

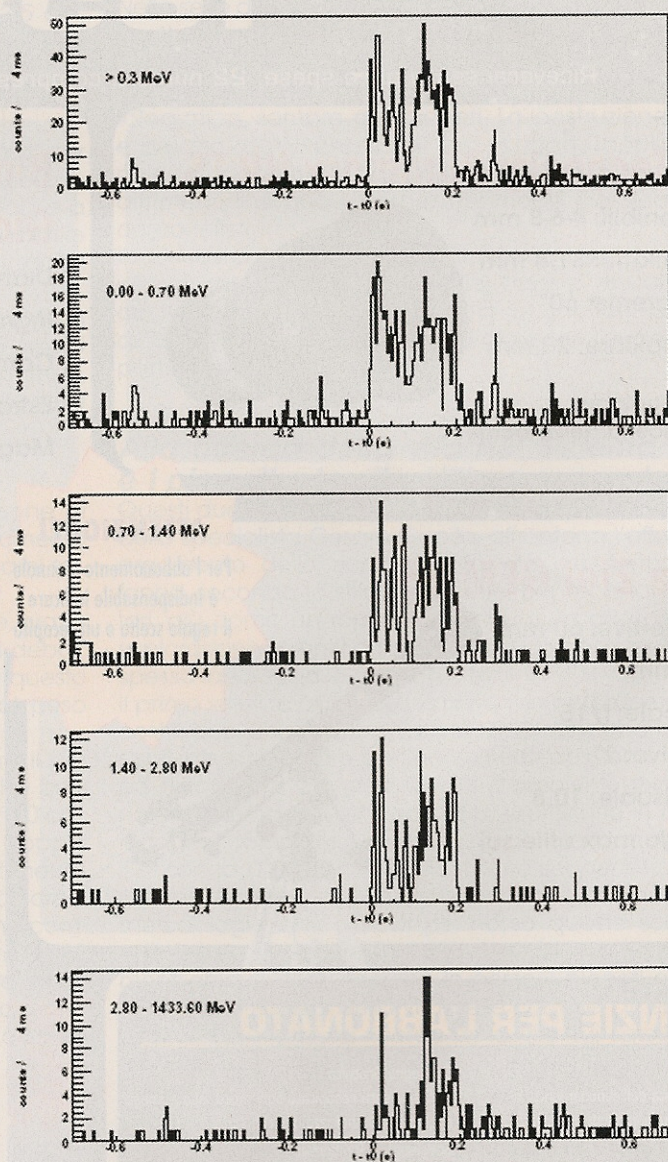
I GRB mettono alla prova la costanza della velocità della luce

Un lampo gamma breve, osservato lo scorso 10 maggio sia da Swift che da Fermi, ha permesso di accertare che i fotoni di diversa energia hanno viaggiato alla stessa velocità

