



IL SENSORE LASER DI MEGLIO

Monitoring of Earthquake signals Gathered with Laser Interferometry on Optic fibers



Davide Calonico

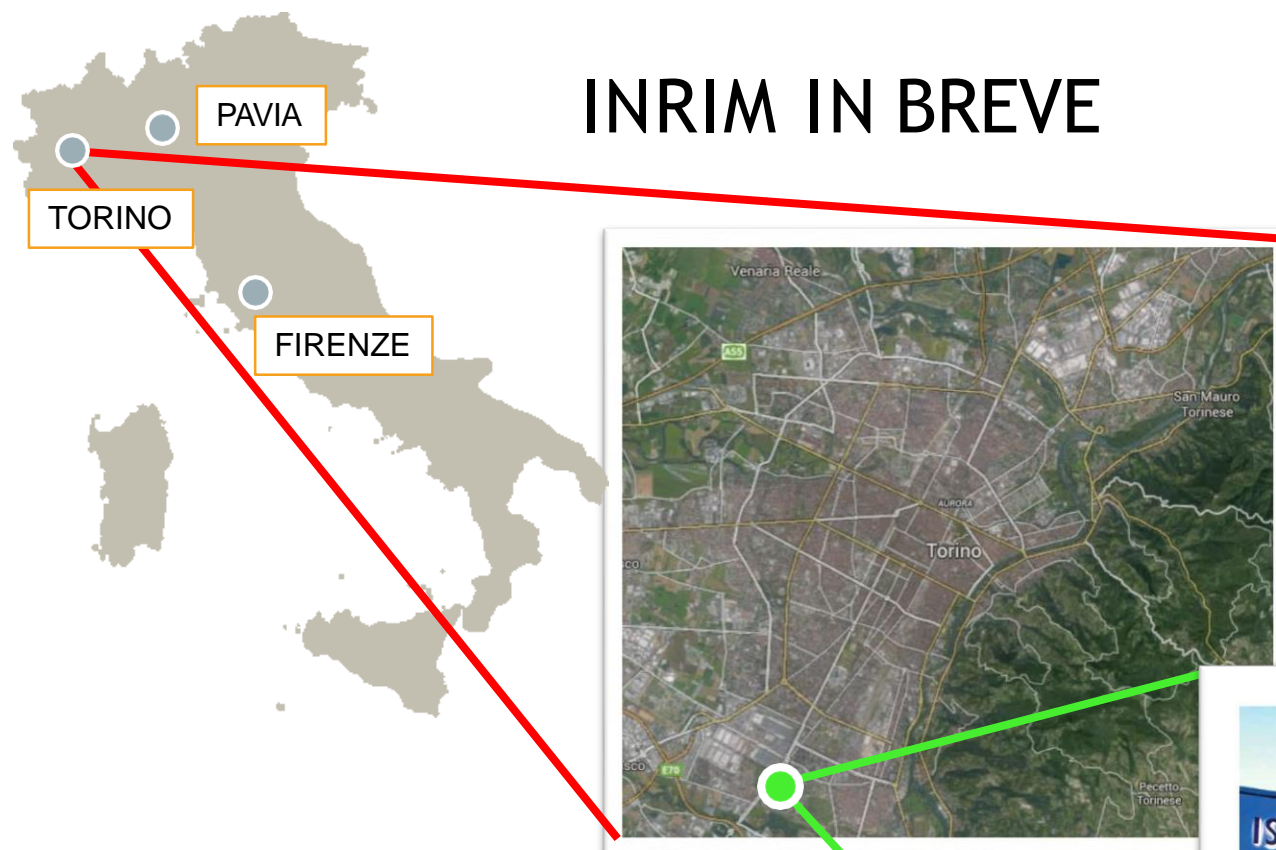
d.calonico@inrim.it

Ascoli Piceno, 21 ottobre 2021

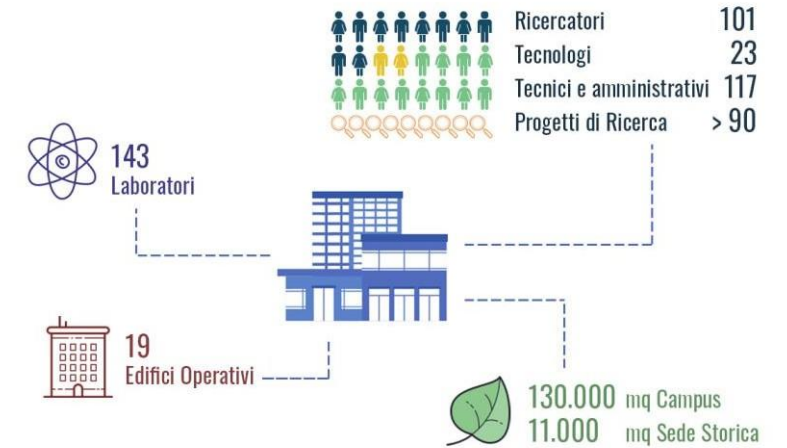
SOMMARIO

- INRIM in breve
- Interferometria Laser in Metrologia: dagli orologi atomici fino alla sismologia
