

# UNA APP PER NON PERDERSI NEMMENO UN'ONDA (GRAVITAZIONALE)

Il mondo delle onde gravitazionali è cambiato. Mentre, fino al run osservativo precedente, finito ad agosto del 2017, le informazioni erano "segrete" e solo chi aveva firmato un memorandum con la collaborazione LIGO Virgo veniva "allertato", adesso tutto è annunciato pubblicamente

► PATRIZIA CARAVEO

**P**er rimanere "sintonizzati" con la ricerca sulle onde gravitazionali i canali sono diversi. Si può passare attraverso il sito delle allerte gravitazionali (<https://gracedb.ligo.org/latest/>) oppure attraverso dei messaggi mail astronomici che prendono il nome di GCN nelle quali si informa la comunità di tutte le osservazioni che vengono fatte a seguito di una allerta. Il sistema GCN è stato creato più di 20 anni fa per distribuire le informazioni relative al posizionamento dei lampi gamma (*Gamma-Ray Bursts*, in inglese, abbreviato in GRB) e infatti il nome significa *GRB Coordinates Network*. È un sistema semplice (pensato e gestito da Scott Barthelmy, che è assolutamente eroico e fornisce un servizio essenziale alla comunità lavorando a tempo perso) ma che funziona benissimo. Così bene che si è deciso di espanderlo a tutti i fenomeni transienti per farlo diventare anche TAN, che sta per *Transient Astronomy Network*.

Se siete degli "APP entusiasti" non potrete resistere alla nuova APP (al momento solo per sistemi iOS) *Gravitational Wave Events* (<https://itunes.apple.com/us/app/gravitational-wave-events/id1441897107>) che vi permette di ricevere in tempo reale le allerte legate alla rivelazioni di segnali che hanno tutta l'aria di essere onde gravitazionali.

Si tratta di una APP essenziale che non concede nulla alla grafica. Vuole solo informare della rivelazione di una possibile onda gravitazionale e di tutto quello che la comunità astrofisica fa per cercare di identificare l'oggetto responsabile.

La APP vi permette di ricevere gli annunci di nuove allerte gravitazionali ma, se volete, potete essere avvisati per ogni CGN che viene inviata. Prima di decidere quale allerta volete attivare, considerate che ci si aspetta una allerta gravitazionale circa una volta alla settimana ma che ogni allerta genera decine di GCN, man mano che tutti gli strumenti potenzialmente interessati fanno osservazioni e riportano i risultati.

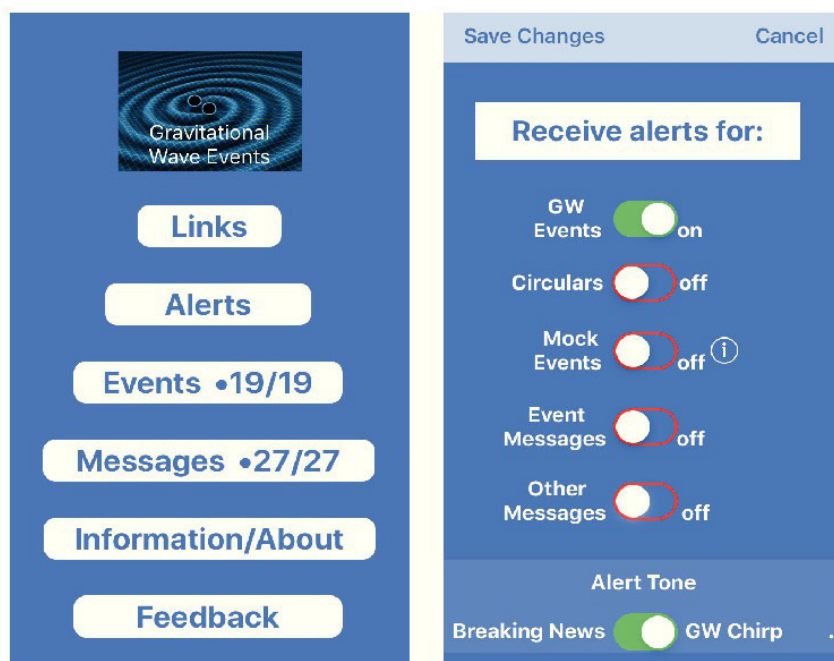
Se volete toccare con mano quello che succede nel mondo astronomico (che, notoriamente, non dorme mai) visitate il sito dell'archivio delle GCN (<https://gcn.gsfc.nasa.gov/selected.html>) dove le circolari sono divise in base all'allerta che le ha generate.

Da quando è iniziato il nuovo *run* osservativo degli interferometri LIGO (sono 2 negli USA) e Virgo (vicino a Pisa) il 1 aprile scorso, ci sono state ben 5 allerte gravitazionali, rispettivamente l'8, il 12, il 21, il 25 e il 26 aprile. Nel sito vedete LIGO/Virgo con la sigla (che è la data anno-mese-giorno) che identifica ogni evento.