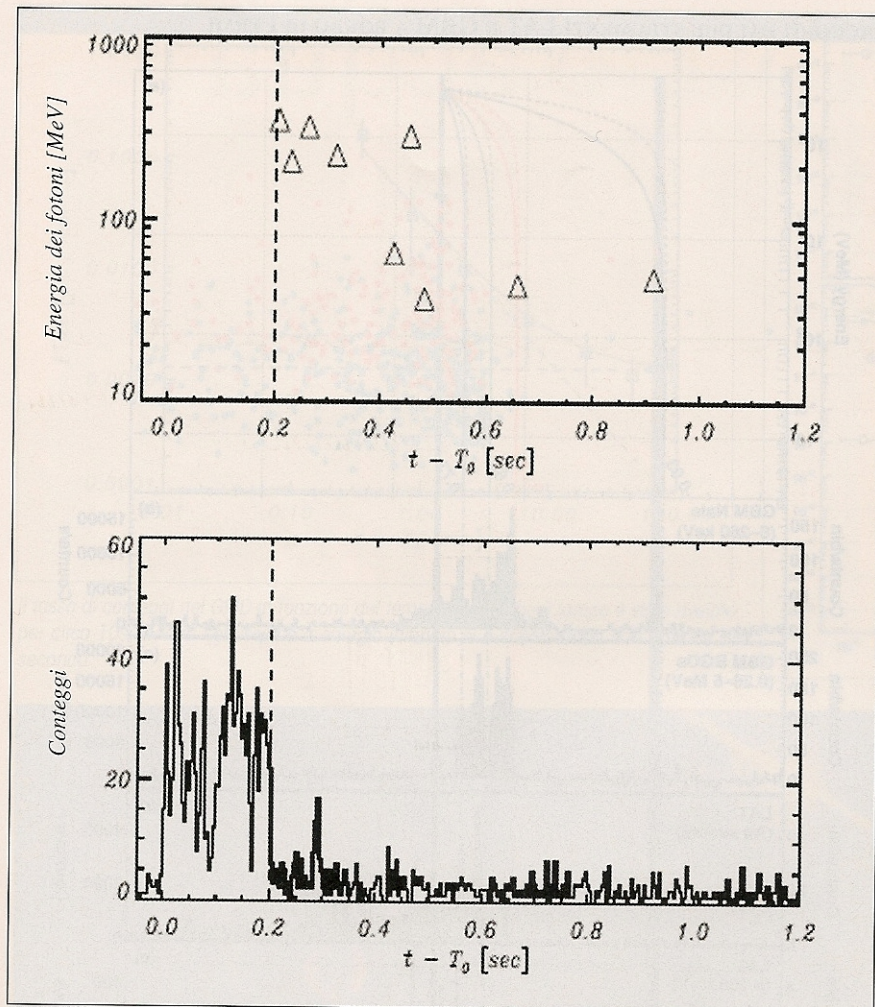
All'incirca una volta al giorno nel cielo visto ai raggi X e gamma si accende un faro che dura un tempo brevissimo, dalle frazioni di secondo fino a qualche minuto. Si tratta dei lampi gamma, che in quel breve intervallo di tempo sono di brillantezza accecante e "oscurano" il resto del cielo.

I lampi gamma esplodono dove e quando vogliono, e per studiarli bisogna disporre di strumenti in orbita (non dimentichiamo che i raggi X e quelli gamma sono assorbiti dalla nostra atmosfera). Questo è un momento molto fortunato: sono attivi diversi strumenti con eccellenti capacità di studiare queste esplosioni cosmiche. Il campione indiscusso nella caccia ai lampi gamma è Swift della NASA, ma anche Integral, Agile e Fermi non scherzano. Poi ci sono telescopi X quali XMM-Newton, Chandra e Suzaku che possono intervenire a dare man forte per lo studio dettagliato di qualche lampo particolarmente interessante. La caratteristica che rende vincente uno strumento per la ricerca dei lampi gamma è avere un campo di vista più grande possibile. Tuttavia, visto che, in ogni caso, nessuno strumento copre mai tutto il cielo, rivelare un particolare lampo gamma è una questione di fortuna.

Capita spesso che uno strumento scopra un lampo e che altri lo puntino in tutta fretta per seguire il suo comportamento. Più raramente il lampo "collabora", nel senso che si



Tassi di conteggi in funzione del tempo a diverse energie prodotti dal minicalorimetro di Agile.



Confronto tra minicalorimetro e GRID (a bordo di Agile) per il primo secondo di dati del lampo GRB090510. È evidente il ritardo tra i dati gamma con energia superiore a 25 MeV (sopra) e quelli del minicalorimetro (sotto).

trova nel campo di vista di più strumenti contemporaneamente. Sono casi rari, ma offrono le migliori opportunità di indagare veramente a fondo sulla natura di questi oggetti. È quello che, per esempio, è successo il 10 maggio 2009, quando un lampo relativamente brillante (GRB090510) è stato rivelato da Swift, Agile e Fermi, oltre che dagli strumenti del network interplanetario Konus-Wind.

Swift era reduce dall'aver rivelato il 23 aprile il lampo gamma a redshift $z = 8,2$, l'oggetto più lontano mai visto dai nostri strumenti (v. *Le Stelle*, n. 74, pp. 17-18). GRB090510 appariva interessante perché era relativamente brillante e molto breve, due caratteristiche piuttosto rare.

