

di Riccardo Oldani

Un'autostrada di luce per la scienza

Davide Calonico illustra la rete in fibra ottica che riunirà lungo un'unica dorsale i principali centri di ricerca italiani e sarà fondamentale per molti settori di studio

Agli inizi del Novecento fu la ferrovia a unire l'Italia, collegando tutte le regioni. Oggi, una rete in fibra ottica ad alta tecnologia promette di replicare quell'impresa e di riunire lungo un'unica dorsale alcuni tra i principali centri della nostra ricerca. Alla guida dell'ambizioso progetto, denominato LIFT (Link Italiano per la Frequenza e il Tempo) è l'Istituto nazionale di ricerca metrologica (INRIM), che a Torino cura e gestisce gli orologi atomici da cui proviene il segnale orario italiano. Ne abbiamo parlato con Davide Calonico, primo ricercatore all'istituto torinese, uno degli ideatori del progetto insieme al collega Filippo Levi.

Qual è l'idea di base del progetto LIFT?

Vogliamo creare una rete in fibra ottica in grado di trasportare senza interruzioni un segnale laser di tempo e di frequenza, fondamentale per la ricerca in molti settori, come la geodesia, cioè la misurazione della Terra, l'astronomia, la fisica atomica e molecolare o la ricerca di base sulla gravità e sulle costanti fondamentali. Ma i segnali di tempo e frequenza sono essenziali anche in molte attività produttive: telecomunicazioni, transazioni finanziarie, industria manifatturiera, informatica. Anche per gestire la distribuzione dell'energia elettrica.

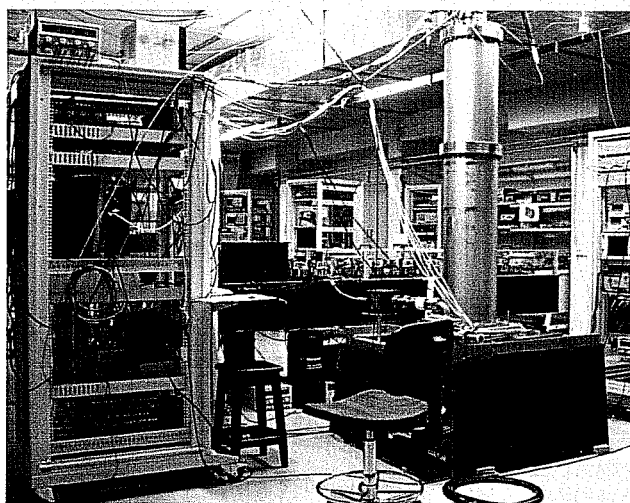
Non è però una rete normale. Quali sono le sue particolarità?

La nostra rete in fibra ottica è concepita in modo da inviare un segnale di tempo e frequenza, generato da un laser ultrastabile, in modo bidirezionale, cioè andata e ritorno, e senza interruzioni. La bidirezionalità è fondamentale per correggere il rumore e i disturbi prodotti dalla fibra stessa, per esempio da allungamenti prodotti da movimenti sismici o da altre cause. Il segnale di ritorno ci consente di misurare l'errore e correggerlo con un segnale uguale e contrario.

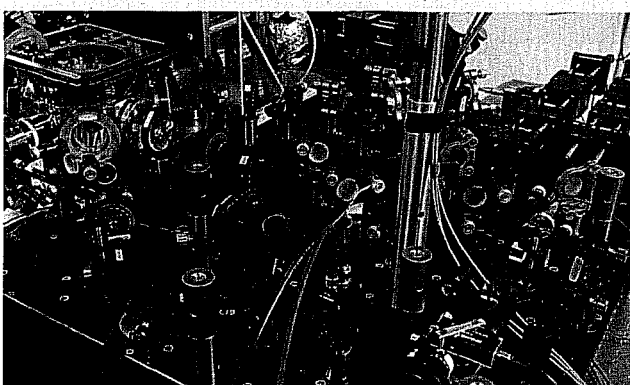
Per la nostra rete ci serviamo della fibra del Consorzio GARR, la rete telematica italiana dell'università e della ricerca, e del Consorzio Top-IX, costituito per il traffico internet nel nord-ovest. Questo sistema garantisce una precisione eccezionale nella trasmissione del segnale orario, molto migliore rispetto al satellite. È anche molto più sicuro e meno sensibile a interferenze o disturbi.

