* NOVA *

N. 2528 - 10 MARZO 2024

ASSOCIAZIONE ASTROFILI SEGUSINI

ANTENNE ASTROMETRICHE PER ONDE GRAVITAZIONALI

Un nuovo principio di rilevazione delle onde gravitazionali, basato sulla misura delle variazioni da esse indotte sulle distanze angolari fra le stelle, promette di fornire un approccio complementare a quello degli interferometri lineari. Ne parliamo con Mariateresa Crosta dell'Istituto nazionale di astrofisica, prima autrice dell'articolo che descrive l'idea, pubblicato la settimana scorsa su Scientific Reports*.*
Da MEDIA INAF *del 7 marzo 2024 riprendiamo, con autorizzazione, un articolo redazionale.*

La recente conferma sperimentale delle onde gravitazionali con le grandi antenne lineari Ligo e Virgo ha dato grande impulso alla ricerca e caratterizzazione fisica di candidate sorgenti di onde gravitazionali, aggiungendo un tassello fondamentale all'astrofisica multi-messaggera. Nuovi esperimenti da Terra sono in procinto di unirsi agli sforzi di rivelazione e la missione Lisa implementerà modalità simili ma specializzate per lo spazio. L'obiettivo primario di tali imprese – e di quelle a venire, come l'Einstein Telescope – è la completa caratterizzazione delle onde gravitazionali, ovvero la determinazione in ampiezza e frequenza della deformazione spazio-temporale associata, insieme all'individuazione della direzione delle possibili sorgenti, al fine di scoprire la natura fisica delle stesse attraverso campagne osservative multi-lunghezza d'onda e multi-messaggere, nonché l'astrofisica di oggetti compatti e il loro ruolo nella cosmologia.
Un nuovo approccio sperimentale, illustrato in un articolo a guida Inaf pubblicato la settimana scorsa su *Scientific Reports*, promette ora una rivoluzione nel settore: usare le stelle – e in particolare le variazioni della loro distanza angolare indotte dalla perturbazione dello spaziotempo – come rivelatori di onde gravitazionali. Alternativo alle altre tecniche, unito all'utilizzo di configurazioni ottiche a più linee di vista "convogliate" su un piano focale comune, il rilevamento astrometrico di onde gravitazionali consentirebbe di misurare contemporaneamente all'*ampiezza*, e con un'accuratezza senza precedenti, anche la *direzione* di arrivo dei segnali gravitazionali: un'informazione, quest'ultima, fondamentale per le campagne di caratterizzazione fisica multi-frequenza e multi-messaggera. E rappresenterebbe uno strumento ad altissima efficienza: consentirebbe non solo una verifica indipendente e complementare delle altre tecniche, ma anche di rilevare onde gravitazionali a frequenze per le quali non sono attualmente previsti altri rivelatori.
«L'idea nasce da un'intuizione derivata dai modelli di relatività generale per le misure astrometriche al micro-arcosecondo del satellite Gaia», spiega la prima autrice dello studio, **Mariateresa Crosta** dell'Inaf di Torino. «La sua originalità sta nella sua impostazione tutta differenziale. L'antenna astrometrica da noi proposta utilizza direttamente l'angolo tra una coppia stretta (anche solo prospettica) di due sorgenti puntiformi otticamente risolte. Infatti, come formalizzato nel lavoro

La *Nova* è pubblicazione telematica aperiodica dell'A.A.S. - Associazione Astrofili Segusini APS di Susa (TO) riservata a Soci e Simpatizzanti.
È pubblicata senza alcuna periodicità regolare (v. Legge 7 marzo 2001, n. 62, art. 1, comma 3) e pertanto non è sottoposta agli obblighi previsti della Legge 8 febbraio 1948, n. 47, art. 5.
I dati personali utilizzati per l'invio telematico della *Nova* sono trattati dall'AAS secondo i principi del *Regolamento generale sulla protezione dei dati* (GDPR - Regolamento UE 2016/679).
www.astrofilisusa.it

