

# Una vibrazione dell'Universo, una avventura per l'Europa, una opportunità per la Sardegna

**Fernando Ferroni** *Gran Sasso Science Institute, L'Aquila, Italy*

---

L'Universo è popolato da strani oggetti. Buchi neri grandi come una provincia e massicci decine di volte la nostra amata stella, il Sole. Stelle di neutroni grandi come una capitale europea che hanno una massa poco maggiore del Sole. E non solo vagano nelle galassie che li ospitano ma spesso decidono di costituire un sistema binario, di girare uno intorno all'altro, beh intorno al loro centro di massa per essere pignoli, in una danza che si rivela alla lunga essere mortale. Nel loro moto emettono un po' di energia sotto forma di onde gravitazionali e quindi si avvicinano tra loro. Ma secondo Keplero allora vanno più veloci e così emettono più energia fino a quando ormai quasi relativistici, a una velocità che è una frazione importante di quella della luce, si toccano e una assorbe l'altra o, come si dice meglio, avviene una coalescenza. E in quello spasmo finale una quantità importante di energia viene emes-

sa sotto forma di una increspatura del tessuto dello spazio-tempo che poi si propaga in tutte le direzioni sotto forma di un'onda di gravità che, seppur attenuata, ha una possibilità di giungere fino a noi, esseri umani che grazie al genio di Albert Einstein ne siamo venuti a conoscenza!

E, nel 2015, 100 anni dopo la predizione di Einstein, la pervicacia di quegli studiosi che non si arrendono mai ha permesso la costruzione di imponenti interferometri che hanno infine vibrato sotto l'effetto della deformazione prodotta dal passaggio della perturbazione gravitazionale. In sé non sarebbe stupefacente, nella scienza si lavora sodo per fare scoperte e portare avanti la frontiera della conoscenza, ma in questo caso c'è qualcosa di profondamente emozionante. Il segnale prodotto dal passaggio dell'onda rilevata dagli interferometri in funzione è stato, in termini di deformazione provocata, di 1 parte su  $10^{22}$ .

È un numero ridicolmente piccolo. Per farci una idea, mettiamola così. La distanza Terra-Sole è di 150 milioni di chilometri. Un atomo ha dimensioni di un decimiliardesimo di metro. Beh, quel numero sopra corrisponde a confrontare la distanza tra Terra e Sole con le dimensioni di un atomo.

Tre grandi installazioni sono in funzione e lavorano attivamente in uno spirito di competizione e collaborazione. Due negli Stati Uniti (LIGO) rispettivamente in Luisiana e nello stato di Washington e uno a Cascina vicino a Pisa (VIRGO). Quest'ultimo è frutto di una collaborazione franco-italiana tra CNRS e INFN recentemente arricchitasi da una significativa partecipazione olandese. Sono degli strumenti concettualmente semplici ma vista la sensibilità richiesta di una complessità enorme nei loro dettagli. Un fascio LASER infrarosso viene diviso in due e inviato lungo due bracci lunghi qualche kilometro (3 per VIRGO, 4 per LIGO) e poi riflesso grazie a degli specchi con una fantastica efficienza. I due fasci vengono ricombinati in controfase e la luce letta da un fotodiodo. Quindi normalmente non c'è alcun segnale. La perturbazione dello spazio-tempo, generata dall'onda gravitazionale, arriva allo strumento e ne deforma i due bracci in maniera differente. Questo provoca un cambiamento nella fase relativa tra i fasci di luce che percorrono i due bracci e appare un segnale sul rivelatore di luce. Semplice, no? Eccetto che persino voi, passeggiando vicino all'interferometro provochereste un segnale maggiore di quello di un'onda gravitazionale! La soluzione è quella di avere tre differenti strumenti posti a migliaia di chilometri di distanza l'uno dall'altro che devono rilevare lo stesso segnale nello stesso momento. Per altro, il segnale di coalescenza ha una forma inconfondibile. I due corpi che danzano l'uno intorno all'altro producono un segnale periodico con una frequenza che aumenta col tempo poiché si avvicinano e vanno più veloci. E poiché la velocità aumenta anche la quantità di radiazione gravitazionale aumenta e quindi il segnale si intensifica col tempo.

