

GIANT FLARE DALLE MAGNETAR

UN RISULTATO ECCEZIONALE NELL'ASTRONOMIA GAMMA
GRAZIE A UNA TECNOLOGIA DI 50 ANNI FA

In un mondo dove le tecnologie cambiano con grande rapidità, fa impressione vedere che un'idea applicata per la prima volta negli anni 70 continui a essere usata e a fornire risultati degni di essere pubblicati su rivista scientifica internazionale.

L'idea è l'IpN (*InterPlanetary Network*), sviluppata cinquanta anni fa dopo la pubblicazione dei dati relativi alla rivelazione di brevi lampi gamma di origine celeste. Li avevano visti, a partire dal 1967, i rivelatori a bordo dei satelliti Vela che erano stati messi in orbita dal Dipartimento della Difesa Usa per controllare l'applicazione degli accordi sulla messa al bando degli esperimenti nucleari nell'atmosfera.

TRIANGOLAZIONI CELESTI

Per capire quali oggetti celesti fossero responsabili di questi lampi gamma, che avrebbero preso il nome di *Gamma-Ray Burst* (Grb), occorre posizionare accuratamente gli eventi nel tempo e nello spazio. Ma la brevità dei lampi, insieme al fatto che sembravano provenire da tutte le regioni del cielo, rendeva il

compito veramente arduo. Sarebbe stato necessario sviluppare nuovi strumenti da mettere in orbita, e quindi attendere i tempi necessari per le proposte, le approvazioni e i finanziamenti.

Per velocizzare il processo, si pensò di montare dei piccoli rivelatori gamma a bordo di satelliti già pronti a partire per missioni interplanetarie. La scelta di utilizzare satelliti che andavano lontano, piuttosto che quelli in orbita terrestre, aveva lo scopo di massimizzare la distanza tra i vari rivelatori, per applicare la tecnica della differenza dei tempi di arrivo dello stesso segnale in punti diversi. Il segnale rapidissimo dei Grb si presta bene a questa tecnica, perché il suo inizio è facile da riconoscere e da temporizzare con precisione. Confrontando i tempi di arrivo registrati dai diversi satelliti si può così "triangolare" l'informazione, per determinare la direzione di arrivo del

*PATRIZIA CARAVEO

È DIRIGENTE DI RICERCA ALL'ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA (INAF) E LAVORA ALL'ISTITUTO DI ASTROFISICA SPAZIALE E FISICA COSMICA DI MILANO.

segnale. Il calcolo non è immediato, perché bisogna aspettare che i dati delle missioni vengano acquisiti dalle antenne radio del *Deep Space Network*; poi bisogna riconoscere il segnale e determinare la posizione precisa di ogni sonda nel momento della rivelazione. A questo punto, si può iniziare la procedura della triangolazione.

