

» L'INTERVISTA



TAGLIO DEL NASTRO PER ADVANCED VIRGO

Intervista a Giovanni Losurdo, ricercatore INFN e coordinatore del progetto Advanced Virgo

Il 20 febbraio allo European Gravitational Observatory (EGO), a Cascina, nella campagna pisana, alla presenza dei membri delle collaborazioni Virgo e LIGO e dei rappresentanti istituzionali dei Paesi coinvolti, si è svolta la cerimonia inaugurale di Advanced Virgo, l'interferometro europeo per onde gravitazionali di seconda generazione. Advanced Virgo ha ultimato la fase di costruzione ed è entrato nella fase di tuning-up, in cui sta calibrando e mettendo a punto tutti i suoi strumenti. Si unirà così ai due interferometri americani Advanced LIGO nello studio delle onde gravitazionali, la cui scoperta è stata annunciata l'11 febbraio 2016, dalle due collaborazioni scientifiche LIGO e Virgo. Abbiamo parlato di Advanced Virgo con il coordinatore del progetto, Giovanni Losurdo, per capire come è stato potenziato lo strumento e quali sono le prospettive che ora si aprono per lo studio delle onde.

Pochi giorni fa abbiamo tagliato il nastro di Advanced Virgo. Quali sono gli interventi che avete eseguito sul rivelatore per aumentarne la sensibilità?

Si è trattato di un pacchetto sostanziale di *upgrade* che ha coinvolto tutte le parti di Virgo. A partire dallo stesso disegno ottico: abbiamo aggiunto una cavità ottica (il *signal recycling*, un metodo ottico che permette di ottimizzare la risposta del rivelatore a certi segnali astrofisici). Abbiamo allargato la dimensione dei fasci in modo da ridurre l'impatto del rumore termico degli specchi. Gli specchi sono più grandi e la qualità delle superfici è molto migliorata rispetto a Virgo. Il laser sarà più potente. E per mitigare le potenziali aberrazioni indotte dalla maggiore potenza abbiamo un sistema molto sofisticato di compensazione termica. I superattenuatori, che hanno consentito a Virgo di essere il rivelatore più sensibile al mondo nella regione delle basse frequenze, sono stati modificati per sospendere i nuovi specchi e altre componenti. È stato fatto un importante investimento per ridurre il rischio di luce diffusa, introducendo diaframmi assorbitori e isolando acusticamente e sismicamente tutti i fotodiodi. Abbiamo migliorato il sistema di vuoto introducendo delle connessioni

» L'INTERVISTA

criogeniche all'estremità dei tubi all'interno dei bracci dell'interferometro lunghi 3 km. E abbiamo anche eseguito degli interventi infrastrutturali importanti, trasformando alcuni laboratori in camere pulite e ampliandone la superficie in modo da essere pronti per ulteriori upgrade del rivelatore.

La realizzazione di progetti scientifici e tecnologici così complessi nascondono spesso insidie. Quali sono le difficoltà che avete incontrato nel mettere a punto Advanced Virgo?

Advanced Virgo è una macchina complessa. Ci sono voluti cinque anni di lavoro per la sua costruzione. È inevitabile trovare ostacoli nel percorso. Ne abbiamo incontrati diversi ma due sono stati i principali. Innanzitutto la scoperta che alcune delle lame di acciaio speciale usate nei superattenuatori sin dalla nascita di Virgo erano rotte: abbiamo capito il problema, chiamato "infragilimento da idrogeno" (*hydrogen embrittlement*), e abbiamo deciso di sostituire un numero cospicuo di lame per minimizzare il rischio di nuove rotture. Inoltre, la rottura ripetuta delle fibre di silice fusa che sospendono gli specchi (tecnologia già utilizzata con successo durante l'ultimo *run* di Virgo, nel 2011). Dopo diversi mesi di indagine, abbiamo capito la causa della rottura delle fibre di silice fusa. Si tratta dell'effetto di una contaminazione originata in alcune pompe da vuoto che producevano polvere: questa, accelerata dai gradienti di pressione durante la fase di *venting* (operazione nel corso della quale si immette aria nella camera a vuoto), urtava le fibre danneggiandole. Dunque la tecnologia delle sospensioni monolitiche, che già Virgo aveva utilizzato con successo, si è dimostrata valida anche nell'evoluzione successiva ingegnerizzata per Advanced Virgo. Tutti i problemi incontrati sono stati risolti, grazie al grande lavoro, alla perseveranza e alla professionalità dei team coinvolti.