Ora, dopo un centinaio di eventi raccolti negli anni trascorsi dalla scoperta tra i quali uno singolo, sebbene spettacolare, dovuto a una coalescenza di stelle di neutroni e accompagnato da un getto di fotoni (Gamma Ray Burst), è il

momento di cominciare a disegnare il futuro di questa scienza. Capire cosa c'è da migliorare e gettare le basi per strumenti più potenti. Si parte da alcune semplici riflessioni. La prima è la necessità dell'indipendenza dell'Europa dagli Stati Uniti. I due rivelatori LIGO sono entrati in funzione prima di VIRGO, sono più lunghi e quindi più potenti e sebbene non permettano la localizzazione delle sorgenti per la quale un terzo interferometro è indispensabile sono però auto sufficienti per osservare un segnale. La lunghezza dei bracci è poi determinante così come un altro elemento, la capacità di disaccoppiamento del rumore sismico a bassa frequenza. Ed ecco da dove nasce il disegno del nuovo strumento pensato per l'Europa.

Un triangolo di 10 km di lato con tre coppie di interferometri ospitati in un tunnel scavato a più di 100 metri di profondità. Questa soluzione risponde a tutte le possibilità di miglioramento discusse. È più lungo, è multiplo ed essendo sotterraneo fornisce un disaccoppiamento importante rispetto ai rumori sismici e antropici. È anche a uno stadio più avanzato di progettazione e studio rispetto agli sforzi americani. Ecco dunque il progetto **Einstein Telescope**.

Una vasta comunità si riconosce in questo progetto. Sotto la direzione italiana (INFN) e olandese (NIKHEF) un gruppo di paesi ha sottomeso il progetto al comitato europeo che si occupa di infrastrutture di ricerca (ESFRI) e ne ha ottenuto l'approvazione. Oggi più di 10 paesi partecipano al progetto con quasi 100 istituti universitari e di ricerca.

La comunità scientifica è al lavoro per mettere a punto il disegno finale attraverso un processo di ricerca e sviluppo di nuove tecnologie anche grazie a importanti finanziamenti. L'Italia ad esempio finanzia questi studi con più di 50 milioni di euro messi a disposizione grazie al PNRR. Dettaglio non irrilevante è la stima di costo dell'intero progetto che si situa, ottimisticamente, intorno ai due miliardi di euro, metà circa dei quali per il solo scavo del tunnel e che per un patto esplicito dovranno essere a carico del paese ospitante. Ma dove lo si farà dunque? Ci sono al momento due siti candidati a ospitare questa infrastruttura, uno in Limburgo (Paesi Bassi meridionali, presso Maastricht) e uno in Sardegna, nella Barbagia.

Un requisito fondamentale per la scelta, oltre alla disponibilità del finanziamento che è imprescindibile, è la minimizzazione del rumore sismico e antropico. La Sardegna da questo punto di vista sarebbe la scelta ottimale.

La decisione sarà un misto di valutazione scientifica e volontà politica. Per l'Italia è una battaglia da condurre con convinzione e energia. Non solo il sito è ideale ma le ricadute prevedibili e quantificabili sul territorio di un progetto di queste dimensioni appaiono enormi e tali da aiutare lo sviluppo di una Regione sfavorita sulla scala del panorama europeo.

Un misto di finanziamenti governativi e di utilizzo dei fondi strutturali europei renderebbero non solo credibile ma darebbero una grande forza a questa candidatura.

Tra le ricadute possiamo facilmente individuare quelle a breve termine come lo scavo e l'allestimento dell'infrastruttura sotterranea e degli edifici e laboratori in superficie e la mano d'opera locale coinvolta. A medio e lungo termine ci saranno le posizioni tecniche e amministrative per la gestione del laboratorio, la manutenzione e i servizi associati.

Ci sarà un impatto sulla ricettività e in modo strutturale nuove strade di accesso, una centrale solare e un progetto per l'accumulo di energia in modo da rendere ecologicamente compatibile l'infrastruttura, un centro visite, una scuola internazionale. Certo un arricchimento del territorio.

Ecco come scienza ed economia si saldano in una opportunità importante che può portare a grandi scoperte e a uno sviluppo sostenibile del territorio.



**Fernando Ferroni:** è professore al Gran Sasso science Institute. È stato Presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare dal 2011 al 2019. È attualmente uno dei Direttori del Progetto Einstein Telescope.

