

FERMI RICOMINCIA DA TRE

(cataloghi)

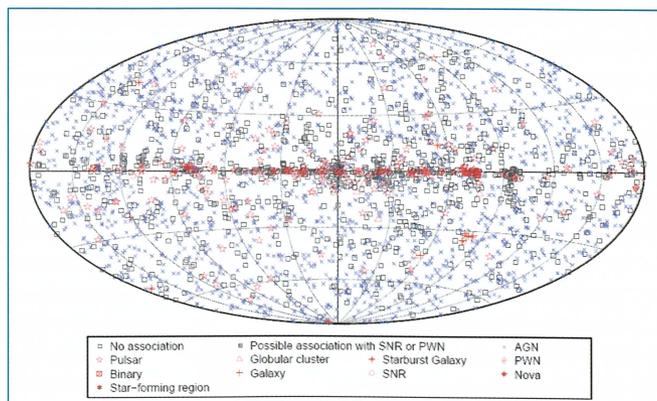
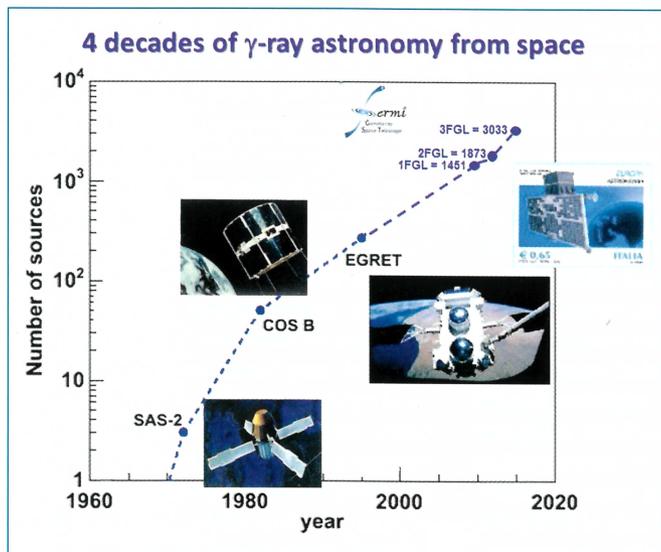
La collaborazione che gestisce il *Large Area Telescope* a bordo della missione FERMI ha recentemente completato e messo a disposizione delle comunità il nuovo catalogo delle sorgenti gamma, il terzo della serie

Il terzo catalogo delle sorgenti gamma della missione Fermi, scaricabile dal sito dedicato (http://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access/lat/4yr_catalog/), copre 48 mesi di dati, dall'agosto del 2008 al luglio 2012, e contiene 3033 sorgenti rivelate con significatività superiore a 4 sigma nell'intero intervallo di tempo. È interessante notare che il terzo catalogo, in breve 3FGL, con le sue 3033 sorgenti rivelate nei dati raccolti in 48 mesi, si inserisce bene sulla curva di crescita tracciata dal primo catalogo, che copriva 11 mesi e comprendeva 1451 sorgenti, e dal secondo con i suoi 24 mesi di dati per 1873 sorgenti. La sensibilità cresce con la radice quadrata del tempo di esposizione ma bisogna tenere conto anche delle migliorie continue del software di ricostruzione degli eventi gamma e di tutta l'analisi dati. Benché 3FGL si spinga a flussi limite mai raggiunti prima, il catalogo non contiene

