

SPAZZOLARE IL CIELO

per cogliere l'onda

Osservata per la prima volta la perturbazione dello spazio-tempo prevista dalla relatività generale, sappiamo che il meglio deve ancora venire, quando sarà possibile individuare la sorgente dello tsunami gravitazionale. E ci stiamo attrezzando

Nell'editoriale di questo numero (v. pp. 4-5) avete letto di come la collaborazione LIGO, insieme ai colleghi di Virgo, abbia faticato a rendersi conto che il segnale visto il 14 settembre era reale. Madre natura aveva avuto una tale fretta a fare vibrare (si fa per dire) i due interferometri LIGO pochi giorni dopo la messa in funzione, quando ancora la sessione ufficiale di osservazione non era ancora iniziata, che tutti sono stati presi alla sprovvista.

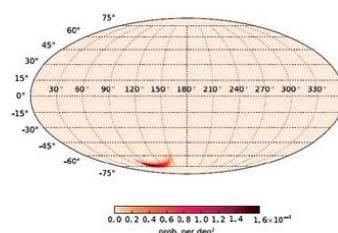
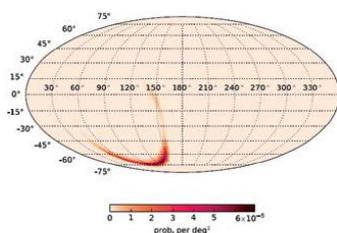
C'è voluto qualche giorno perché si convincessero che non poteva essere un segnale spurio e solo allora sono stati attivati i canali riservatissimi per avvisare gli osservatori che avevano firmato un accordo preventivo con LIGO e Virgo per poter partecipare alla caccia della possibile controparte. Sono stati 22 i gruppi di astronomi, operanti alle diverse lunghezze d'onda, con osservatori da terra ed in orbita, a rispondere alla chiamata. Come ci ha spiegato il mese scorso Enzo Brocato (v. "Le Stelle" n. 152, pp. 36-38),

cercare la controparte di un'onda gravitazionale non è un lavoro semplice perché la zona di provenienza del segnale gravitazionale è nota con pochissima precisione (è una triangolazione con solo due punti e produce una grande falce nel cielo) e non è nemmeno chiarissimo cosa si debba cercare. Mentre nel caso di coalescenza di stelle di neutroni si sa che ci potrebbe essere un lampo gamma corto (se la fortuna ci da un aiutino e ce lo serve con il getto allineato con la nostra linea di vista) oppure solo una luminescenza residua almeno in raggi X, più fioca ma distribuita uniformemente nel cielo, nei casi di scontri di buchi neri è difficile immaginare come possa prodursi radiazione elettromagnetica. Difficile ma non impossibile, come vedremo.

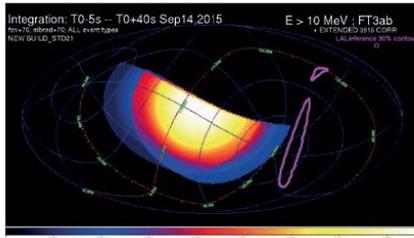
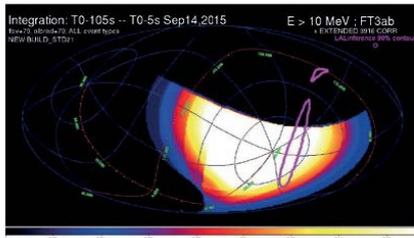
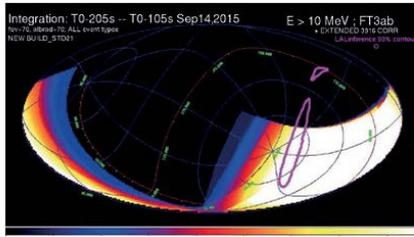
Mentre osservatori ottici e radio cominciavano a coprire frazioni della falce dell'onda gravitazionale, gli osservatori X e gamma a grande e grandissimo campo che erano attivi nel momento del segnale hanno iniziato

ad analizzare con grande attenzione i dati raccolti a cavallo del faticoso 14 settembre 09h 50m 45s UTC.

Cominciamo dall'osservatorio Fermi che ha due strumenti a grande campo sempre attivi. Mentre il LAT (*Large Area Telescope*) copre circa 1/6 del cielo e spazzola tutta la volta celeste ogni tre ore, il GBM (*Gamma-ray Burst Monitor*) ne copre sempre circa metà. Dunque, era il GBM lo strumento che aveva più possibilità di avere nel campo di vista al momento giusto la regione dal quale era arrivato il segnale. Avuta la notizia, i colleghi che analizzano i dati del GBM hanno escluso la presenza di un segnale forte perché l'allerta automatica non aveva segnalato nulla. Poco male, tutti i dati vengono poi rianalizzati a terra alla ricerca di segnali più deboli. Anche in questo caso l'analisi standard non forniva alcun risultato significativo. C'era ancora un carta da tentare: un'analisi *ad hoc* ottimizzata solo per un intervallo di tempo relativamente corto, tenendo conto del tempo di arrivo dell'ipotetico segnale gamma. È una procedura nuova che è stata appena sviluppata proprio per fare ricerche mirate di segnali deboli che, su tempi lunghi, potrebbero facilmente confondersi con il rumore di fondo dello strumento. Per la gioia (o lo stupore) di molti, questa terza passata dei dati ha messo in luce un segnale debole, della durata di circa 1 secondo, dalle caratteristiche simili a quelle di un lampo gamma corto, proveniente da una regione che si sovrappone par-



A sinistra, il posizionamento della sorgente dell'onda gravitazionale ottenuta incrociando i due rivelatori LIGO. A destra, utilizzando l'informazione del GBM, la regione di provenienza del segnale congiunto si restringe.