- Il potenziale delle fibre per la sismologia su Science
- Viaggio sull'Atlantico con Google
- Applicazione sul territorio italiano: le sfide dopo la dimostrazione di Science
- Come funziona il sensore
- MEGLIO: acquisizioni sistematiche su rete commerciali in operazione

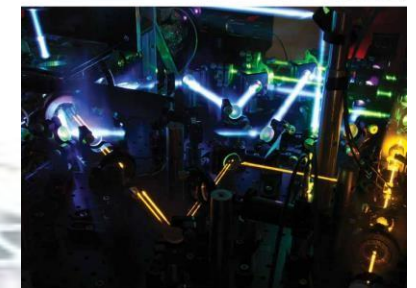
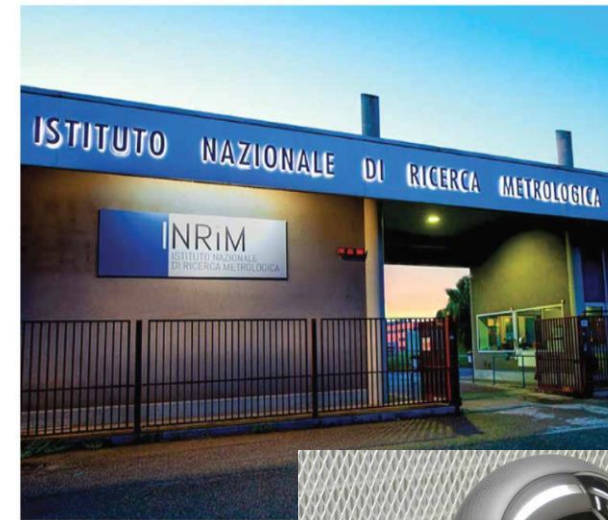
INRIM IN BREVE



