

# Un'altra Geminga?

*Continua il momento d'oro dell'astrofisica delle alte energie.  
Scoperta una stella di neutroni che, come la più famosa Geminga,  
non emette nella banda radio.*

*E nel frattempo il satellite AGILE rivela l'emissione gamma di una pulsar radio*

**T**empi d'oro per lo studio dell'emissione di alta energia delle stelle di neutroni! Nel giro di pochi giorni si sono accavallate scoperte che mancavano da anni in questo campo. Le novità vengono da terra e dallo spazio. La collaborazione MAGIC, che gestisce un osservatorio Cerenkov per l'osservazione di raggi gamma di altissima energia alle Canarie, ha magicamente rivelato le pulsazioni dalla pulsar del Granchio. Mentre non è certo una novità che la pulsar del Granchio pulsi, è assolutamente inedito vedere pulsazioni a energie così elevate. In effetti, MAGIC ha fatto grandi sforzi per abbassare la soglia di energia che riesce a rivelare, arrivando fino a 25 GeV, un valore equivalente a 25 miliardi di fotoni ottici che può sembrare altissimo ma che è straordinariamente basso per l'astronomia gamma da terra.

Si tratta di un grosso risultato tecnologico, basato su delicate modifiche al sistema di acquisizione dati, che ha delle importanti implicazioni sulla fisica dell'emissione della stella di neutroni.

Le altre novità vengono dal lavoro dei satelliti AGILE e Fermi-LAT, entrambi felicemente operativi in orbita. Mentre AGILE ha rivelato l'emissione gamma di una nuova pulsar radio (la prima del nuovo millennio e la prima aggiunta al piccolo gruppo di pulsar gamma dopo più di 10 anni), Fermi-LAT ha scovato una nuova stella di neutroni senza emissione radio, una parente di Geminga, per intenderci. Le due stelle di neutroni protagoniste dei due risultati sono sorprendentemente simili e hanno caratteristiche molto vicine a quelle della pulsar nel resto di supernova

delle Vele. Entrambe hanno circa 10.000 anni e ruotano intorno al loro asse diverse volte al secondo. La pulsar radio vista da AGILE si chiama PSR J2021+3516 e si trova nella regione del Cigno dove già il vecchio e glorioso COS-B aveva visto una sorgente gamma. Peccato che la pulsar radio all'epoca non fosse nota, visto che è stata scoperta pochi anni fa. Per di più, è una pulsar "rumorosa" e va seguita con costanza sia in radio sia in gamma per non perdere la coerenza del segnale. Aggiungiamo che per dedicare la propria attenzione a J2021 bisogna crederci. A prima vista, infatti, non sembrerebbe un oggetto molto interessante per gli astronomi gamma. Utilizzando la dispersione del segnale radio (proporzionale al numero di elettroni incontrati nel cammino tra la sorgente e i nostri strumenti) i radioastronomi pongono la sorgente a 12 kpc, una volta e mezza la distanza tra noi e il centro della galassia, per intenderci. Poiché il flusso che riceviamo da un oggetto celeste è inversamente proporzionale al quadrato della sua distanza, è più facile aspettarsi di rivelare emissioni da un oggetto vicino piuttosto che da un oggetto lontano.

Non stupisce dunque che nella lista delle pulsar radio più promettenti J2021 sia al centesimo posto.