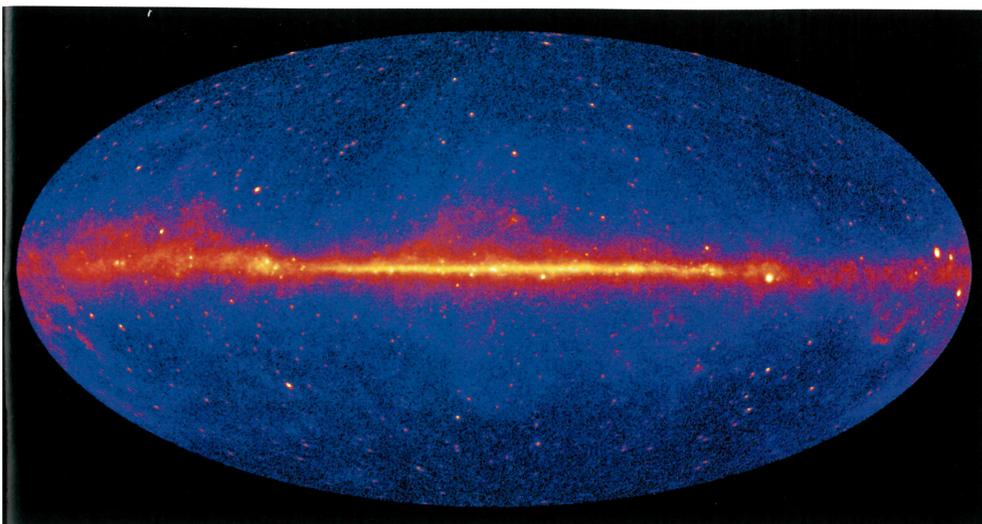
tutte le sorgenti rivelate da Fermi LAT. Sorgenti che hanno fatto saltuarie apparizioni nel cielo gamma, restando rivelabili solo per brevi periodi, difficilmente soddisfano le condizioni per entrare nel catalogo. Infatti, una volta che la loro emissione sporadica viene mediata anche sui lunghi periodi nei quali non hanno fatto registrare alcuna emissione, il risultato globale non supera la soglia minima. Ovviamente, questo non significa che le sorgenti variabili mancanti non siano reali, semplicemente hanno caratteristiche diverse.

Come mai una missione che è attiva da 66 mesi pubblica un catalogo che ne copre solo 48? La ragione sta nella complessità del lavoro da svolgere: estrarre le sorgenti gamma non è un processo semplice. Ovviamente si parte dalla carta del cielo gamma che è costruita a partire dai fotoni raccolti nel periodo considerato. Per evidenziare la presenza delle sorgenti,

specialmente nelle regioni più brillanti del piano galattico, occorre modellare l'emissione diffusa, prodotta dall'interazione dei raggi cosmici con il gas della nostra galassia, e sottrarla dall'emissione gamma misurata. È un processo delicato perché il modello dell'emissione diffusa non è univoco, ma dipende da diversi parametri che devono essere ottimizzati per fornire una buona descrizione dei dati. Quando si decide di partire con la costruzione di un nuovo catalogo basato su una maggiore quantità di dati, oppure su dati che hanno subito un nuovo processamento, è sempre necessario riaggiustare il modello del diffuso. Inoltre, in molti casi le sorgenti estratte presentano peculiarità che vanno esaminate e capite, per esempio quando le sorgenti risultano variabili oppure hanno una forma spettrale strana. Questo spiega l'apparente ritardo tra lo stato attuale della missione e il periodo coperto dal catalogo.



In alto: la visione generale della distribuzione delle sorgenti nel cielo gamma (divise per classi, riconoscibili dai diversi simboli usati) mostra chiaramente l'affollamento intorno al piano galattico e poi la copertura uniforme del cielo al di fuori della Via Lattea. A sinistra: l'evoluzione del numero di sorgenti gamma in 40 anni di osservazioni dallo spazio.



Mapa del cielo gamma in coordinate galattiche con la brillante striscia della Via Lattea che domina l'emissione.

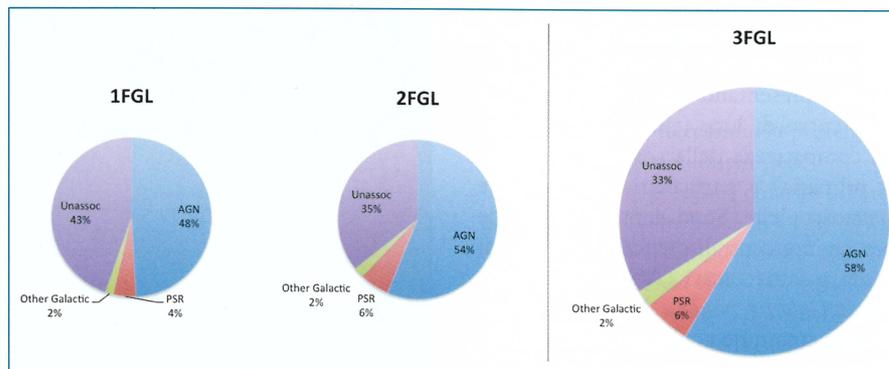
Dal momento che la superficie celeste coperta dal piano della Galassia è molto più piccola rispetto a quella di tutto il resto del cielo, significa che le sorgenti non identificate sono più concentrate nel piano della Galassia dove, in effetti, si somma il contributo delle sorgenti galattiche, quali pulsar, resti di supernova, sorgenti binarie non ancora riconosciute, con quello di galassie attive che sono sfuggite alla catalogazione perché oscurate dalla polvere e dal gas della Via Lattea.