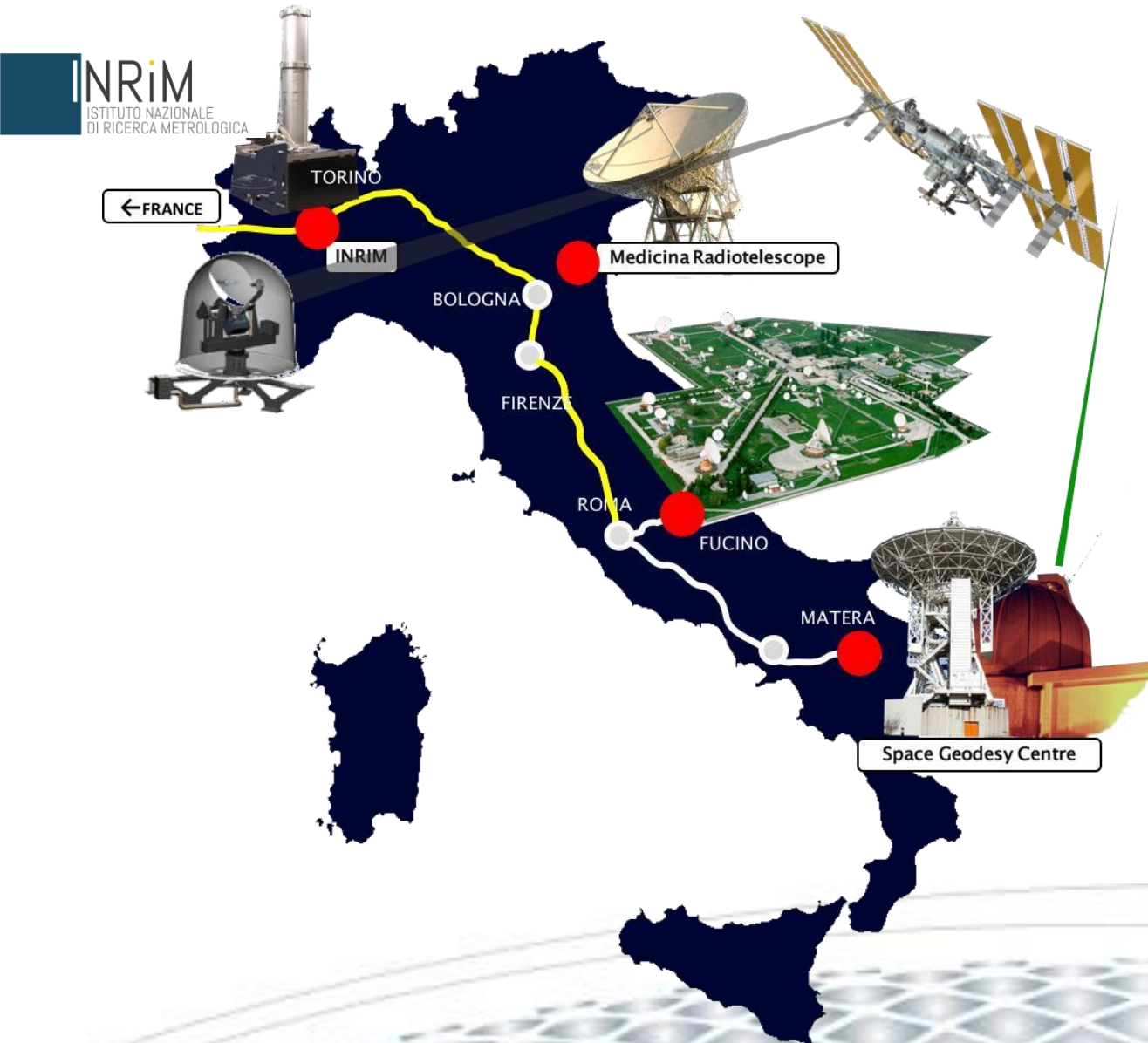
I numeri dell'Ente



- Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica
- Metrologia, Scienza, Campioni di Misura
- 4° Istituto Metrologico in Europa
- Divisione di Metrologia Quantistica / Tempo esatto
- Forti relazioni con Accademia e Industria



ITALIAN QUANTUM BACKBONE



Un'Infrastruttura di ricerca attiva nel

- Timing
- Tecnologie Quantistiche QKD
- Radioastronomia
- Fisica Fondamentale
- Spazio - Galileo
- Sismologia