La durata dei lampi è un parametro importante sulla base del quale essi vengono divisi in corti e lunghi, con la linea di demarcazione posta a due secondi (2s). Anni di sforzi con Swift e con i più grandi osservatori ottici per lo studio delle luminescenze residue in ottico e infrarosso hanno permesso di capire che i due tipi di lampi, benché legati alla formazione di un buco nero, vengono prodotti in modo diverso. Mentre i lampi "lunghi" sono collegati a esplosioni di supernovae particolarmente energetiche (le ipernovae), quelli "brevi" dovrebbero essere connessi alla fine di un sistema binario formato da due stelle di neutroni che, a forza di perdere energia per emissione di onde gravitazionali, si

avvicinano fino al punto di fondersi in un buco nero.

La parte più intensa di GRB090510 era durata 0,2s e mostrava una caratteristica struttura con diversi picchi. Visto che i lampi lunghi sono molto più comuni dei corti, i lampi brevi sono merce rara e preziosa da non lasciarsi scappare.

Il lampo veniva contemporaneamente rivelato dal Gamma-ray Burst Monitor (GBM) a bordo della missione Fermi.

Seguendo una procedura ben codificata, la notifica da parte di Swift fa partire dei programmi automatici di controllo dei dati di altri satelliti per vedere, prima di tutto, se il GRB è all'interno del campo di vista dei vari strumenti e poi, in caso affermativo, se si è rivelato qualche tipo di segnale. Contemporaneamente (e, in ogni caso, appena possibile) iniziano le osservazioni ottiche per cercare la controparte e, se possibile, farne uno spettro per misurare il redshift.

Gli strumenti gamma, come Agile o il LAT a bordo di Fermi, vedono solo una piccola frazione dei lampi gamma rivelati da Swift o dal GBM, quindi ogni possibile lampo è interessante.

Per di più, GRB090510 era un lampo breve, una classe che poteva contare su un solo esempio visto da Fermi: GRB081024B.

Il lampo del 10 maggio scorso è risultato al bordo del campo di vista di Agile, ma ben all'interno di quello di Fermi LAT.

Nonostante l'inclinazione di 60° rispetto alla direzione di puntamento, Agile vede un eccesso di conteggi nella direzione del lampo, rivelando il suo primo lampo corto. Anche il minicalorimetro, posto sotto il rivelatore gamma e con un campo di vista molto più grande, rivela chiaramente il segnale (v. figura a p. 8). Super Agile, invece, è fuori gioco perché il lampo è esterno rispetto al suo campo di vista.

Fermi può contare su un angolo di osservazione più favorevole e la sua grande area sensibile gli dà un grosso vantaggio dal punto di vista stati-

CONFRONTO TRA I DATI RACCOLTI DAI DUE STRUMENTI LAT E GBM A BORDO DI FERMI

Riquadro superiore: grafico dell'energia dei fotoni rivelati dal LAT per GRB090510 rispetto al tempo di arrivo. Si tratta di un totale di 361 eventi, divisi tra quelli di alta qualità (azzurri) e quelli di bassa qualità (rossi). Da notare che il tempo 0 è assegnato a un debole precursore, appena visibile nei dati del minicalorimetro di Agile.

Secondo e terzo riquadro dall'alto: dati dei due rivelatori del Gamma-ray Burst Monitor (GBM).

Quarto riquadro: totalità dei dati LAT.

Quinto riquadro: fotoni con energia maggiore di 100 MeV rivelati dal LAT.

