

**» INTERVISTA****EINSTEIN TELESCOPE: L'EUROPA VERSO L'INTERFEROMETRO GRAVITAZIONALE DI TERZA GENERAZIONE**

*Intervista con Michele Punturo, coordinatore INFN del progetto*

*Si chiama ET, Einstein Telescope, e rappresenta la nuova sfida scientifica e tecnologica lanciata dall'Europa per la ricerca sulle onde gravitazionali. Prevede la costruzione di un gigantesco interferometro sotterraneo di terza generazione, già incluso nelle roadmap di istituzioni internazionali per lo sviluppo scientifico ed economico. Progettato per essere sensibile soprattutto alle basse frequenze, ET permetterà di osservare con regolarità e grande dettaglio le onde gravitazionali prodotte dalla coalescenza di corpi compatti, come buchi neri e stelle di neutroni, a distanze cosmologiche, realizzando quella che viene chiamata astronomia gravitazionale di precisione. L'osservatorio avrà una forma triangolare con tre bracci lunghi 10 km ciascuno, per un perimetro totale di circa 30 km, e sarà collocato a una profondità tra i 100 e i 300 metri, per isolarlo dai movimenti delle onde sismiche. Al momento è iniziato il processo di candidatura dei siti interessati a ospitare il futuro laboratorio, che sarà una delle infrastrutture di punta della ricerca scientifica a livello mondiale. Tra i Paesi candidati anche l'Italia con il sito di Sos Enattos, in Sardegna. Abbiamo approfondito sia gli aspetti scientifici e tecnologici del progetto ET, sia la candidatura italiana del sito sardo con Michele Punturo, coordinatore per l'INFN del progetto ET.*

**Che cos'è che fa di ET un interferometro di terza generazione? In che modo migliorerà le ricerche sulle onde gravitazionali?**

Il salto tecnologico e di disegno portato da ET permetterà un miglioramento della sensibilità di un fattore 10, con particolare attenzione alle basse frequenze prossime all'Hertz. Questo corrisponde a un volume osservabile 1000 volte più grande rispetto ai rivelatori di seconda generazione, quando raggiungeranno la loro sensibilità di disegno. Per i buchi neri questo corrisponde a poter vedere tutta la storia dell'universo, studiare l'evoluzione delle popolazioni di buchi neri e quindi

## » INTERVISTA

comprendere i meccanismi che hanno portato alla formazione dei corpi astrofisici visti da LIGO e Virgo. Grazie all'osservazione dettagliata di migliaia di coalescenze di stelle di neutroni ogni anno, ET svelerà i meccanismi della fisica nucleare che sono alla base dell'esistenza di queste stelle, meccanismi che sono indagati con altri strumenti anche al CERN con LHC. Grazie alla collaborazione con i telescopi tradizionali, nell'ambito dell'astronomia multimessaggero, ET riuscirà a verificare il modello cosmologico dell'universo, contribuendo a comprendere l'enigma della materia oscura e dell'energia oscura. Ma ET, grazie alla sua grande banda spettrale, sarà anche uno strumento di scoperta pura, cioè di osservazione di quello che oggi non conosciamo e che ci sorprenderà.

### **Quali sono le principali sfide che dovranno essere superate per la realizzazione di ET?**

Le sfide sono molte: tecnologiche, dovendo migliorare di almeno un fattore 3 le prestazioni degli apparati che compongono i rivelatori attuali, come Virgo e LIGO. Questi apparati rappresentano la punta di diamante della tecnologia che siamo stati in grado di sviluppare, e noi dovremo superarci introducendo nuove soluzioni (criogenia, nuovi materiali) e migliorando le attuali. Ingegneristiche, dovendo realizzare un'infrastruttura sotterranea, di dimensioni comparabili a LHC, con bassissimi livelli di rumore ambientale e alta sicurezza per chi ci lavora. Scientifiche, per la manipolazione dei dati e la loro comprensione scientifica dovremo sviluppare nuovi algoritmi di analisi, nuovi modelli delle sorgenti, forse nuove teorie. Finanziarie e organizzative: ET è un progetto pan-europeo del valore dell'ordine del miliardo di euro, che avrà bisogno del supporto e della collaborazione di molte nazioni ed enti.