Progettata, realizzata, gestita da INRiM

Collega 7 Centri di Ricerca Nazionali tra cui
CNR - ASI - INAF

5 Utenti Industriali

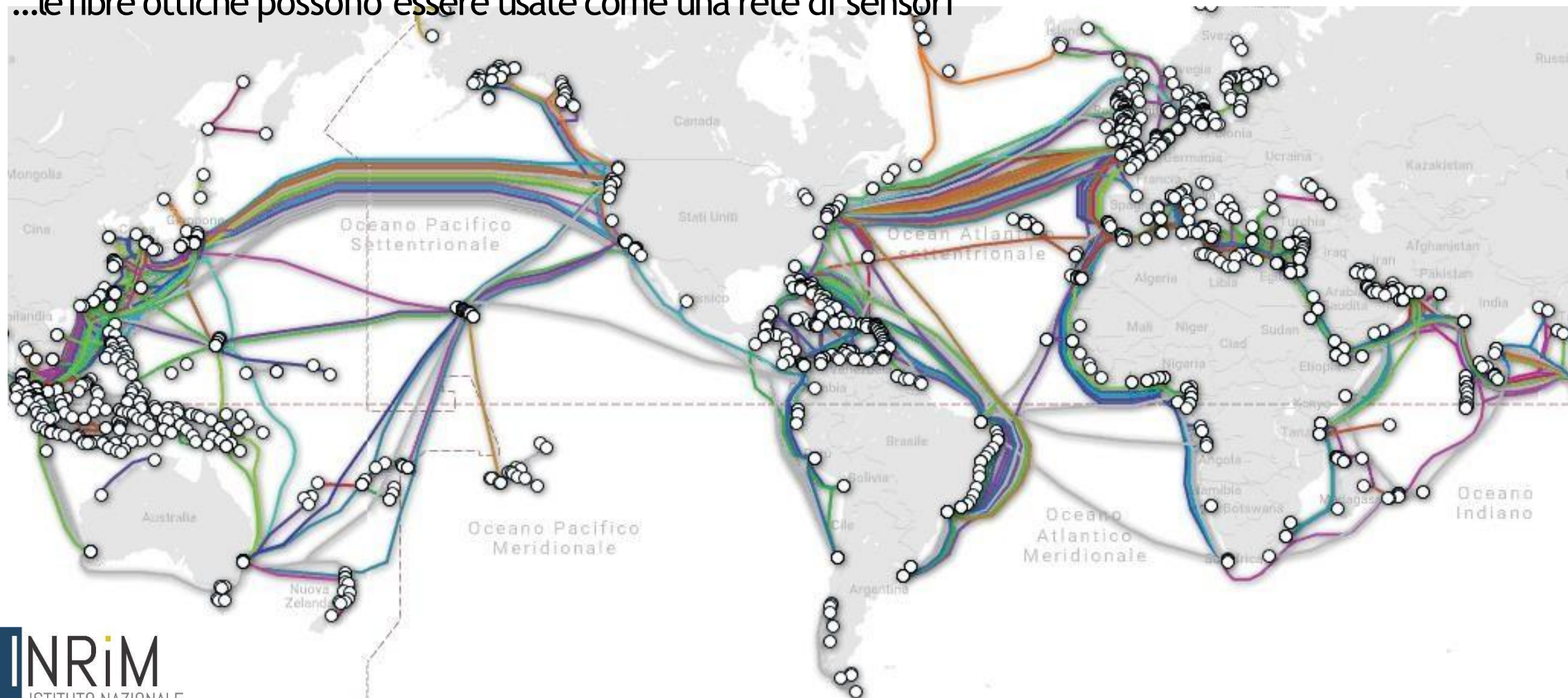
ITALIAN QUANTUM BACKBONE



- La tecnica Laser di MEGLIO nasce dalla metrologia primaria, per distribuire il riferimento di tempo degli orologi atomici con la massima accuratezza
- L'infrastruttura IQB si è poi dedicata alle Tecnologie Quantistiche e si inserisce nello sviluppo dell'iniziativa European Quantum Communication Infrastructure

L'ESPERIENZA SUI CAVI SOTTOMARINI

- 70% della Terra sono coperti dal mare
- I sismometri sul fondale sono pochi, costosi, difficili da gestire
→ l'attività sismica sottomarina è largamente non misurata
- ...le fibre ottiche possono essere usate come una rete di sensori



IL POTENZIALE DELLE FIBRE SU SCIENZE

Science

REPORTS

Cite as: G. Marra *et al.*, *Science* 10.1126/science.aat4458 (2018).