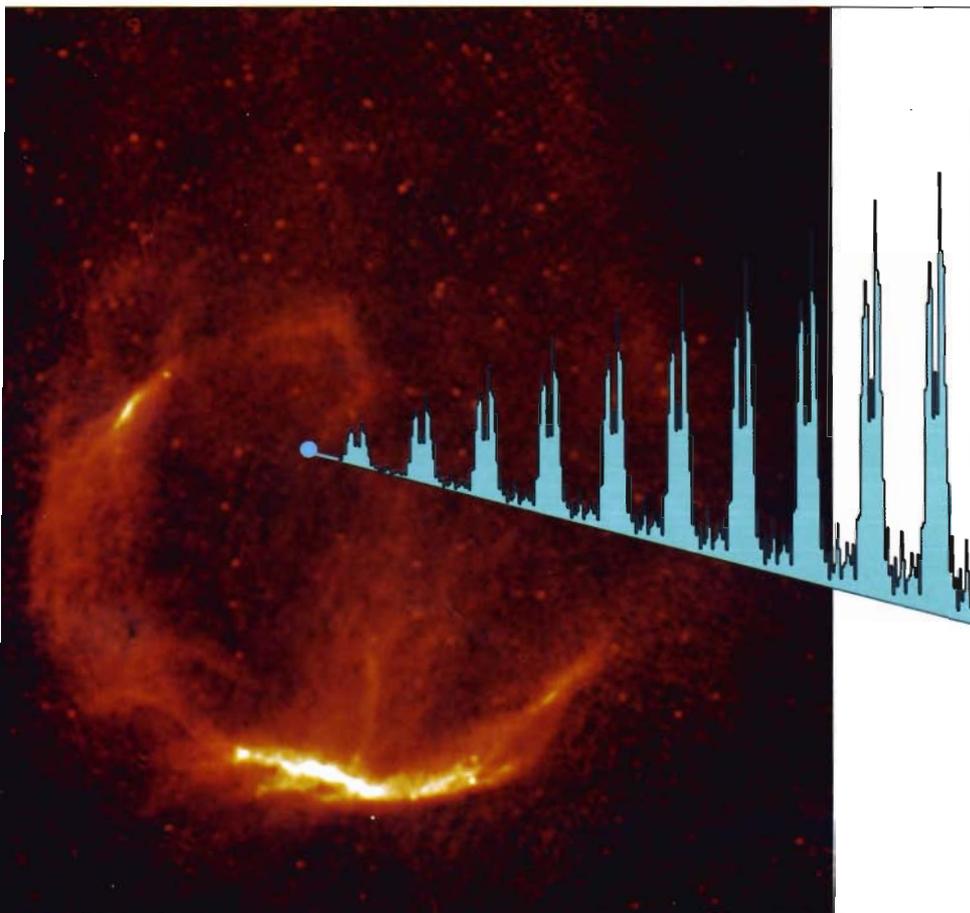
Qualcuno però aveva cominciato a sospettare che la stima della distanza fosse troppo pessimistica e ha deciso di giocare le sue carte proprio su questo pulsar chiedendo di poter analizzare i dati raccolti dal satellite AGILE. Jules Halpern e il suo gruppo dell'Università di Columbia, a New York, hanno avuto ragione perché hanno effettivamente rivelato il clas-

sico segnale di una pulsar gamma.

È la sesta pulsar ad avere emissione gamma a energie al di sopra dei 100 MeV ed è la prima *new entry* nella famiglia delle pulsar di alta energia da oltre 10 anni. Un successo importante per la missione AGILE e per il suo programma di Guest Observer che permette anche a scienziati che non hanno partecipato direttamente alla missione di utilizzare i dati del satellite. Un risultato che insegna anche a non prendere per oro colato le stime di distanza.

Dopo le novità sulle pulsar radio, passiamo alle più misteriose stelle di neutroni che non si fanno rivelare dai radiotelescopi. Da sempre sappiamo che le stelle di neutroni sono il resto dell'esplosione di una stella molto più massiva del nostro Sole.

La massa della stella viene in buona parte proiettata nello spazio circostante, formando una spettacolare bolla di gas in espansione, mentre ciò che rimane della stella, cioè la parte più centrale, collassa a seguito della sua stessa gravità e si riduce a un oggetto astronomico piccolissimo: una stella di neutroni (v. pag. 24). Con una massa equivalente a quella del Sole compressa in un raggio di 10 km, una stella di neutroni è un formidabile laboratorio per la fisica estrema. Insieme alla massa del nucleo della stella progenitrice, la stella di neutroni eredita campo magnetico e momento angolare, e questo la costringe a ruotare rapidissimamente e a possedere un elevatissimo campo magnetico. Due ingredienti che fanno sì che la stella si comporti come un faro cosmico, emettendo radiazione non in modo uniforme, ma secondo geometrie ben precise. I fari per la navigazione



Il resto di supernova CTA-1 con evidenziata la posizione e l'emissione della nuova pulsar radio quieta captata dallo strumento Fermi-LAT.

emettono la loro luce in un cono che "spazzola" il mare. Se non siamo sulla superficie del mare non veniamo colpiti dalla luce.

