropriato che il simposio si sia svolto all'Università La Sapienza, dove ha insegnato per una dozzina di anni, da quando ha vinto la cattedra nel 1926 a quando ha vinto il Premio Nobel nel 1938. Per sottolineare la continuità culturale tra i due Fermi, Marco Malaspina dell'INAF ha realizzato un bellissimo filmato facilmente reperibile su YouTube (<http://www.youtube.com/watch?v=1ajh2y0k41k>) intitolato *Fermi meets Fermi* (Fermi incontra Fermi).

Se poi siete dei seguaci di APP, potete essere sempre aggiornati sulle novità della missione Fermi scaricando (gratuitamente) *Fermi Sky*. L'artefice dello sbarco dell'astrofisica gamma sull'iPhone (e, speriamo, presto anche su altre piattaforme) è Denis Bastieri, dell'Università di Padova, che si è avvalso dell'aiuto di Giacomo Saccardo, studente di informatica dell'Università di Trento. La APP è stata accolta con grande interesse e, nel giro di pochi giorni, è stata scaricata oltre 10.000 volte. ■

Patrizia Caraveo