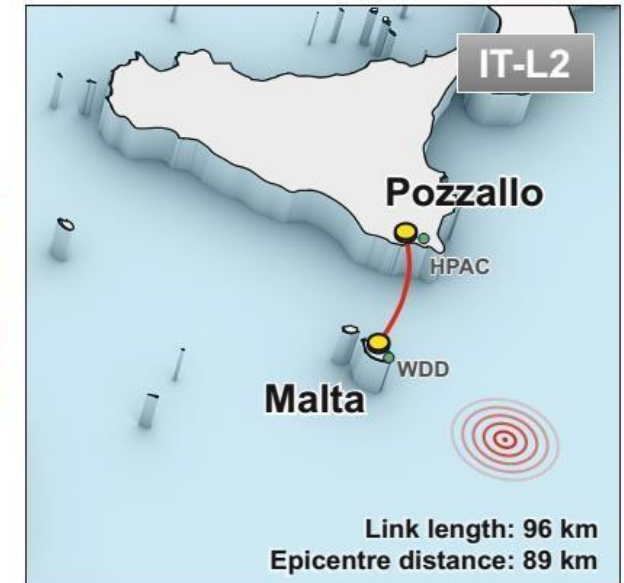
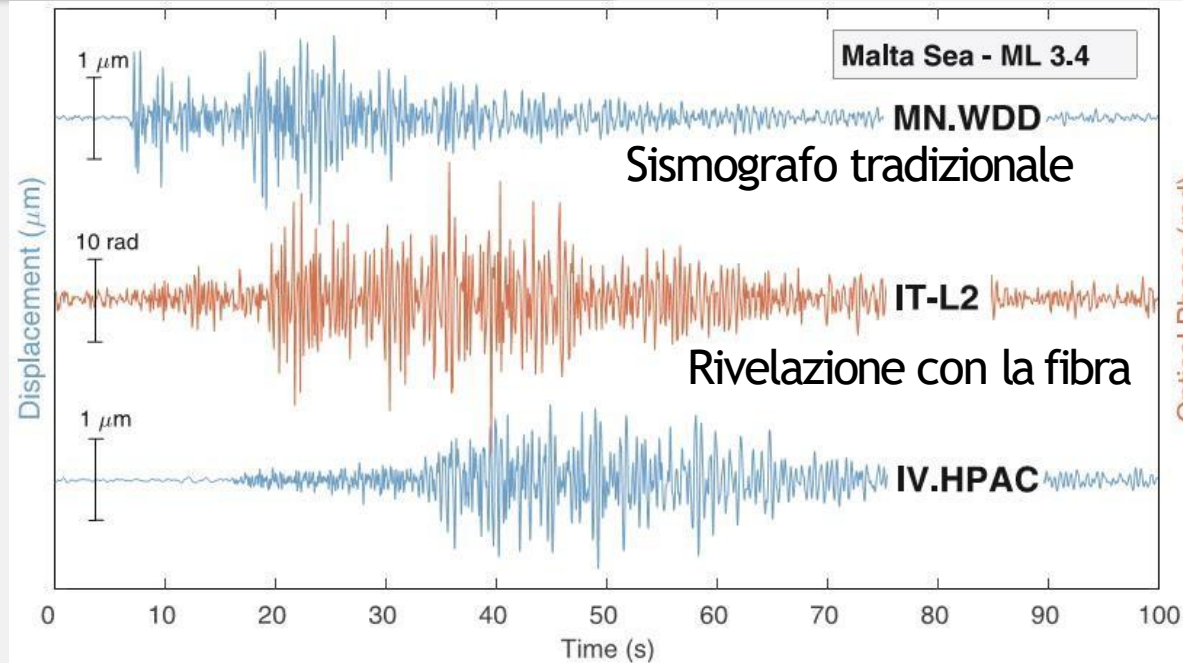
Ultrastable laser interferometry for earthquake detection with terrestrial and submarine cables

Giuseppe Marra^{1*}, Cecilia Clivati², Richard Lockett³, Anna Tampellini^{2,4}, Jochen Kronjäger¹, Louise Wright¹, Alberto Mura², Filippo Levi², Stephen Robinson¹, André Xuereb⁵, Brian Baptie², Davide Calonico²

¹National Physical Laboratory, Hampton Road, Teddington, TW11 0LW, UK. ²I.N.Ri.M., Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, Strada delle Cacce 91, 10135 Turin, Italy.

³British Geological Survey, The Lyell Centre, Research Avenue South, Edinburgh, Scotland, UK, EH14 4AP. ⁴Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129, Turin, Italy. ⁵Department of Physics, University of Malta, Msida MSD 2080, Malta.

- La prima rivelazione con tecnica coerente nel Mar Mediterraneo in una collaborazione internazionale ITA/UK/Malta
- Su fibre ottiche da 100 km, tra la Sicilia e Malta
- La tecnica a Interferometria laser ultrastabile in copresenza con i dati