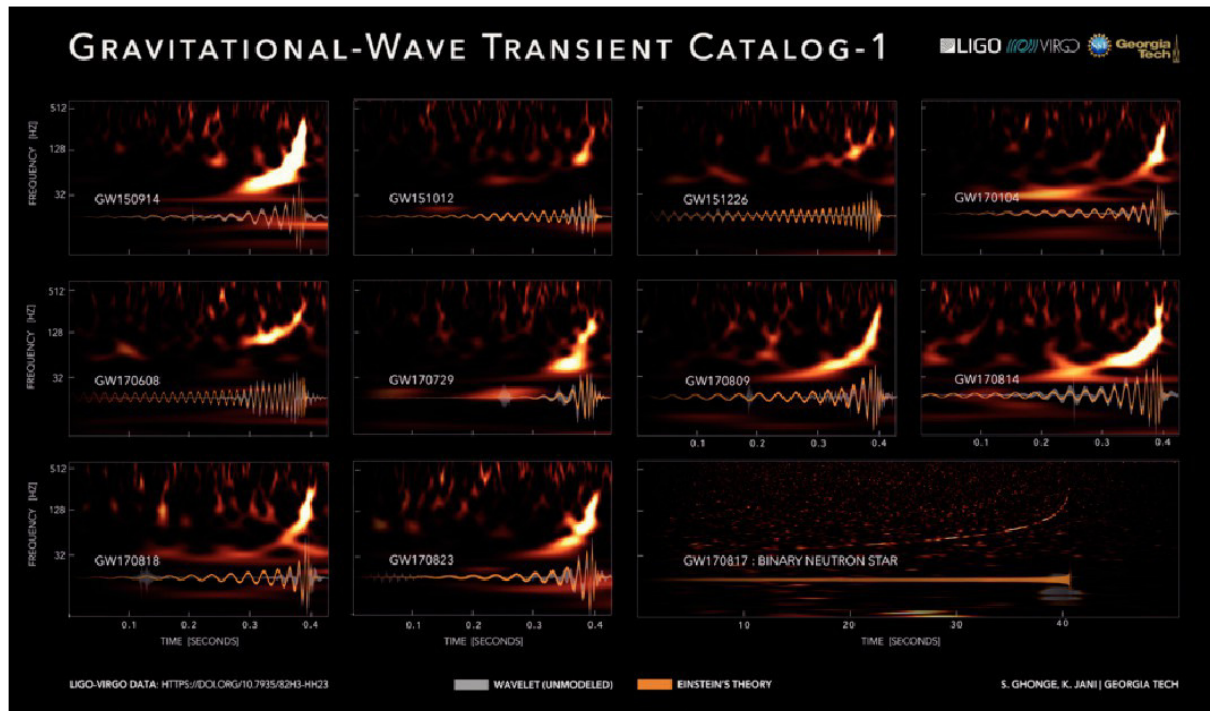
Accanto alla sigla una lista di nomi di strumenti che hanno contribuito alla campagna di ricerca.

Tutto inizia con l'annuncio degli strumenti gravitazionali che danno tre informazioni fondamentali:

- quanto è forte il segnale (quindi quale sia la probabilità che sia reale). Segnali più intensi visti da più strumenti sono più sicuri di segnali deboli visti solo da una parte degli strumenti.
- che tipo di oggetto celeste può averlo prodotto. Dall'analisi della forma del segnale gravitazionale e dalla durata si può calcolare se è stato prodotto



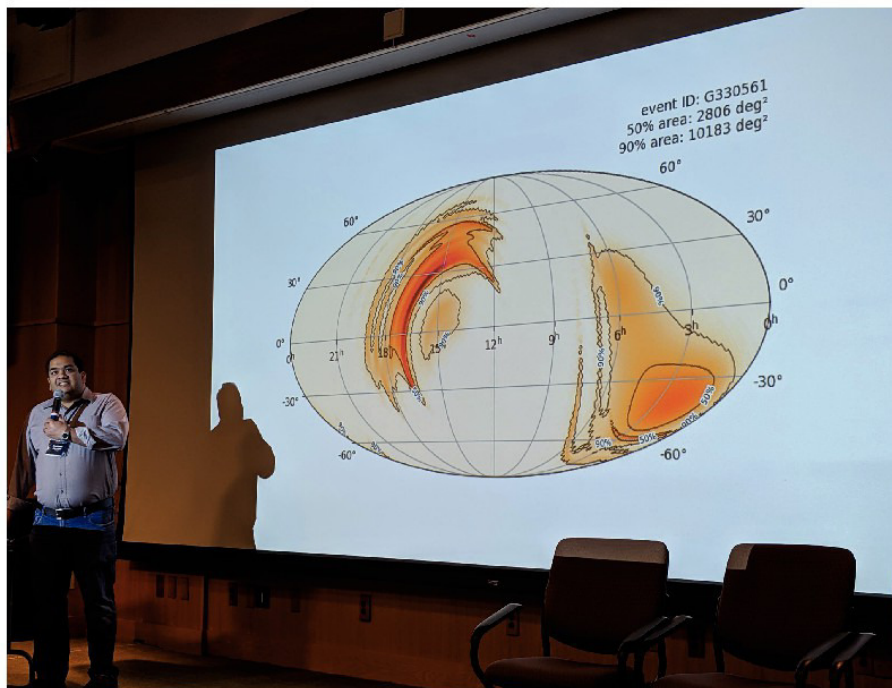
▲ Gli screenshots mostrano l'aspetto essenziale della grafica della APP *Gravitational Wave Events*, al momento disponibile solo per sistemi iOS.



