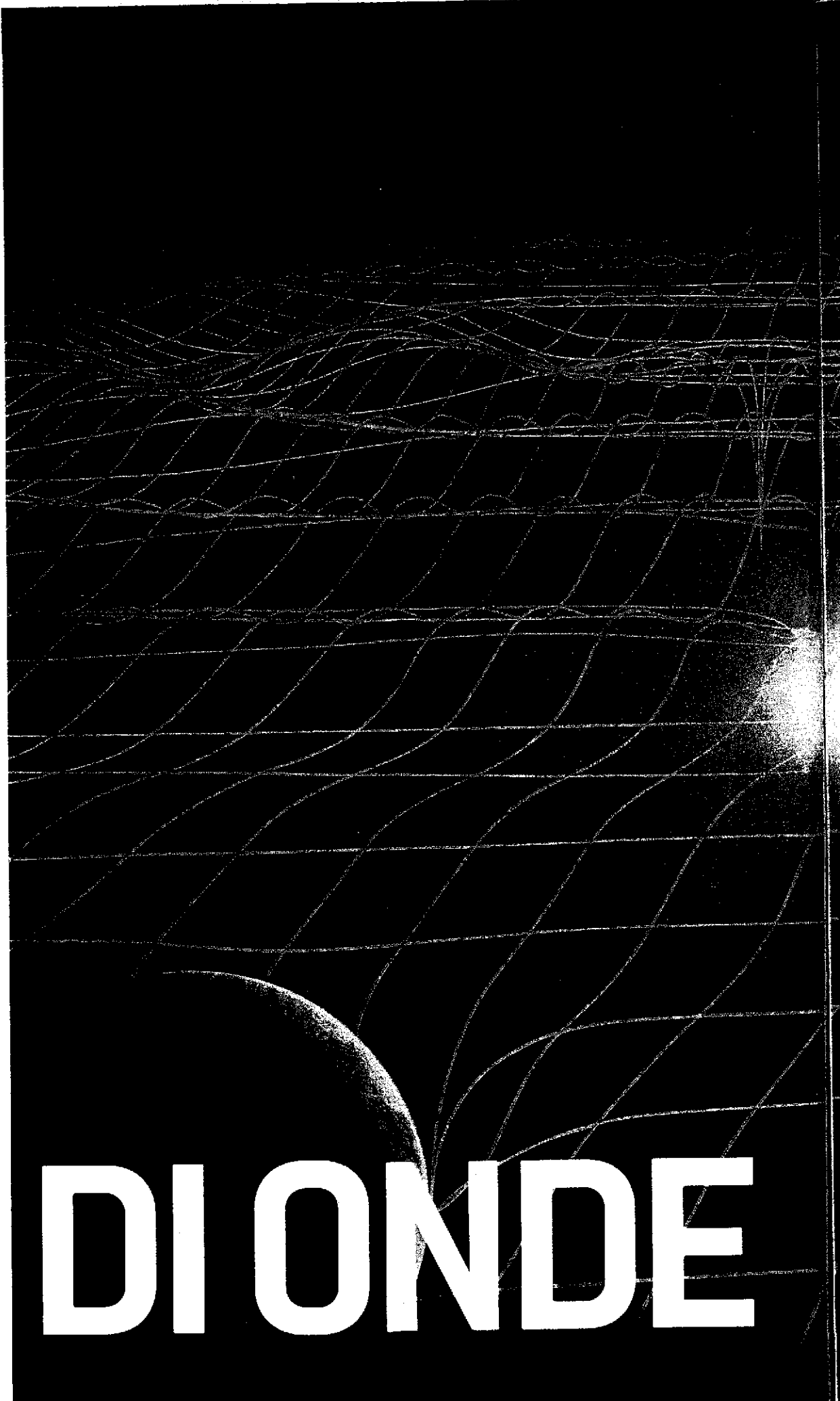


**C  
A  
C  
C  
I  
A  
T  
O  
R  
I**

**DI ONDE**



**Previste dalla teoria della relatività, le onde gravitazionali  
non sono mai state osservate direttamente: le speranze sono  
riposte nei nuovi interferometri Virgo e LIGO**