Come procede la realizzazione?

Un primo tratto della connessione ha già unito l'INRIM di Torino con il polo scientifico di Sesto Fiorentino, che ospita l'Università di Firenze, strutture del CNR come l'Istituto nazionale di ottica e il LENS, il Laboratorio europeo di spettroscopia non lineare. Sono già collegati anche l'Osservatorio radioastronomico di Medicina, vicino a Bologna, gestito l'Istituto nazionale di astrofisica (INAF) e il laboratorio sotterraneo del Frejus. Entro pochi mesi, grazie in particolare all'impulso del presidente dell'INRIM, Massimo Ingu-



Lancette atomiche. L'orologio a fontana di cesio dell'INRIM che scandisce il segnale orario italiano, uno dei cinque orologi più precisi al mondo. Sotto, particolari dell'orologio ottico a itterbio, in fase di sviluppo all'INRIM. Raggiungerà una precisione superiore rispetto all'orologio a cesio. Collegato in rete ottica con altri istituti di misura del tempo d'Europa, potrebbe portare a una ridefinizione del secondo.





Davide Calonico è un fisico, primo ricercatore all'INRIM di Torino, dove sviluppa orologi atomici basati sul raffreddamento laser e si occupa di misure di tempo e frequenza ad altissima precisione per la metrologia primaria e per lo studio della fisica fondamentale.

Tra le realizzazioni del suo gruppo, il primo orologio atomico italiano, tra i cinque orologi più precisi al mondo per la generazione del Tempo Internazionale. Il gruppo lavora anche al link italiano in fibra ottica per il tempo e la frequenza e allo sviluppo di un orologio atomico ba-

sato su atomi di itterbio raffreddati al laser, per la ridefinizione del secondo.

È responsabile INRIM di progetti nazionali ed europei e dal 2015 presiede, nell'ambito della Convenzione del metro, il gruppo internazionale di studio sulle fibre ottiche per la metrologia di tempo.

scio, la rete raggiungerà il Centro di geodesia spaziale di Matera, che fa capo all'Agenzia spaziale italiana, passando per il Centro spaziale del Fucino di Telespazio, uno dei due in Europa destinati a gestire il sistema di navigazione europeo Galileo. In prospettiva immaginiamo connessioni con il radiotelescopio di Noto, in Sicilia, e con l'Osservatorio di Cagliari, entrambi dell'INAF. Un ulteriore tratto dovrebbe poi collegare Olbia a Roma, chiudendo un'immenso cerchio nel Tirreno, che potrebbe avere impieghi anche nello studio dei vulcani compresi tra Campania e Sicilia.

tare i nostri orologi in modo molto più veloce e preciso rispetto al satellite. La rete tra i quattro laboratori è quasi completa, manca solo un breve tratto tra Italia e Francia previsto entro giugno 2016. A quel punto sarà possibile perfino una ridefinizione del secondo, l'unità di misura del tempo, ora basata sulle frequenze dell'atomo di cesio. La comparsa di nuovi orologi ottici ancora più precisi, infatti, apre nuove prospettive: collegarli tramite fibra è il modo migliore per confrontarli. Ma poi ci sono moltissime altre applicazioni: per esempio collegare orologi così sensibili permette

di misurare gli effetti della gravità sul tempo e di effettuare test sull'esattezza della relatività.