▲ Catalogo degli 11 segnali gravitazionali rivelati nei primi due *run* osservativi (10 sono prodotti da fusioni fra due buchi neri mentre l'ultimo è dovuto alla coalescenza fra due stelle di neutroni).

dalla fusione (coalescenza) di due buchi neri (che sono più massivi e producono segnali più intensi ma più brevi), di due stelle di neutroni (oggetti meno massivi che producono segnali meno intensi ma più lunghi) oppure da una combinazione di una stella di neutroni e di un buco nero.

- quanto è grande l'area di cielo dalla quale può essere venuto il segnale (gli interferometri non fanno immagini, registrano solo il tempo di arrivo dell'onda gravitazionale ed è triangolando i tempi di arrivo sui tre strumenti che si arriva a definire la regione di arrivo del segnale).



▲ Questa immagine, relativa all'area di cielo dalla quale può essere arrivato il segnale del 25 aprile, vi dà l'idea di quanto sia difficile cercare l'oggetto responsabile del segnale gravitazionale. Il famoso ago in un pagliaio è uno scherzo al confronto.

Con un'unica eccezione, tutti i segnali che sono stati rivelati nei *run* precedenti provenivano dalla coalescenza di due buchi neri. Solo il 17 agosto 2017 era stata vista la fusione di due stelle di neutroni che aveva prodotto anche un segnale elettromagnetico, prima gamma poi ottico, che aveva permesso di capire cosa era successo durante lo scontro e la fusione delle due stelle supercompatte.

Diciamo che per i cercatori di controparti, gli eventi più interessanti sono quelli che coinvolgono stelle di neutroni perché la radiazione prodotta riesce ad uscire e ad arrivare fino a noi mentre gli eventi prodotti da buchi neri non sembrano molto promettenti proprio perché i buchi neri non hanno canali di comunicazione con l'esterno.

Gli eventi che hanno attira-



to maggiore attenzione sono quelli del 25 e 26 aprile dove il segnale gravitazionale diceva che ci doveva essere coinvolta una o più stelle di neutroni.

Il segnale del 25 aprile è stato classificato in questo modo:

Probability is BNS (>99%), Terrestrial (<1%), NSBH (<1%), BBH (<1%)

dove le abbreviazioni significano:

BNS coppia di stelle di neutroni

BBH coppia di buchi neri

NSBH coppia formata da una stella di neutroni e da un buco nero

Quindi, molto probabilmente, un'altra coppia di stelle di neutroni in un sistema binario! La caccia è iniziata subito e ha coinvolto strumenti in orbita (INTEGRAL, Swift, Fermi, Agile) e strumenti a terra come HAWC (che studia le altissime energie) e una miriade di telescopi ottici, come si può vedere nell'archivio delle GCN (<https://gcn.gsfc.nasa.gov/other/S190425z.gcn3>).

Il segnale era "sicuro" ma purtroppo era stato visto da uno solo dei due rivelatori americani (l'altro era in manutenzione temporanea) mentre l'italiano Virgo non aveva una rivelazione chiara.

Senza tre rivelazioni è difficile triangolare i tempi di arrivo dei segnali per restringere la regione di cielo di provenienza e così l'area dalla quale può essere arrivato il segnale è di oltre 10.000 gradi quadrati, grossomodo ¼ dell'intera volta celeste.