### **Quali sinergie ci sono con altri settori della ricerca INFN come, per esempio, la fisica delle alte energie?**

È impressionante la sinergia che il mondo delle onde gravitazionali ha con la fisica nucleare e la fisica delle alte energie, dal punto di vista scientifico e tecnologico. Come già detto, le stelle di neutroni sono un laboratorio naturale di fisica nucleare dove andare a studiare la materia in condizioni di densità non raggiungibili in un esperimento e rivelare, eventualmente, nuovi stati della materia. Tramite l'emissione di onde gravitazionali da buchi neri (super-radianza) o da coalescenza di stelle di neutroni è possibile rivelare la presenza di bosoni leggeri o assioni, che potrebbero contribuire a spiegare la materia oscura o i meccanismi dell'inflazione cosmica. La verifica della relatività generale o delle teorie alternative della gravitazione, effettuabile con ET, può contribuire a comprendere il modello cosmologico dell'universo e il ruolo dell'energia oscura. D'altro canto, le tecnologie sviluppate nel mondo delle alte energie sono cruciali per ET: criogenia, impianti a ultra-

## » INTERVISTA

alto vuoto di dimensioni gigantesche, sistemi di controllo, elettronica ad alta prestazione, sistemi di acquisizione dati, computing. L'INFN ha una ricchezza incredibile di competenze in tutti questi campi, che ha consentito un ruolo di leadership nella fisica delle alte energie. ET ha bisogno di queste competenze per la sua stessa realizzazione e sicuramente garantirà all'INFN la possibilità di primeggiare ancora, nel futuro delle onde gravitazionali. Di queste sinergie si parlerà al town meeting sulla roadmap della fisica delle particelle organizzato dall'INFN il 6 e il 7 settembre, a Roma.

### **Quali caratteristiche deve avere un sito per ospitare ET? Quali sono i siti candidati?**

Nella fase di studio concettuale, abbiamo effettuato sopralluoghi in molti siti potenziali, effettuando misure di rumore sismico e ambientale. Alcuni hanno mostrato una potenziale compatibilità con le richieste imposte, legate al basso rumore sismico, alla stabilità geologica e alla bassa antropizzazione. L'attenzione si è focalizzata su tre siti, in Ungheria, in Olanda (al confine con Belgio e Germania) e in Italia, a Sos Enattos, in Sardegna.

### **Perché l'Italia ha individuato in Sos Enattos il sito adatto?**

Perché rispetta perfettamente i requisiti di ET: la Sardegna è estremamente stabile dal punto di vista geologico e presenta, nel sito di Sos Enattos, un bassissimo livello di rumore sismico. La Barbagia è una delle zone a più bassa densità umana in Europa e, poiché le attività umane generano rumore sismico al di sopra di pochi Hertz, questo rende il sito estremamente silenzioso. La roccia in cui potrebbe essere scavato ET ha ottime qualità di robustezza ed è estremamente povera d'acqua, rendendo possibile la realizzazione dell'infrastruttura. Inoltre in Sardegna ci sono notevoli competenze nell'ambito minerario, rendendo disponibile manodopera esperta e know-how locali.

### **Quali vantaggi offre ospitare un progetto scientifico come ET?**

Le infrastrutture di ricerca sono un volano per lo sviluppo culturale, infrastrutturale ed economico della regione che le ospitano. ET porterà sviluppo sia nella fase costruttiva sia in quella operativa: la costruzione dell'infrastruttura di ET sarà una attività ad alta intensità lavorativa per almeno 5 anni. Poi, in fase operativa, ET porterà nel territorio scienziati, ingegneri, tecnici e amministrativi, riqualificando una zona in forte difficoltà economica. C'è da notare che questa presenza sarà duratura nel tempo, perché gli osservatori di onde gravitazionali, a differenza di altri tipi di infrastrutture, richiedono una grande presenza umana e l'attività di ET è prevista durare alcuni decenni. ET richiede infrastrutture di supporto, come connessioni internet ad alta velocità, viabilità, alloggi. Stimolerà, inoltre, la crescita di aziende locali, per le attività di supporto e manutenzione, o