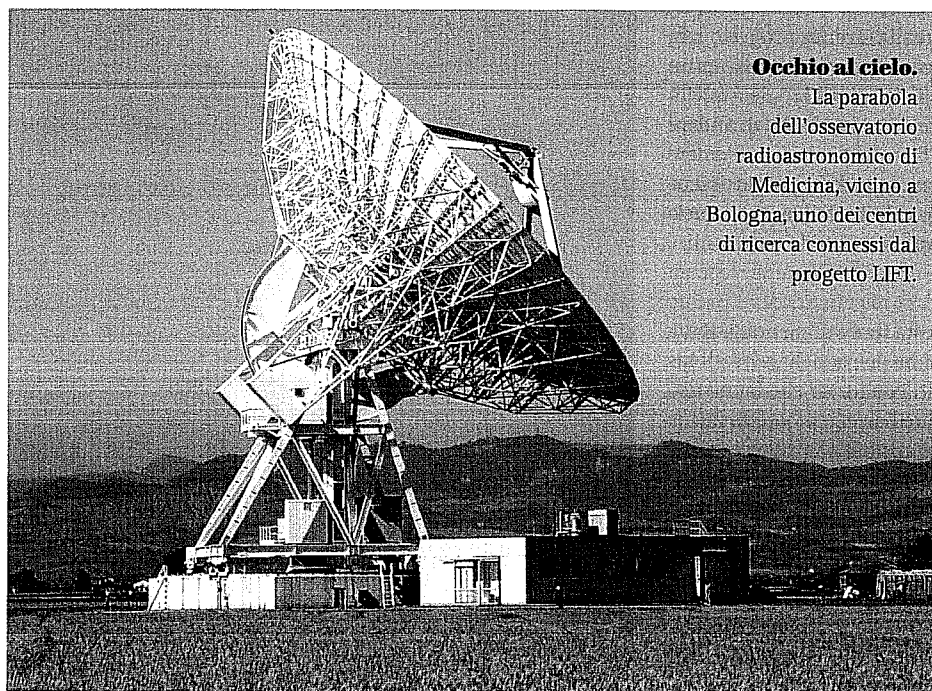
Sono in rete anche osservatori radioastronomici. Perché?

Osservatori di questo tipo, lontani tra loro e messi in rete, raggiungono una risoluzione inversamente proporzionale alla loro distanza: quindi più sono lontani più lontano possono vedere nel cosmo.

Questo gli astronomi già lo sanno, ma il limite sta proprio nel sistema di collegamento tra le antenne, oggi affidato ai satelliti. Il collegamento in fibra ottica è decisamente migliore. A ogni osservatorio della rete è poi abbinato un orologio atomico, per avere una perfetta sincronia delle osservazioni. La nostra fibra ottica lo renderebbe superfluo.

Occhio al cielo.

La parabola dell'osservatorio radioastronomico di Medicina, vicino a Bologna, uno dei centri di ricerca connessi dal progetto LIFT.



In che modo una rete in fibra ottica aiuta a studiare i vulcani?

Un anello di fibra ottica funziona come un giroscopio ed è in grado di misurare anche minimi movimenti sismici. Questo avviene non solo perché la fibra è sensibile alle vibrazioni ma anche per un fenomeno fisico, l'effetto Sagnac, spiegato dalla relatività ristretta. In un esperimento effettuato a Torino nel 2012 su un anello esteso su circa 20 chilometri quadro di superficie, abbiamo dimostrato che il funziona bene: ora stiamo lavorando con esperti geologi per capire le sue applicazioni.

A che cosa serve trasportare sulla fibra il segnale orario?

Prima di tutto per collegare tra loro i quattro principali laboratori europei di misurazione del tempo, il nostro dell'INRIM e quelli in Francia, Germania e Inghilterra, allo scopo di tarare e confron-

Avete in mente qualche altro impiego?

Ce ne sono tanti, ma citerei in particolare quello nella crittografia. Con la fibra possiamo controllare con estrema precisione il numero di fotoni che trasmettiamo e, in un sistema con un numero limitato di fotoni, osserviamo i fenomeni quantistici della luce.

Che cosa c'entra questo con la sicurezza delle comunicazioni? Se, per esempio, in una trasmissione tra due nodi, si intromette uno spione e intercetta il messaggio, causerà un'alterazione nel sistema quantistico di fotoni lasciando una traccia visibile al destinatario, che si accorgerà dell'intromissione. Sfruttando queste proprietà della luce è possibile creare nuovi schemi di crittografia, definita appunto «quantistica», praticamente impenetrabili. Stiamo lavorando a questo progetto con una *spin-off* dell'Università di Ginevra, IDQuantique.