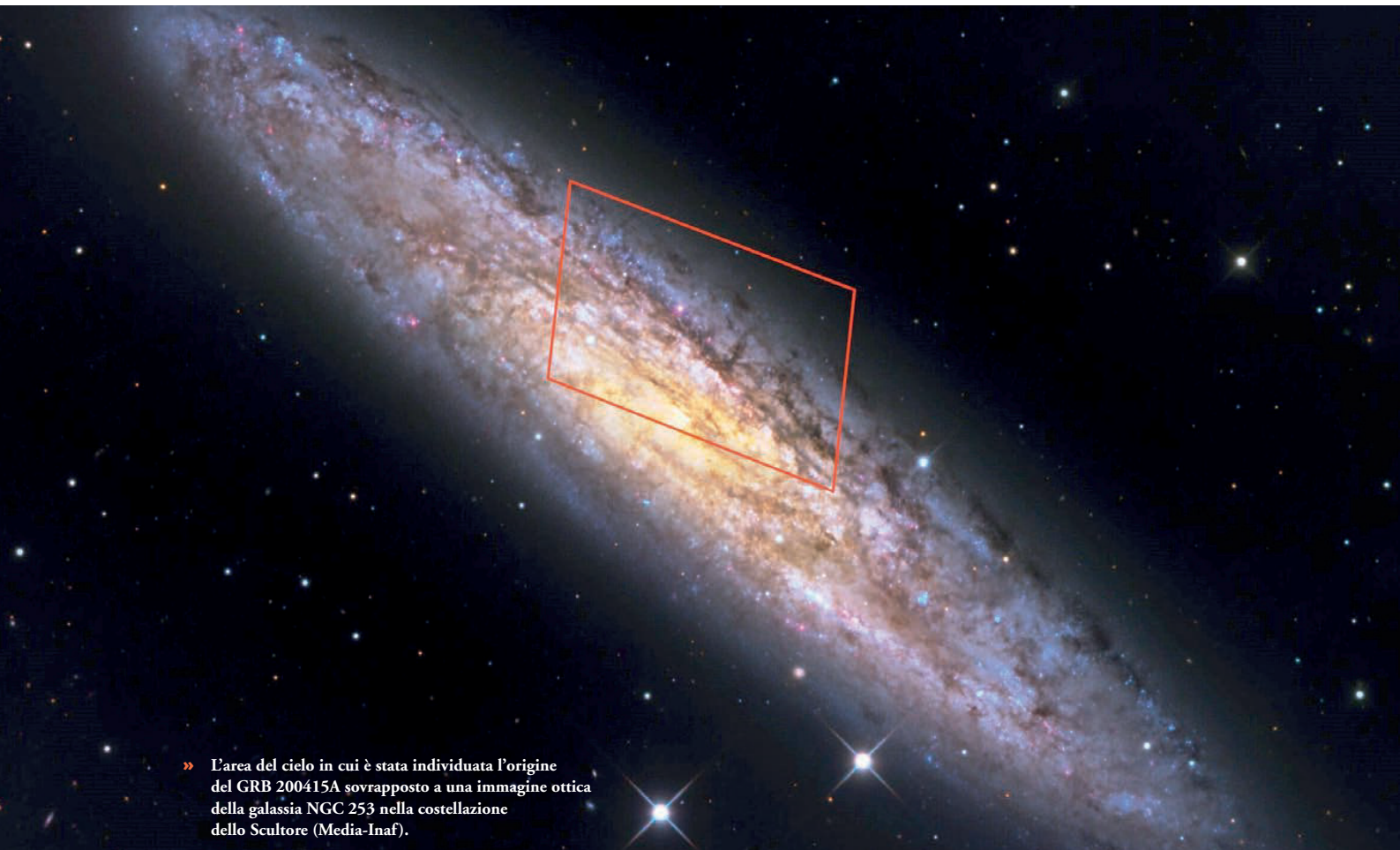
Il primo IpN iniziò a funzionare nel 1976 e ottenne il primo risultato importante il 5 e 6 marzo 1979, quando posizionò due lampi gamma nella costellazione del Dorado nella Grande Nube di Magellano. Nei decenni successivi la tecnica si è estesa e sono stati definiti un secondo e un terzo IpN, in funzione delle sonde attive in questa rete interplanetaria.

L'ERA DEGLI STRUMENTI DEDICATI

Dopo l'era pionieristica, sono stati sviluppati strumenti dedicati ai Grb e in grado di fornire un posizionamento rapido. Ha iniziato Batse a bordo del *Compton Gamma-Ray Telescope*, con una risoluzione angolare grossolana ma con risultati



» Sopra: l'emissione di un potente brillamento dalla superficie di una magnetar. Inquadra il QR per guardare il video dedicato all'evento del 15 aprile 2020 dalla Nasa.
Sotto: il resto di supernova N49, distante 160mila anni luce nella Grande Nube di Magellano, galassia satellite della Via Lattea. Qui è stato localizzato da Ipn il primo lampo di raggi gamma "ripetitore", nel 1979.



» L'area del cielo in cui è stata individuata l'origine del GRB 200415A sovrapposto a una immagine ottica della galassia NGC 253 nella costellazione dello Scultore (Media-Inaf).

immediati. Batse ha scoperto che i Grb sono uniformemente distribuiti sulla volta celeste (quindi sono molti vicini o sono molto lontani) e che si dividono in due grandi gruppi: quelli corti (con durata inferiore a due secondi) e quelli lunghi (con durata superiore).

Nel 1997 viene lanciato *BeppoSAX*, che ha dato contributi fondamentali alla comprensione dei Grb, scoprendo l'esistenza della

luminescenza residua nella banda X, che ha permesso di identificare l'origine dei Grb lunghi. Nel 2002 è stato lanciato *Integral* e nel 2004 *Swift*, che riescono a posizionare con precisione i Grb. Poi è stata la volta degli strumenti gamma di alta energia come *Agile*, lanciato nel 2007 (vedi l'intervista al "papà" di Agile su *Cosmo* n. 14), e *Fermi*, nel 2008. *Fermi* ha a bordo uno strumento dedicato allo studio dei Grb che

ricalca un po' le orme di Batse: molto sensibile a rivelare il segnale, meno bravo a posizionarlo, cosa che deve essere fatta da *Swift*, grazie a un puntamento rapido sulla regione di interesse.