Visto che il 17 agosto 2017 era stato rivelato un segnale gamma dagli strumenti Fermi e INTEGRAL, i dati di Fermi, INTEGRAL ed AGILE sono stati passati al setaccio per vedere se c'era qualche tipo di segnale impulsivo (anche debole) coincidente o subito successivo all'onda gravitazionale. Purtroppo, l'assenza di segnale gamma non ha aiutato a circoscrivere la regione celeste da scandagliare. Tuttavia, gli addetti ai lavori avevano ben chiaro che la rivelazione del segnale gamma del 17 ago-

sto era avvenuta "di striscio", cioè in una configurazione geometrica dove il getto, nel quale è concentrata la radiazione gamma, viene visto solo parzialmente. Basta aumentare un po' l'inclinazione ed il segnale gamma è perso. Peccato. Gli astronomi ottici, usando decine di osservatori, piccoli e grandi, hanno iniziato ricerche a tappeto sulle oltre 40.000 (!) galassie contenute nell'immensa regione di errore. Ovviamente, sono stati rivelati diversi oggetti transienti (per esempio supernovae, oppure *flare star*) che sappiamo non avere niente a che vedere con quello che stiamo cercando. Il cielo è pieno di oggetti variabili e questo complica ulteriormente la ricerca.

La situazione si è ripetuta il giorno dopo, il 26 aprile, ma questa volta il segnale è stato visto dai tre rivelatori e soprattutto le probabilità attribuite sono state molto diverse: Probability is BNS (49%), MassGap (24%), Terrestrial (14%), NSBH (13%), or BBH (<1%).

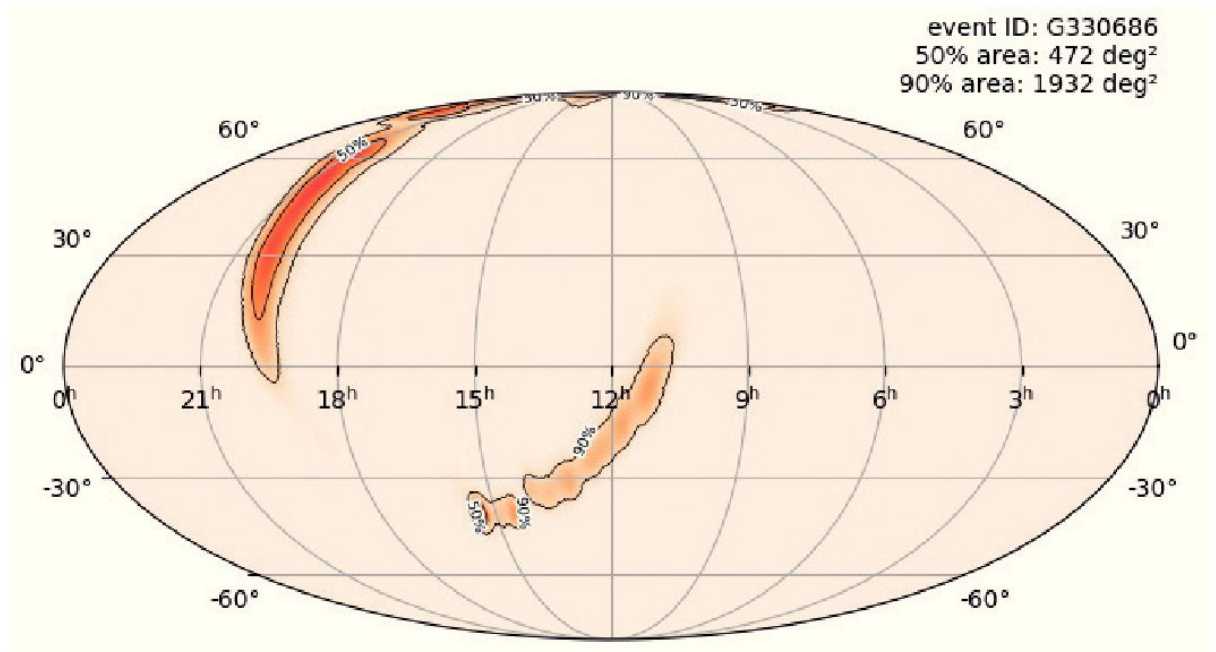
Come si legge, la classificazione è meno sicura della volta precedente: potrebbe essere anche una coppia stella di neutroni-buco nero, un evento mai registrato fino ad ora. Ragione di più per non perdere l'occasione.

L'area di cielo interessata è di circa 1200 gradi quadrati, meglio dei 10.000 precedenti, ma sempre grande.

L'archivio delle GCN lista più strumenti della volta precedente (<https://gcn.gsfc.nasa.gov/other/S190426c.gcn3>) perché si sono aggiunti i rivelatori di neutrini IceCube e ANTARES, i telescopi X come Swift XRT, MAXI, CALET e HXMT e lo strumento radio STARE2.

Per la cronaca, mentre scrivo sono state archiviate 101 GCN per l'evento del 25 aprile e 44 per quello del 26, ma le osservazioni continuano.

Per il momento non si è trovata nessuna controparte, ma il lavoro non è finito. Gli astronomi sanno che i risultati vengono con la pazienza e la costanza. Conviene pertanto rimanere "sintonizzati". ●



▲ L'area di cielo potenzialmente interessata dall'evento registrato il 26 aprile.