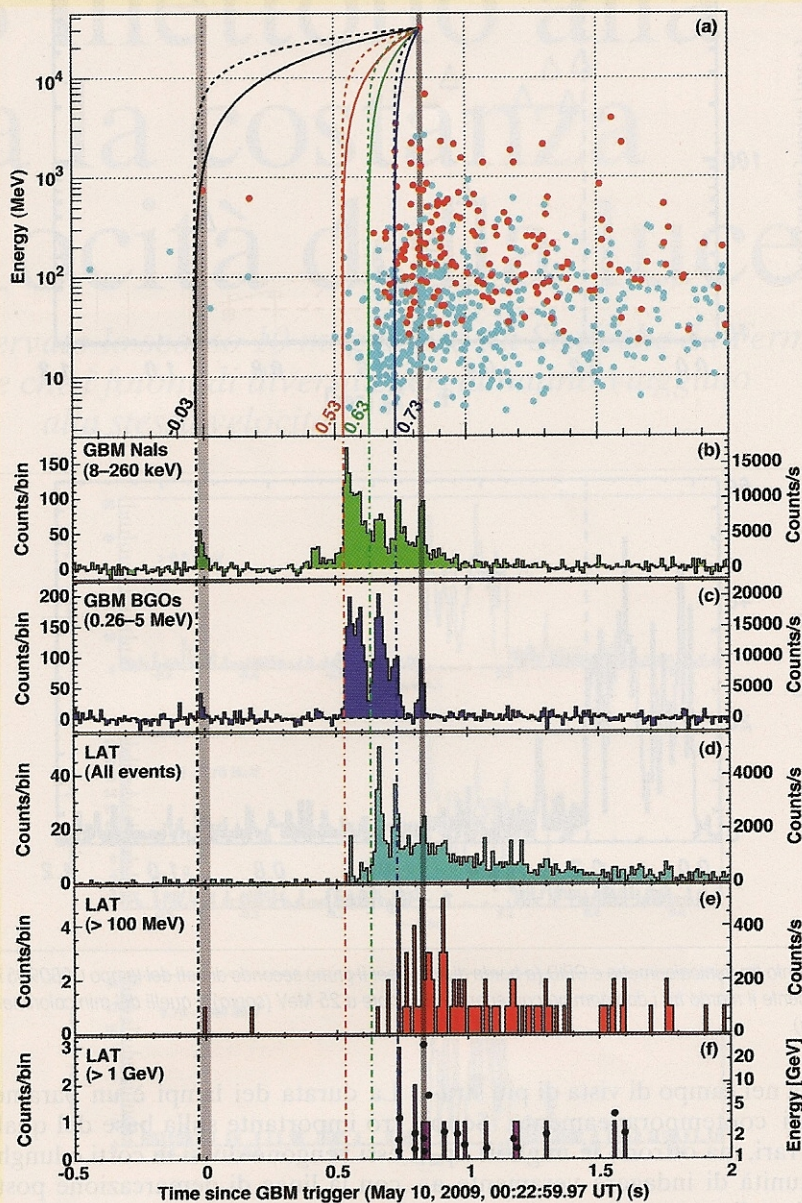
Sesto riquadro: fotoni con energia maggiore di 1 GeV (1000 MeV) rivelati dal LAT.

Da notare l'assoluta mancanza di fotoni di alta energia durante la parte più intensa del lampo visto con gli strumenti del GBM, a conferma di quanto visto da Agile.

Le linee tratteggiate si riferiscono a diverse scelte dei tempi di partenza del fotone di maggiore energia rivelato dal LAT a 0,83s dal precursore. Questo fotone potrebbe essere stato prodotto in qualsiasi momento del lampo ma, visto che non abbiamo modo di decidere a priori, la cosa migliore è assumere che sia stato prodotto insieme al debole precursore.

Supponendo che il fotone di 31 GeV sia partito contemporaneamente a quelli (di qualche decina di keV, circa 1 milione di volte meno energetici) del piccolo precursore, si ottiene il limite più prudente.

Se il fotone gamma fosse stato prodotto in corrispondenza del primo picco del GBM o di altri picchi successivi, il limite sarebbe più stringente, ma un po' arbitrario.