**di Chiara Palmerini**

**I**l suono della gravità comincia con un debole ronzio, cresce rapidamente d'intensità e si spegne all'improvviso con un «uuuuuh» concentrato, come una videocassetta che comincia a riavvolgersi. Non molto impressionante per essere, come dice il sito Web del California Institute of Technology, il suono della collisione tra buchi neri giganti. Eppure, ottenere una registrazione dal vivo di questo strano fischio, invece di una simulazione al computer, è il sogno della vita di un gruppetto di astrofisici, determinati contro tutte le probabilità a catturare un'esotica forma di onda la cui esistenza Einstein aveva predetto e mai ritenuto possibile verificare sperimentalmente. Rainer Weiss, del Massachusetts Institute of Technology, aspetta da trent'anni di sentire il concerto dal vivo. Un gentleman, descritto da uno studente come «il più vecchio da queste parti», Weiss si è imbarcato in questo progetto quando la maggior parte dei fisici lo giudicava una follia senza possibilità di successo.

Quello che sta invece per prendere il via in laboratori di tutto il mondo è un sofisticato esperimento per rilevare le onde della gravità, le pieghe nella struttura dello spazio-tempo generate da violenti eventi lontani: esplosioni di supernove oppure coalescenze e collisioni di buchi neri. Le perturbazioni generate in queste catastrofi cosmiche viaggiano nello spazio alla velocità della luce stirando e comprimendo nell'arco di millesimi di secondo tutto ciò che incontrano sul loro cammino. La misura di questo stiramento non è più grande del nucleo di un atomo.

Catturare quest'onda cosmica non è uno scherzo. Negli Stati Uniti sono già stati spesi 350 milioni di dollari per costruire gli osservatori, e in Italia il progetto è stato finanziato per ora con 150 miliardi. Oltre a molte risorse, la ricerca delle onde gravitazionali ha bisogno di spazio. Nella campagna di Cascina, vicino a Pisa, si estende già per 3 chilometri uno dei bracci di Virgo, l'osservatorio italiano per le onde gravitazionali. A lavori finiti, la struttura sarà composta da due tunnel disposti a L, lunghi entrambi 3000 metri.

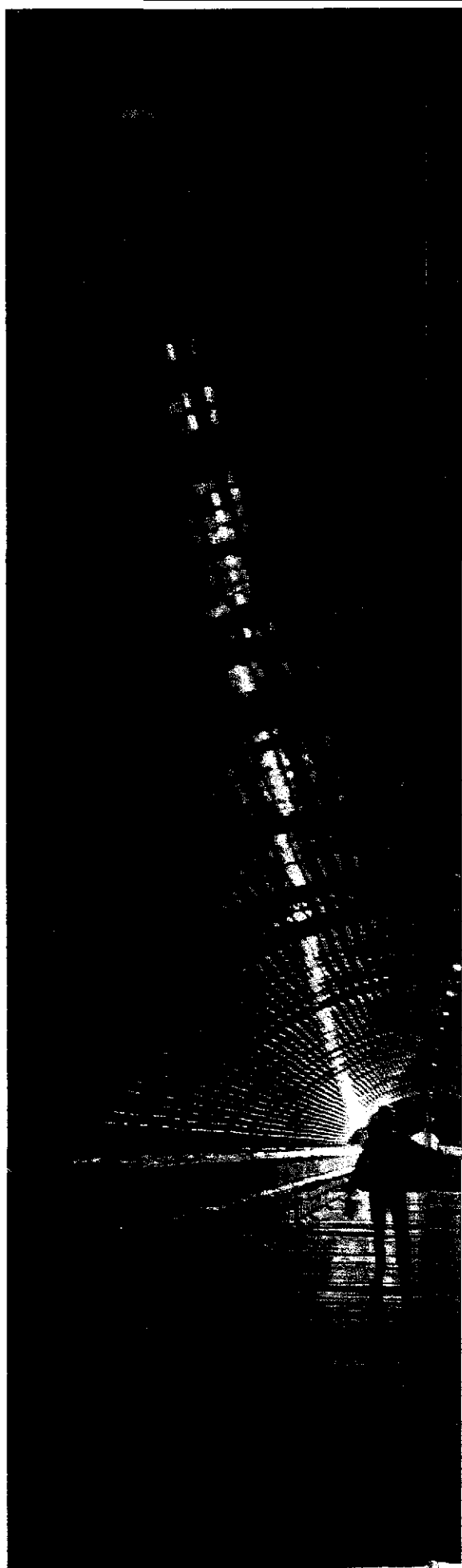
Due strutture simili esistono già negli Stati Uniti. I loro bracci bianchi si allungano per 4 chilometri nelle paludi della Louisiana e nelle pianure dello Stato di Washington, a 3000 chilometri di distanza l'uno dall'altro. Fanno parte di LIGO, il Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory. Questi progetti, e altri che sono in costruzione in Giappone, Germania e Australia, sono i primi di una nuova generazione di rivelatori di onde gravitazionali, quasi pronti all'ascolto. L'osservatorio di Hanford, nello Stato di Washington, ha recentemente ottenuto il *first lock*, l'equivalente della prima luce per i telescopi. Tra pochi mesi, la caccia alle onde gravitazionali sarà ufficialmente aperta.