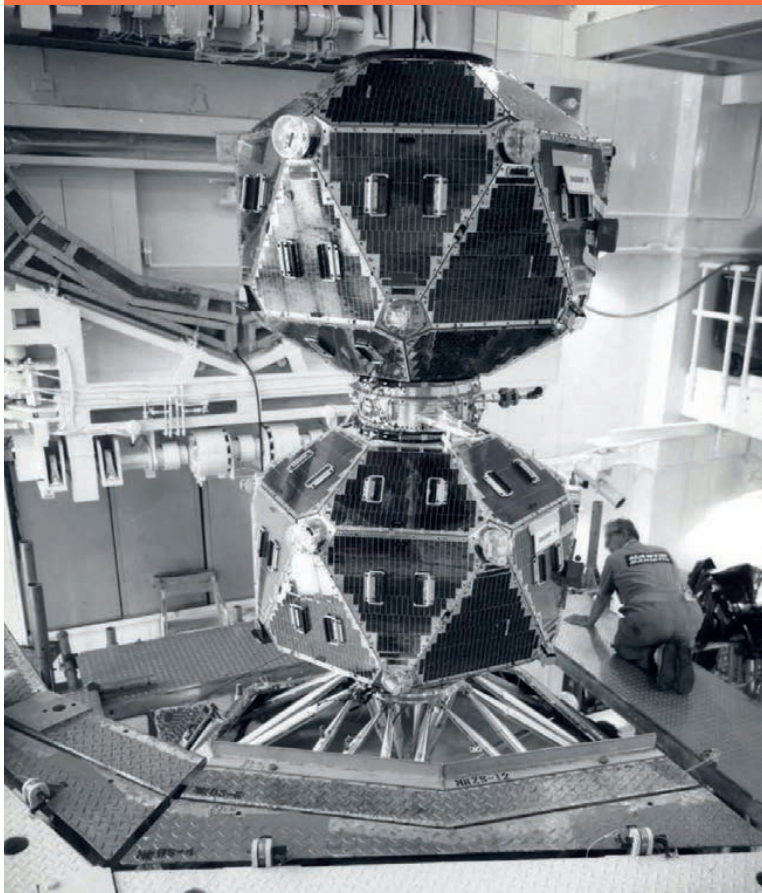
Sia *Fermi* che *Agile* rivelano raggi gamma di alta energia dai Grb, ma a volte possono dare solo l'informazione temporale e non quella posizionale. Ma grazie al sistema Ipn, queste informazioni

LA SCOPERTA DEI LAMPI DI RAGGI GAMMA

➤ Dato che l'esplosione di una bomba nucleare produce dei raggi gamma, i satelliti Vela (*figura*) avevano a bordo dei rivelatori di queste radiazioni molto energetiche, per tenere sotto controllo l'atmosfera terrestre e verificare il rispetto dei trattati nucleari.

La rivelazione del primo breve lampo gamma nel 1967 non causò una crisi internazionale, perché, confrontando il tempo di arrivo del segnale tra i diversi satelliti in orbita, gli scienziati si erano resi conto che non si trattava di un segnale di origine terrestre, ma proveniente dal cosmo. Per questo i risultati vennero desecretati e furono pubblicati già nel 1973.

Uno strumento nato nell'ambito della Guerra Fredda aveva contribuito allo sviluppo della astronomia gamma.



vengono comunque utilizzate, triangolandole con quelle ricevute da satelliti in giro per il Sistema solare. Infatti, nonostante le capacità di posizionamento di *Swift*, che posiziona la sorgente dei lampi gamma in pochi minuti con il suo telescopio X, il sistema Ipn continua a funzionare, perché nessun segnale intenso può sfuggire ai suoi rivelatori omnidirezionali, a differenza di ciò che può avvenire con *Swift*, se non è puntato nella direzione giusta. Inoltre, Ipn costa poco e viene gestito da pochi ricercatori con decenni di esperienza.