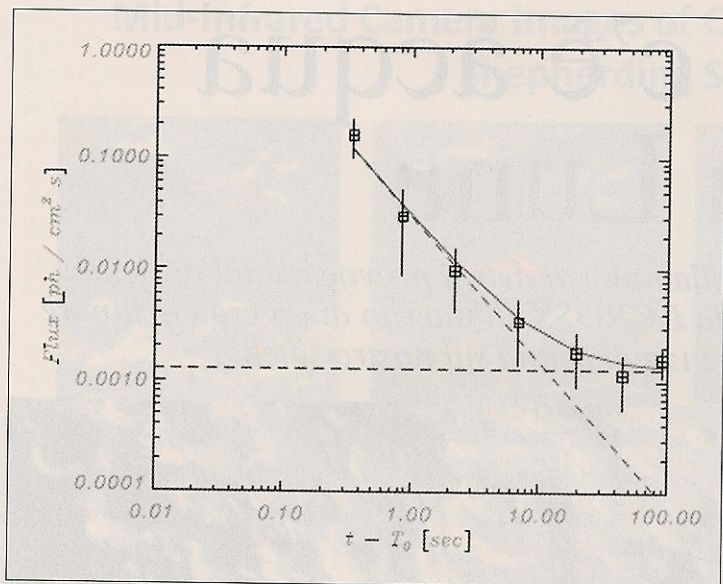
stico. Per di più, ci sono i dati simultanei del GBM che permettono di fare dei paragoni diretti X-gamma. Tanto Agile quanto Fermi LAT notificano di avere un segnale da GRB090510, e comincia la corsa all'analisi dei dati e alla pubblicazione dei risultati.

Agile ha rivelato una dozzina di fotoni con energia >25 MeV, ma è chiarissimo che i fotoni iniziano ad arrivare quando l'emissione di più bassa energia è finita (v. figura a p. 9),

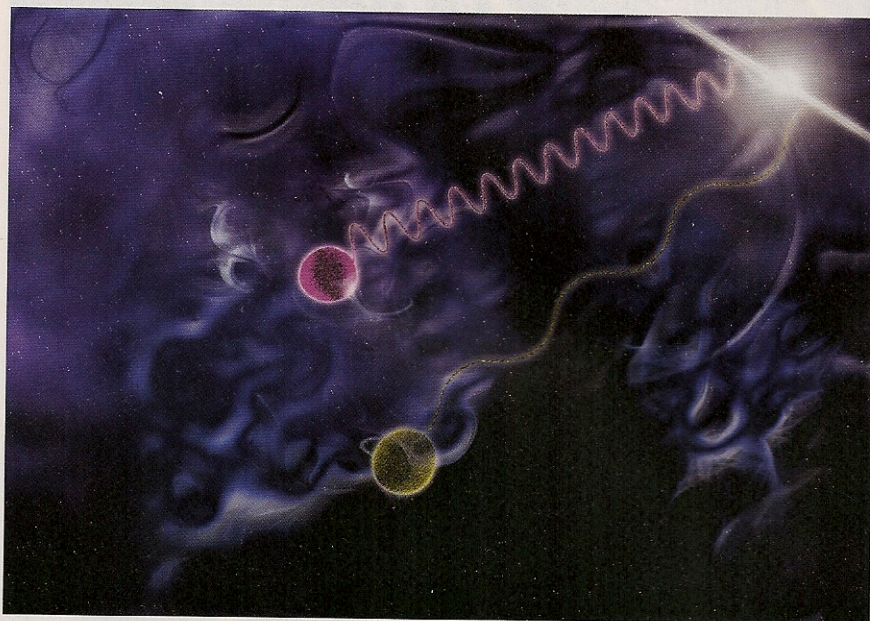
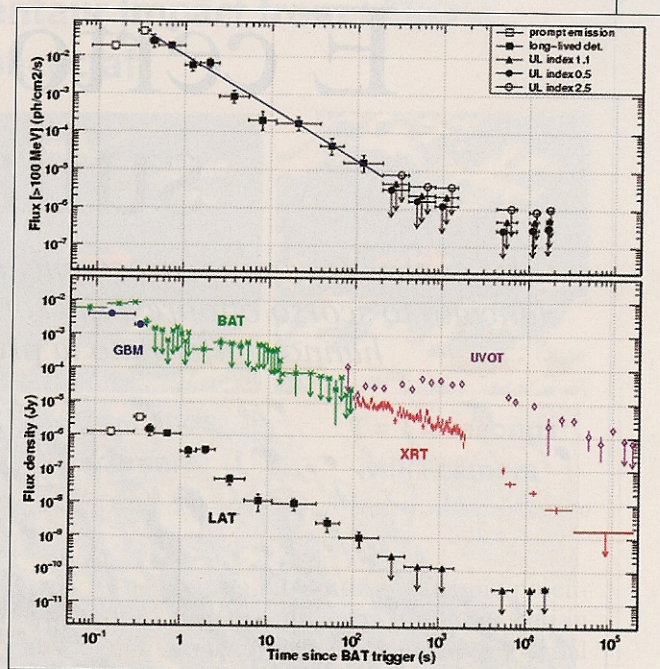
anzi, l'emissione gamma continua per almeno 10s (v. figura a p. 11 in alto a sinistra). È una caratteristica che si era già vista in altri lampi lunghi, con l'emissione di alta energia che arriva in ritardo rispetto a quella di più bassa energia. Tuttavia, è la prima volta che si vede questo comportamento in un lampo corto, a riprova che i processi di emissione non devono essere poi così diversi in lampi di diversa durata e natura. Non male come informazione estrat-