Qual è la sensibilità ora raggiunta da Advanced Virgo?

Al momento gli specchi sono sospesi con fili d'acciaio e questo aumenta il rumore nella zona delle basse frequenze. Abbiamo fatto questa scelta perché la nostra priorità era entrare in presa dati con LIGO prima possibile, ma siamo pronti a rimettere le sospensioni monolitiche e ripristinare perciò la configurazione di progetto, non appena consentito dalla programmazione dei periodi di presa-dati (*run*). Tuttavia, anche nella configurazione attuale, Virgo potrà raggiungere una sensibilità sufficiente a rivelare una coalescenza di stelle di neutroni a distanze fino a 45 megaparsec (i due LIGO al momento sono a circa 80 megaparsec) e dare un contributo significativo al puntamento del network.

Qual è stato l'investimento per la realizzazione di Advanced Virgo?

L'interferometro Virgo ha preso dati fino al 2011 prima di esser smantellato. Quest'ultima presa dati è stata un grande successo, perché siamo andati oltre l'obiettivo di sensibilità che avevamo promesso di raggiungere all'atto della nascita di Virgo. Abbiamo anche ottenuto risultati di grande significato astrofisico, come quello sulla struttura della pulsar Vela.

» L'INTERVISTA

In parallelo, nel 2009, il progetto Advanced Virgo è stato approvato con un budget di 23,8 milioni di euro: 21,8 milioni divisi a metà tra INFN e CNRS, il resto come contributo in *kind* di Nikhef. Il lavoro di progetto della macchina era cominciato anni prima (il *conceptual design* è del 2007). Dal novembre 2008 abbiamo affrontato una *review* da parte di una commissione internazionale guidata dal fisico americano Barry Barish, uno dei padri degli interferometri LIGO. Il processo di revisione è durato 8 mesi e si è concluso a maggio 2009 con la raccomandazione di procedere alla sua realizzazione. La costruzione è iniziata nel 2012 e si è conclusa nell'estate del 2016. Siamo molto soddisfatti del lavoro fatto, anche perché il progetto è stato concluso senza sforare il costo previsto, e abbiamo tenuto il passo della collaborazione americana: il tempo trascorso tra l'approvazione del finanziamento e la fine della costruzione è stato lo stesso per Advanced Virgo e Advanced LIGO.

Qual è la programmazione di Virgo per il futuro?

Distingueri tre fasi. Nei tempi brevi, il primo obiettivo, la priorità assoluta, è portare a conclusione il *commissioning* della macchina, raggiungendo la sensibilità per iniziare la presa dati. Il secondo, a conclusione del primo *run*, è ripristinare le sospensioni monolitiche, aumentare ulteriormente la sensibilità e partecipare al *run 03* con LIGO. Infine, terminato il *run 03*, implementeremo il *signal recycling* (ricircolo di segnale) e il laser ad alta potenza, già previsti nel progetto Advanced Virgo per il 2018. Inoltre, abbiamo già messo a punto un piano di *upgrade* per migliorare ulteriormente la sensibilità del rivelatore, a partire dall'installazione di uno *squeezer*, un sistema che consente di ridurre il *shot noise* (l'incertezza sul conteggio dei fotoni) che limita la sensibilità degli interferometri alle alte frequenze. Su questo è iniziata una preziosa collaborazione con l'*Albert Einstein Institute* di Hannover, che ha messo a disposizione di Virgo lo *squeezer* più efficace mai costruito finora.

La scoperta delle onde gravitazionali ha aperto la strada all'astronomia gravitazionale e all'astronomia multi-messaggero, che ci permetteranno di osservare l'universo in un modo nuovo: che cosa significa?