TERREMOTI STELLARI

Ipn è un sistema che funziona al meglio per lampi brevi e molto intensi, come quello registrato il 15 aprile 2020: un unico impulso durato poco più di un decimo di secondo. Il lampo gamma ha raggiunto prima il rivelatore russo a bordo della missione *Mars Odyssey* della Nasa intorno a Marte, poi ha viaggiato per 6,6 minuti prima di colpire un altro rivelatore russo a bordo della sonda *Wind* della Nasa, posizionata nel punto L1 tra la Terra e il Sole, per raggiungere, 4,5 secondi dopo, i satelliti gamma in orbita terrestre e lo strumento Asim (*Atmosphere-Space Interaction Monitor*) installato sulla Stazione spaziale internazionale. Questo evento, chiamato GRB 200415A, presentava una curva di luce molto particolare, con una salita rapidissima verso il picco di emissione (appena 2 millisecondi), seguita da una discesa che ha esaurito l'emissione in 160 millisecondi. Curve di luce così estreme sono rare nel panorama dei lampi corti e ricordano il comportamento di



» Illustrazione artistica di un *Giant Flare* emesso da una magnetar.

alcune magnetar, stelle di neutroni con altissimi campi magnetici che possono produrre radiazione X e gamma di bassa energia in seguito a riarrangiamenti del loro spaventoso campo magnetico (nell'ordine dei dieci miliardi di tesla), che producono veri e propri terremoti stellari, gli "stellamoti".

Il GRB 200415A è stato catalogato come un brillamento eccezionale, un *Giant Flare* (vedi il box), ed è stato localizzato nella galassia NGC 253, visibile nella costellazione dello Scultore e distante 11,4 milioni di anni luce.

Un evento da record, che passerà alla storia anche per aver prodotto fotoni gamma di energie più alte di quelle misurate nelle magnetar galattiche. Lo strumento Lat di *Fermi* ha rivelato tre fotoni con energia pari a 480 MeV, 1,3 e 1,7 GeV, giunti con lievi ritardi rispetto all'emissione iniziale (tra 19 e 280 secondi dopo). Questi ritardi rispetto all'emissione, che si è esaurita in poco più di un decimo di secondo, dimostrano che l'emissione

gamma viene prodotta dopo, in una regione lontana dalla magnetar, per effetto dell'onda d'urto che si forma per effetto dell'interazione tra il suo campo magnetico e il mezzo interstellare.

Quando la radiazione e le altre particelle energetiche del brillamento rilasciato dalla magnetar raggiungono l'onda d'urto, la radiazione passa per prima, dando origine alla prima parte del lampo gamma ricevuto dai diversi satelliti. Pochi secondi dopo, le particelle si scontrano con il gas nell'onda d'urto e vengono accelerate da questa interazione, producendo i raggi gamma di più alta energia, registrati poco dopo.

Per mettere alla prova questa spiegazione, occorrerebbe indagare eventi più vicini, come quello del 2004, che però avvenne quando non c'erano in orbita rivelatori di raggi gamma di alta energia. Resta il fatto che il vetusto Ipn ha comunque ottenuto un risultato decisamente notevole, a riprova che le buone idee non invecchiano. ∞

I GIANT FLARE DELLE MAGNETAR

» I lampi gamma emessi dalle magnetar vengono chiamati "ripetitori" perché sono prodotti a ripetizione, segno che non si tratta di eventi distruttivi. Perciò, questi lampi non sono individuati con la data dell'evento, come gli altri eventi gamma, ma con la sigla SGR (*Soft Gamma Repeater*), seguita dalle coordinate.

Conosciamo una ventina di magnetar SGR nella nostra Galassia e nella Grande Nube di Magellano (Lmc), ma in tre casi è stata vista un'emissione eccezionalmente brillante, un *Giant Flare* caratterizzato da un picco brevissimo e abbagliante, che ha "accecato" i rivelatori, seguito da un decadimento, durante il quale si è notata una modulazione, dovuta alla rotazione della stella di neutroni. È stato calcolato che un brillamento del genere può rilasciare una quantità di energia pari a circa 100mila volte quella rilasciata dal Sole in un anno.

Il primo ripetitore (SGR 0525-66) è stato rivelato nel 1979 e localizzato da Ipn all'interno di un resto di supernova nella Lmc, poi ne sono stati rivelati due nella Via Lattea, nel 1998 (SGR 1900+14) e nel 2004 (SGR 1806-20). Quest'ultimo è avvenuto più o meno alla distanza del centro galattico, ma l'energia trasportata dal lampo gamma ha perfino perturbato la ionosfera terrestre. Si ritiene che l'energia dei *Giant Flare* sia tale da farci individuare questi eventi anche in galassie esterne, fino a 50 milioni di anni luce di distanza.