A rendere tutto più difficile è anche l'emissione diffusa che, in gamma, è molto più brillante (e fastidiosa) nel piano della Galassia dove il riconoscimento e la localizzazione delle sorgenti è oggettivamente più difficile. Per quanto riguarda il resto

Per ogni sorgente, oltre alla posizione ed al flusso totale, vengono fornite indicazioni sulla forma spettrale ed un indice di variabilità calcolato sul tempo scala di un mese. Sono queste le informazioni che vengono usate per cercare di capire la natura delle sorgenti rivelate da Fermi. Benché si siano fatti significativi sforzi per ridurre al minimo le dimensioni delle regioni d'errore associate a ciascuna sorgente, l'incertezza nel posizionamento è comunque tale da impedire una identificazione delle sorgenti solo sulla base della coincidenza posizionale con altri oggetti celesti.

Per parlare di identificazione, oltre alla coincidenza spaziale, occorre anche informazione temporale quale pulsazione (per le stelle di neutroni), variabilità orbitale (per le sorgenti binarie) e variabilità correlata ad altre lunghezze d'onda (per i nuclei galattici attivi). Alternativamente, nel caso di sorgenti non puntiformi, è possibile sfruttare l'informazione sull'estensione per identificare le sorgenti gamma con altre sorgenti estese presenti nell'*error box*. È il caso dei resti di supernova, delle *Pulsar Wind Nebulae* e della radio galassia Centauro A (che presenta in gamma un'estensione compatibile con i lobi radio) oppure della Grande Nube di Magellano.

In totale, le sorgenti identificate con assoluta certezza sono 232. La classe dominante è sicuramente quella dei pulsar che contribuiscono con 137 oggetti, seguiti da 66 galassie attive, poi si torna in campo galattico con 12 resti di supernova, 9



I risultati dei tre cataloghi del satellite Fermi a confronto, come si vede la parte maggioritaria spetta ai nuclei galattici attivi (AGN) e le sorgenti non identificate rimangono anche nel terzo catalogo un terzo del totale.

PWN, 3 sorgenti binarie e così via. Anche quando non sia possibile identificare con sicurezza le sorgenti, si possono utilizzare i cataloghi (con particolare attenzione alle classi di oggetti che si sanno emettere in raggi gamma) per cercare possibili candidate controparti per poi valutare la probabilità dell'associazione. In questo modo si compila la lista delle sorgenti associate, molto più numerose di quelle identificate. Si tratta di 1809 sorgenti, 1500 delle quali sono associate a galassie attive di vario tipo.

Alla fine, rimangono 992 sorgenti per le quali non si è trovata alcuna associazione plausibile: sono le sorgenti non identificate che rappresentano il 33% dell'intero catalogo. A loro volta, un terzo delle sorgenti non identificate è concentrato in prossimità del piano della nostra galassia mentre le restanti 658 sono uniformemente spalmate nel cielo.

del cielo, è ragionevole presupporre che buona parte delle sorgenti non identificate siano galassie attive che sono sfuggite alla catalogazione. Non è un caso che nelle regioni meglio coperte dai cataloghi si registri una densità inferiore di sorgenti non identificate.

È interessante notare che il contributo relativo delle diverse classi di sorgenti alla torta complessiva delle sorgenti gamma sembra essersi stabilizzato. Il paragone tra i contributi delle diverse classi di emettitori gamma per i tre cataloghi Fermi pubblicati utilizzando i dati raccolti in 11, 24 e 48 mesi (*v. figura*) mostra poche variazioni tra il secondo e il terzo, con le sorgenti non identificate attestare intorno a poco più del 30%.

Il bacino delle sorgenti non identificate, galattiche e non, costituisce quindi un grande spazio di scoperta per gli anni a venire. ■

Patrizia Caraveo