pubblicato, la perturbazione angolare indotta da un'onda gravitazionale risulta direttamente proporzionale alla distorsione spaziotemporale a essa associata e inversamente proporzionale all'angolo (risolto) tra la coppia di stelle, pertanto amplificata dalla risoluzione del telescopio, aumentando la quale si risolvono separazioni sempre più strette. In perfetta analogia "duale" con le antenne lineari, l'angolo della coppia di stelle materializza un braccio angolare: così come aumentando la lunghezza 'L' del braccio di un'antenna lineare l'effetto della perturbazione diventa più facile da misurare, è risolvendo angoli sempre più piccoli che possiamo aumentare la misurabilità dell'effetto dell'onda gravitazionale indotto su un braccio (angolare)».

Facendo ricorso a sorgenti in cielo, il principio ricorda per alcuni aspetti quello alla base del Pulsar Timing Array (Pta), grazie al quale è stato possibile rivelare per la prima volta un brusio di fondo dovuto a onde gravitazionali a bassissima frequenza [v. *Nova* 2379 del 29 giugno 2023, *ndr*]. Mentre il Pulsar Timing Array misura i residui degli intervalli di *tempo* di arrivo del segnale nella rete di pulsar riconducibili a variazioni dello spazio-tempo indotte da un'onda gravitazionale, l'antenna astrometrica misura, in pratica, la parte *spaziale* del segnale. Il vantaggio della formulazione differenziale, ovvero in termini di angoli tra le sorgenti in cielo, consente di riscrivere una funzione di correlazione, di costruire una "rete" tra i vari punti del cielo, in tutto simile a quella del Pulsar Timing Array. «Difatti stiamo approntando una versione digitale di questo nostro nuovo principio di osservazione astrometrico per le onde gravitazionali in modo da sfruttare le misure astrometriche di Gaia, accumulate in dieci anni e più di osservazioni, per confrontarci, e complementarci, proprio con il Pta e vedere coincidenze per onde gravitazionali con periodi di anni», dice Crosta.

Insomma, l'idea – sostengono gli autori dello studio – promette di essere un punto di svolta nella scienza delle onde gravitazionali, che è appena agli inizi e resterà alla frontiera della ricerca scientifica per molti decenni. Certo, oggigiorno non esiste un telescopio capace di misurare variazioni angolari originate da onde gravitazionali prodotte da oggetti compatti in fase di coalescenza alle distanze extragalattiche. «Tuttavia», osserva Crosta, «una prima simulazione nel caso di buchi neri stellari massicci binari (per esempio, tra 20 e 80 masse solari) in pre-coalescenza che emettono segnali (quasi) periodici con frequenze dai centesimi ai decimi di Hz, ovvero con periodi dai 100 ai 10 secondi, indica che la variazione angolare indotta dall'onda gravitazionale potrebbe essere oltre la soglia delle decine di milionesimi di arcosecondo fino a distanze di cinquemila parsec dal Sole. E una *facility* come il Very Large Telescope Interferometer (Vlti) dell'Eso ha già una risoluzione angolare dell'ordine del millesimo di arcosecondo, equivalente – come riportato nel sito dell'Eso – a distinguere i due fari di un'automobile alla distanza della Luna. Stiamo di fatto valutando di testare il principio dell'antenna astrometrica gravitazionale. Va stabilito ovviamente un tempo di puntamento sufficiente a garantire la copertura di più periodi dell'onda, auspicando che oggetti così massicci esistano in numero sufficiente nella nostra galassia».

https://www.media.inaf.it/2024/03/07/antenne-astrometriche-onde-gravitazionali/

Articolo originale:

Mariateresa Crosta, Mario Gilberto Lattanzi, Christophe Le Poncin-Lafitte, Mario Gai, Qi Zhaoxiang e Alberto Vecchiato, "Pinpointing gravitational waves via astrometric gravitational wave antennas", *Scientific Reports*, 14, 5074 (2024)