ta da una dozzina di fotoni! Il lavoro, già accettato da *Astronomy and Astrophysics*, viene messo in rete il 21 settembre.

Fermi, che pure vede l'inizio ritardato dell'emissione gamma, decide di sfruttare la brevità del segnale insieme alla disponibilità dei dati X del GBM e alla capacità del LAT di rivelare fotoni di molti GeV per mettere alla prova uno dei cardini della relatività generale: la costanza delle velocità della luce, indipen-



Il tasso di conteggi nel GRID in funzione del tempo mostra che il lampo è stato rivelato per circa 10s, mentre l'emissione a energia inferiore si è spenta dopo una frazione di secondo.



Tentativo di visualizzare fotoni di diverse energie (associati a colori e lunghezze d'onda diversi) che, prodotti contemporaneamente dall'esplosione che ha generato il lampo gamma, arrivano contemporaneamente ai nostri rivelatori.

dentemente dalla lunghezza d'onda alla quale si sta operando (v. figura qui sopra).

Supponendo che il segnale gamma sia partito contemporaneamente al primo (debole) segnale X, si può usare il fotone di maggiore energia rivelato nel corso del primo secondo dell'emissione gamma (che è stato misurato a 31 GeV) per valutare la

differenza della velocità di propagazione per fotoni che hanno energie circa 1 milione di volte diverse (decine di keV contro decine di GeV). Poiché tra il primo segnale X e l'arrivo del fotone di energia più alta sono trascorsi 0,9s, la radiazione che è partita 7,3 miliardi di anni fa (corrispondenti al redshift misurato di $z = 0,9$) deve avere viaggiato alla

Visione pancromatica dell'emissione di GRB090510 in funzione del tempo, come osservato da Swift - strumenti BAT (raggi X di alta energia), XRT (raggi X di bassa energia) e UVOT (telescopio ottico UV) - e da Fermi - strumenti GBM e LAT.

Da notare che l'emissione X e ottica durano molto più a lungo del lampo rivelato alle energie più alte. Si tratta di una caratteristica comune a tutti i lampi gamma, il cui studio viene sempre diviso in due fasi, l'emissione immediata e la luminescenza residua.

stessa velocità con una precisione di una parte su 100 milioni di miliardi! (v. box a p. 10).

Un risultato che mette a tacere alcune ipotesi che teorizzavano uno spazio-tempo spugnoso su piccolissima scala, una caratteristica che avrebbe ritardato i fotoni di energia più alta, rispetto a quelli meno energetici.

Viste le implicazioni di relatività generale, l'articolo viene inviato alla rivista *Nature*, ma la versione preliminare viene messa in rete contemporaneamente a quella di *Agile*.

GRB090510 resterà nella storia dello studio dei lampi gamma per la dovizia di dati che è stato possibile ricavarne. La figura in alto a destra mostra una compilazione dei dati assolutamente contemporanei raccolti da Fermi (LAT e GBM) e SWIFT (BAT, XRT e UVOT). Come si dice, il bello della diretta.

Patrizia Caraveo