La gravità è una delle quattro forze fondamentali della natura. La più ovvia, e

la più sconosciuta. Noi la riteniamo una delle cose più certe sulla Terra, ma il suo raggio d'azione si estende ovunque. Fu Newton a capire il legame tra la gravità in cielo e in terra. Per lui, la gravità era la forza invisibile che fa stare in orbita i pianeti intorno al Sole e fa cadere le mele dagli alberi. Quanto alla natura di quella forza, Newton non volle fare ipotesi. E i fisici si accontentarono per tre secoli. Finché non arrivò Einstein.

Einstein rimuginava sulla natura della gravità da parecchi anni. Nel novembre 1907, alla sua scrivania nell'Ufficio brevetti di Berna, incurante del rumore che lo circondava, Einstein ebbe il suo «pensiero più felice», come lo definì poi in un articolo su «Nature» nel 1920. Aveva compreso che la gravità è indistinguibile dal moto accelerato. Con la sua teoria, la inserì nel tessuto dell'universo stesso. Gli ci vollero tre anni di studi per afferrare completamente le conseguenze della sua intuizione: la gravità non è altro che l'effetto della curvatura dello spazio-tempo. La presenza di una massa fa incurvare lo spazio intorno a essa nello stesso modo in cui un peso crea una depressione se posato al centro di un lenzuolo. Un'altra conseguenza della teoria di Einstein è che la materia, muovendosi, crea increspature nel tessuto dello spazio-tempo che si propagano alla velocità della luce: le onde gravitazionali.

Einstein non pensava che le onde gravitazionali potessero essere osservate, e forse non era nemmeno tanto ansioso di verificare sperimentalmente la sua teoria. «Quando Einstein credeva in qualcosa, ci credeva e basta» dice Weiss, ridendo. Einstein aveva probabilmente fatto i suoi calcoli, ed era giunto alla conclusione che il compito andasse ben oltre le possibilità della tecnologia dell'epoca. Un'onda gravitazionale, infatti, allungherebbe del doppio della sua statura un essere umano tanto sfortunato da trovarsi vicino a una