Lo stesso succede con le stelle di neutroni: il campo magnetico direziona la loro emissione mentre la rotazione fa girare il cono di emissione che "illumina" una porzione della volta celeste. Se la Terra si trova all'interno dell'area spazzolata noi riveliamo l'emissione della stella e misuriamo le sue caratteristiche, altrimenti viviamo in mondi paralleli che non hanno modo di accorgersi l'uno dell'altro. Ovviamente, più piccolo è il cono di emissione, minore è la probabilità di rivelare il segnale. È quindi normale aspettarsi che la galassia contenga una grande quantità di stelle di neutroni i cui coni di emissione non intercettano la Terra risultando, quindi, invisibili.

Generalmente, le stelle di neutroni

vengono rivelate a partire dalla loro emissione radio: così ne sono state viste quasi 2.000. Più raramente emettono luce visibile, raggi X e gamma ma il canale privilegiato, perché tecnicamente più facile, rimane quello radio. Con una notevole eccezione: la stella di neutroni Geminga, che è una brillante sorgente gamma, una modesta sorgente ottica e una sorgente radio inesistente. Geminga è stato il primo esempio di pulsar radio quieta, caratteristica che ha fatto nascere il dubbio che la geometria dell'emissione potrebbe essere diversa alle diverse frequenze: più stretta in radio e via via più larga all'aumentare dell'energia. L'area di cielo coperta dall'emissione gamma dovrebbe essere maggiore di quella spazzolata in radio, favorendo l'osservabilità delle stelle di neutroni come sorgenti di raggi gamma, a patto di avere uno strumento gamma ca-

pace di raccogliere abbastanza fotoni. Lo strumento Fermi-LAT, lanciato nel giugno di quest'anno (v. *Le Stelle* n. 67, pp. 46-47), ha la sensibilità necessaria per raccogliere questa sfida e i risultati non si sono fatti aspettare. A solo 4 mesi dal lancio, ecco la scoperta della prima stella di neutroni radio quieta, captata solo grazie alla sua emissione gamma e ad astutissime tecniche di analisi dati. Per Geminga erano occorsi 20 anni di osservazioni a tutte le lunghezze d'onda e alla fine la chiave l'aveva fornita l'astronomia X, quando il satellite ROSAT aveva finalmente scoperto la periodicità della sorgente. Adesso l'astronomia gamma ha imparato la lezione e fa tutto da sola posizionando le sorgenti con buona precisione e cercando periodicità in modo autonomo. Il risultato è la scoperta di una stella di neutroni senza emissione radio all'interno del resto di supernova CTA-1, una bolla di gas alla distanza di 4.600 anni luce esplosa circa 10.000 anni fa. La stella di neutroni ruota 3 volte al secondo e ha il comportamento che ci si aspetterebbe da una pulsar di circa 10.000 anni.

Si tratta quindi di una sorgente più giovane e più energetica di Geminga che non ha trovato una sorella, ma piuttosto una cugina.

Dettagliati studi in raggi X avevano già evidenziato la presenza di una sorgente circondata da una piccola nebulosità che era stata correttamente interpretata come l'emissione di una stella di neutroni e della sua nuvoletta di particelle di alta energia. A differenza di Geminga, però, l'emissione X è molto debole e nessuna ricerca era riuscita a riconoscere la variabilità ritmica che segnala la rotazione di una stella di neutroni. Nemmeno adesso che sappiamo il valore esatto del periodo riusciamo a vedere chiaramente la pulsazione nei dati X che sono disponibili negli archivi astronomici. Stiamo forse scoprendo una nuova famiglia di stelle di neutroni molto più brillanti in raggi gamma che in tutte le altre frequenze? I prossimi mesi ci riserveranno sicuramente altre sorprese.

Patrizia Caraveo