Le onde gravitazionali interagiscono molto debolmente con la materia e possono attraversarla indisturbate. Esistono fenomeni, come la collisione di due buchi neri, che possiamo osservare solo attraverso le onde gravitazionali. E altri, come le supernovae o la coalescenza di stelle di neutroni, da cui ci aspettiamo sia onde gravitazionali che emissioni di altro tipo (elettromagnetiche, neutrini). I tre interferometri (e quelli che si uniranno in futuro, come il giapponese KAGRA), lavorando in coincidenza, potranno localizzare con accuratezza sempre maggiore (man mano che evolverà la loro sensibilità e aumenterà il numero dei rivelatori in rete) la direzione del segnale. In questo modo forniranno a telescopi ottici, radio, X e gamma indicazioni per il puntamento, alla ricerca di una controparte elettromagnetica del segnale gravitazionale. Questo sforzo è già in atto. La collaborazione LIGO-Virgo ha già firmato decine di *memorandum of understanding* per il *follow up* elettromagnetico. L'osservazione simultanea, multi-messaggero, di questi eventi aprirà

» L'INTERVISTA

prospettive straordinarie nella loro comprensione. E poi c'è la cosmologia: la radiazione fossile ci fornisce una foto dell'universo 380.000 anni dopo il big bang, ad una scala di energia di appena una frazione di eV. La rivelazione del fondo cosmologico di onde gravitazionali ci darebbe un'immagine dell'universo al tempo di Planck, ad una scala di energia di 10^{19} GeV.

Virgo è gestito dallo European Gravitational Observatory (EGO) che, nato su iniziativa dell'INFN e del CNRS, negli anni è riuscito ad attrarre Istituzioni di altri Paesi.

Virgo è stato fondato da Italia e Francia ed è cresciuto, allargandosi a Paesi Bassi, Polonia, Ungheria e Spagna. EGO è un consorzio italo-francese che ha accolto i Paesi Bassi come membro osservatore. È dunque in corso un processo di progressivo ampliamento. Ma sia Virgo sia EGO hanno bisogno di crescere ancora per riuscire a restare competitivi, a fronte della dimensione della collaborazione scientifica LIGO e delle risorse investite negli interferometri americani: il programma di R&D per Advanced LIGO è costato oltre 60 milioni di dollari. È, quindi, necessario perseguire una politica di ampliamento, innanzitutto verso altri Paesi europei. Il primo passo per acquisire una funzionalità internazionale strutturata consiste nel presentare la candidatura di EGO a ERIC, cioè a divenire uno *European Research Infrastructure Consortium*, la forma legale instaurata dalla Commissione Europea nel 2009 che permette accessi facilitati ai fondi europei, un cammino naturale per l'inserimento di futuri progetti nella strategia europea per le grandi infrastrutture di ricerca (ESFRI), un'eventuale successiva trasformazione in organizzazione internazionale.

La programmazione in questo tipo di ricerche è determinante perché i tempi di realizzazione di progetti così complessi sono lunghi. Voi state già pensando all'interferometro europeo del futuro?

La scoperta delle onde gravitazionali è stata un evento monumentale: ha aperto una nuova era nell'osservazione dell'universo. Ma rappresenta solo il primo passo di un'avventura destinata a durare decenni, che porterà ad accrescere le nostre conoscenze in astrofisica, cosmologia, fisica fondamentale. Questo richiede di passare dalla rivelazione di pochi eventi all'osservazione di precisione, caratterizzata da statistica elevata ed elevato rapporto segnale-rumore. È necessario un programma di evoluzione dei rivelatori attuali, le cui prestazioni saranno presto limitate dalle potenzialità dell'infrastruttura che li ospita. Per questo motivo è stato realizzato nel triennio 2008-2011 il disegno concettuale di un futuro osservatorio europeo, l'*Einstein Telescope* (ET). L'infrastruttura sotterranea sarà capace di ospitare i rivelatori di terza generazione, con un salto importante nelle capacità di osservazione. Un'infrastruttura di questo livello richiede tempi di progettazione e realizzazione lunghi, dell'ordine di 15 anni: per mantenere la *leadership* nel settore e sfruttare le sinergie osservative con la missione spaziale LISA alla fine della prossima decade, è fondamentale iniziare da subito gli studi operativi. ■