## IN PILLOLE

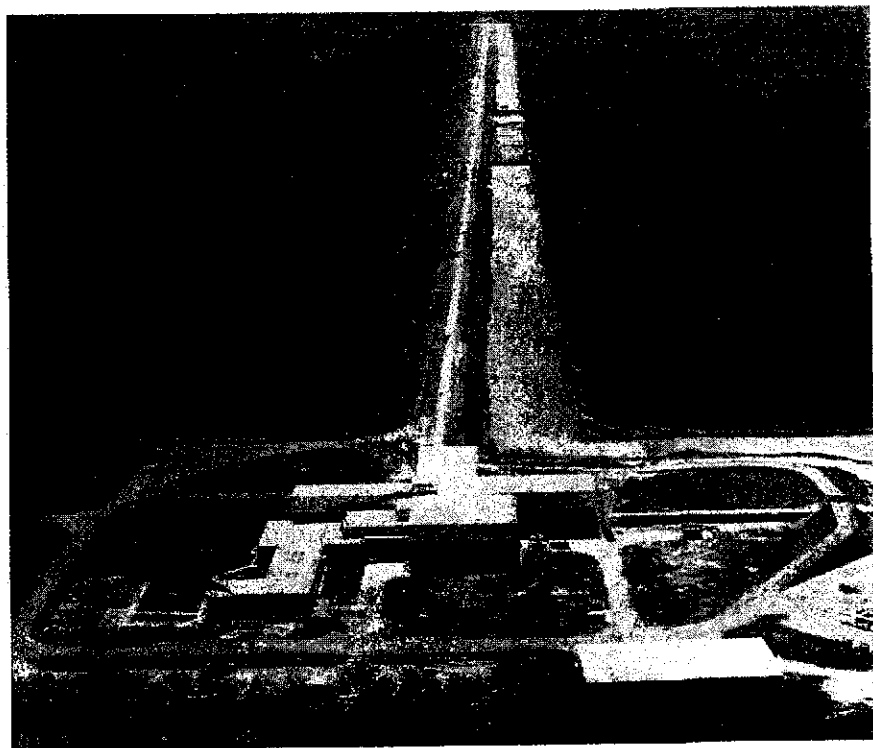
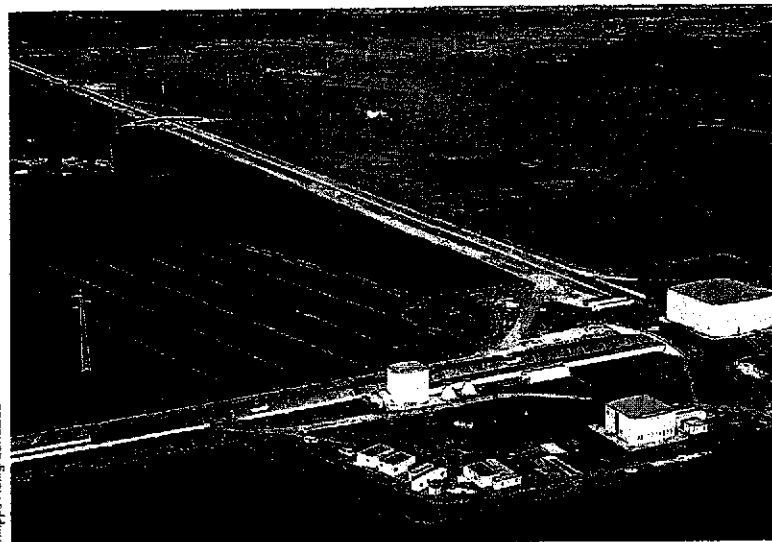
■ Secondo la teoria generale della relatività, la struttura dello spazio-tempo dovrebbe presentare perturbazioni che viaggiano alla velocità della luce: le onde gravitazionali. Le minuscole variazioni della posizione e della traiettoria dei corpi così generate possono essere valutate, in linea di principio, misurando la mutua distanza tra due oggetti molto distanti.

■ La variazione relativa della distanza tra due corpi, indicata con  $h$ , è pari all'ampiezza di un'onda gravitazionale. Una supernova nella nostra galassia può produrre una perturbazione che viene «vista» dalla Terra con un'ampiezza di  $10^{-18}$ . Ciò significa che due oggetti distanti 1000 chilometri si avvicinano o allontanano di un milionesimo di millimetro.

■ Per rivelare le onde gravitazionali, gli esperimenti Virgo e LIGO utilizzano misure interferometriche. Esse sfruttano raggi laser che s'incontrano dopo aver percorso cammini ottici differenti dando luogo a un fenomeno d'interferenza. La sensibilità del metodo consente di rivelare minimi spostamenti degli specchi posti lungo il cammino.

UNA VEDUTA interna del tunnel nord di Virgo (a sinistra) dà un'idea delle dimensioni dell'impianto, valutabili anche dalla veduta aerea (a destra) del sito in cui sorge, presso Cascina, in provincia di Pisa. In basso, la struttura del Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) di Hanford, nello Stato di Washington.

Philippe Fleury/EURELIOS



California Institute of Technology

**IL GRANDE RIVELATORE** interferometrico del progetto Virgo è costituito da due bracci ortogonali di 3 chilometri lungo i quali corre il fascio di radiazione infrarossa prodotto da un laser a granato di neodimio ittrio alluminio (Nd-YAG) da 20 watt (nella foto a destra). La luce viene riflessa tra specchi opposti per circa 50 volte, in modo da aumentare la differenza di cammino ottico da misurare. Ciò rende l'eventuale segnale di un'onda gravitazionale nettamente distinguibile dal rumore provocato dalla natura fotonica della radiazione elettromagnetica. Le caratteristiche di larghezza di banda e di sensibilità di Virgo consentiranno di rivelare sia segnali periodici provenienti da stelle di neutroni sia esplosioni di supernova nell'ammasso della Vergine.



Philippe Pichay/EUREL OS