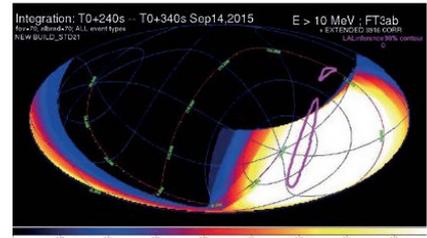
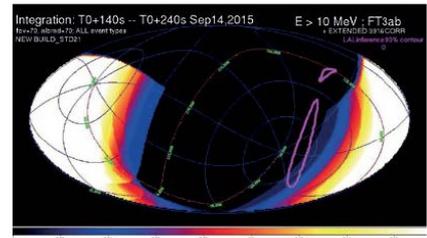
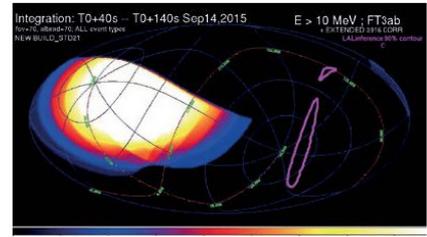


Il campo di vista dello strumento a grande campo di AGILE mentre ruota su se stesso ogni 7 minuti coprendo circa l'80% dell'intero cielo (animazione dell'AGILE Team: F. Verrecchia).

In altre parole, il segnale di LIGO, che è stato descritto nell'editoriale, era già finito quando è arrivato quello gamma. Visto che si tratta di segnali che si propagano alla velocità della luce, questo significa che, se crediamo che il segnale gamma sia collegato a quello gravitazionale, deve essere stato prodotto una frazione di secondo dopo. Cosa avrebbe potuto produrre un segnale che sembra quello di un lampo gamma corto se i responsabili sono due buchi neri?

La fantasia non fa mai difetto agli astrofisici teorici e le spiegazioni non si sono fatte attendere. Per produrre emissione ci vuole materia fuori dal buco nero e le spiegazioni proposte hanno spaziato da un antico disco di materiale lasciato da una delle supernovae che hanno prodotto uno dei due buchi neri, più probabilmente il secondo, ad un ancora più immaginifico parto gemellare di una stella molto massiva che, animata da rapida rotazione collassa su un nucleo allungato che dà origine a due buchi neri che poi rapidamente diventano uno solo. Per fare la radiazione ci sarebbe la materia degli strati esterni della supernova. Ora, avete già letto che ci sono problemi a produrre buchi neri di qualche decina di masse solari, qui stiamo pensando di produrne d'un solo colpo due. Il parto gemellare avrebbe il vantaggio di non richiedere due supernovae successive in un sistema binario, ma non è che sia una passeggiata, neanche teorica. Ho citato solo due esempi per dimostrarvi che gli astronomi non si spaventano davanti a niente.

Ci sono altri due strumenti che scrutano senza sosta il cielo gamma, si tratta del LAT a bordo di Fermi e di AGILE. Nessuno dei due ha visto nulla di memorabile, ma è interessante notare le potenzialità di questi strumenti per future rivelazione di onde gravitazionali. Spazzolano continuamente



il cielo, non hanno bisogno di essere allertati e hanno una ragionevole probabilità di coprire l'area di cielo giusta nel momento giusto, o quasi. Quello che più mi ha fatto pensare è Agile perché, grazie al modo osservativo chiamato *spinning*, spazzola buona parte del cielo ogni 7 minuti. I colleghi che gestiscono il satellite hanno ricostruito lo spazzolamento del 14 settembre intorno al momento della rivelazione dell'onda gravitazionale e hanno scoperto che Agile ha coperto la falce dell'onda gravitazionale (in verde nella figura) pochi secondi prima dell'evento, poi il campo di vista si è spostato (ricordate che il satellite ruota) ed è tornato sulla zona incriminata dopo 4 minuti (v. figura). Agile, quindi, per puro caso, è stato quasi testimone dell'evento del secolo.

Patrizia Caraveo

zialmente con la falce gravitazionale. In effetti il debole segnale è localizzato al bordo del campo di vista del GBM, in una regione disturbata dalla radiazione di fondo dell'atmosfera della terra. È un segnale reale oppure un artefatto? Difficile da dire. I colleghi che lavoravo con il GBM sono sicuri che sia un segnale vero e fanno notare che incrociare le scatole d'errore di LIGO e del GBM, riduce significativamente la regione di cielo interessata (v. figura), facilitando il lavoro di ricerca di controparti. Per contro, i colleghi che lavorano con il satellite Europeo *Integral*, che pure è abituato a rivelare i lampi gamma, sostengono che loro, in quell'intervallo di tempo, non vedono proprio niente. La concomitanza temporale non è perfetta, il segnale gamma inizia 0,4 secondi dopo quello gravitazionale.