## » INTERVISTA

come spin-off tecnologici. In particolare, ET concilia due aspetti che sembrano antitetici: sviluppo e preservazione dell'ambiente. La richiesta di avere una zona a basso rumore ambientale richiederà, infatti, di vincolare la zona circostante all'interferometro, selezionando il tipo e l'impatto delle nuove infrastrutture.

### **Quali sono i Paesi che ad oggi sostengono l'Einstein Telescope?**

L'Italia è in prima linea, grazie al contributo diretto e originale dell'INFN, al supporto delle Università sarde, Sassari in primis, e all'interesse dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF). La Francia contribuisce attualmente attraverso la collaborazione del *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS) con l'INFN nello *European Gravitational Observatory* (EGO), il consorzio che gestisce Virgo, e che ha anche fatto da coordinatore per lo studio di progetto di ET. L'Olanda, tramite Nikhef, sta spingendo fortemente per il sito nord-europeo, coinvolgendo alcune università belghe e, in Germania, il *Max Planck Institute for Gravitational Physics* (MPG) e l'Università di Hannover. L'Istituto Wigner sponsorizza il sito in Ungheria. Le università scozzesi e inglesi (come Glasgow, Birmingham, Cardiff) appoggiano fortemente il progetto. In Spagna un rinnovato interesse sta attualmente crescendo, anche in funzione di un possibile sito vicino ai Pirenei, a Canfranc.

### **La scoperta delle onde gravitazionali e la nascita della nuova astronomia multimessaggero sono tra i filoni di ricerca più promettenti per i prossimi anni, e l'Europa vi sta investendo con ET e con il progetto LISA per un interferometro spaziale in orbita attorno al Sole. Che cosa stanno facendo le altre comunità scientifiche nel mondo, in particolare gli Stati Uniti?**

Il lavoro pionieristico di ET e la scoperta delle onde gravitazionali, con la nascita dell'astronomia multimessaggero, ha stimolato la diffusione del concetto di rivelatori di terza generazione (3G) in tutto il mondo. Negli Stati Uniti l'idea di un rivelatore 3G sta prendendo corpo grazie alla proposta del *Cosmic Explorer*, un disegno di concetto appena finanziato dalla *National Science Foundation* (NSF). Per questo motivo abbiamo costituito un coordinamento globale, chiamato GWIC-3G, per connettere e organizzare gli sforzi globali sulla scienza, la tecnologia e la gestione del futuro *network* di osservatori di terza generazione. In questo coordinamento sono confluiti gli sforzi e gli interessi di altri Paesi, come l'Australia.

### **I rivelatori di seconda generazione LIGO e Virgo stanno ultimando il loro potenziamento e presto saranno nuovamente in attività. Come sarà la collaborazione tra gli interferometri di seconda generazione ed ET?**

## » INTERVISTA

C'è una grande continuità tra le attività di Virgo e LIGO con lo sviluppo di ET e di ogni altro osservatorio di terza generazione. I rivelatori attuali hanno un piano coordinato di upgrade e di presa dati che li porterà nella prossima decade a raggiungere prima la sensibilità nominale e poi a superarla grazie all'installazione di nuove tecnologie. Questo ha un duplice effetto positivo. Primo, le tecnologie installate per gli upgrade dei rivelatori di seconda generazione costituiscono spesso un passo preliminare verso le soluzioni necessarie in ET: questo è un eccellente strumento di riduzione del rischio per ET. Inoltre, nei primi anni, ET beneficerà della presenza del *network* di seconda generazione (migliorato) collaborando con esso per la localizzazione delle sorgenti più forti, in attesa che il *network* di terza generazione sia stato completato. ■