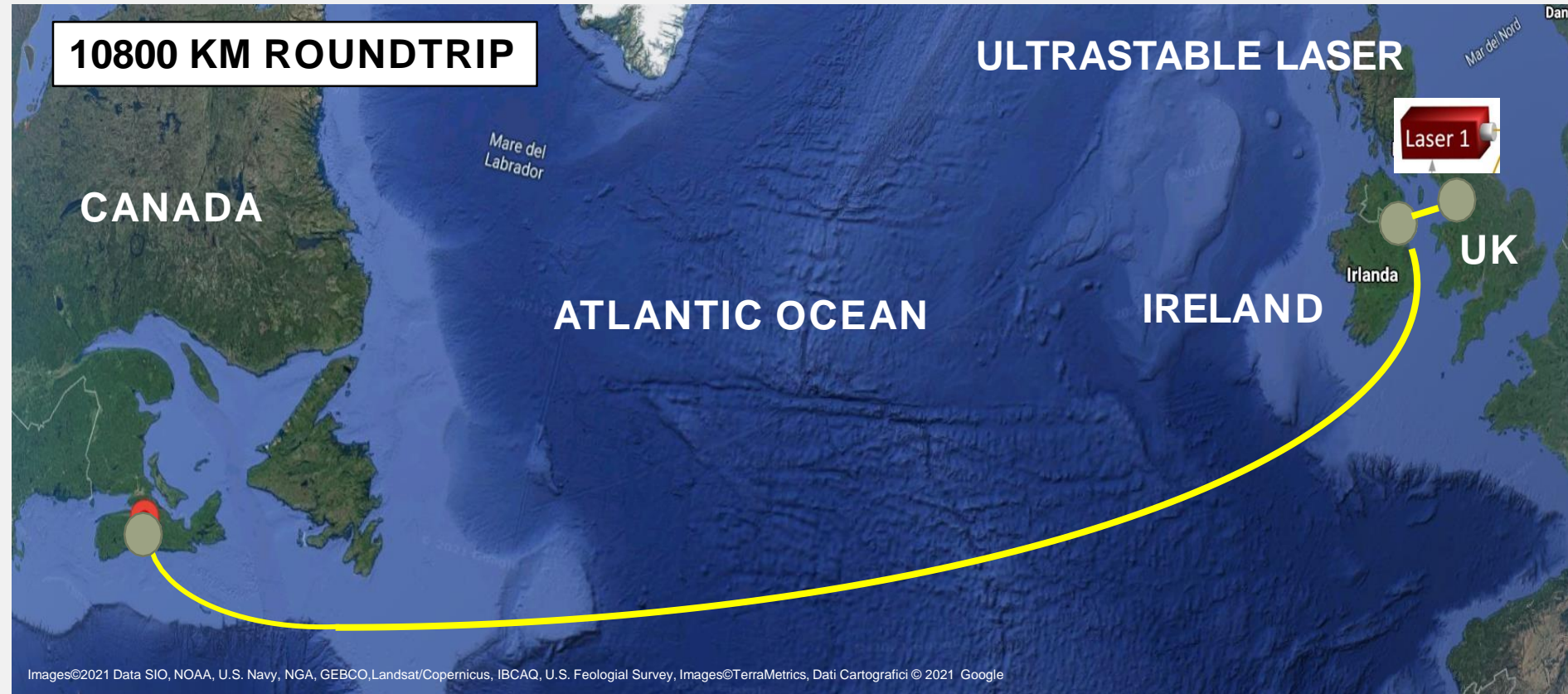


G. Marra *et al.*, *Science* **361** (2018)
C. Clivati *et al.*, *Optica* **14** (2018)

DA 100 A 10000 KM ATTRAVERSO L'ATLANTICO

L'interesse di Google per la nostra ricerca ci ha portato al primo collegamento intercontinentale:

- Dimostrazione che il link ottico di frequenza confronta orologi atomici su lunghissima distanza - garantisce sincronizzazione alla massima accuratezza
- Offre uno strumento di environment sensing per terremoti, tsunami, geofisica là dove i sensori tradizionali faticherebbero ad arrivare



In Italia: le sfide dopo la dimostrazione di Science

MEGLIO realizza la prima maglia di un network di osservazioni sistematiche in piena integrazione con la rete dati:

- Tecnica Interferometrica di Innovazione Digitale
- Sistema integrato dati /osservazione sismologica
- Analisi dati secondo le metodologie più avanzate

Nuove sfide:

- Coesistenza con il modello di operazioni della rete di tlc
- Sensore Laser trasportabile e affidabile per lunghi periodi
- Estrazione dell'informazione sismica dal rumore antropico



open fiber

INRiM
ISTITUTO NAZIONALE
DI RICERCA METROLOGICA



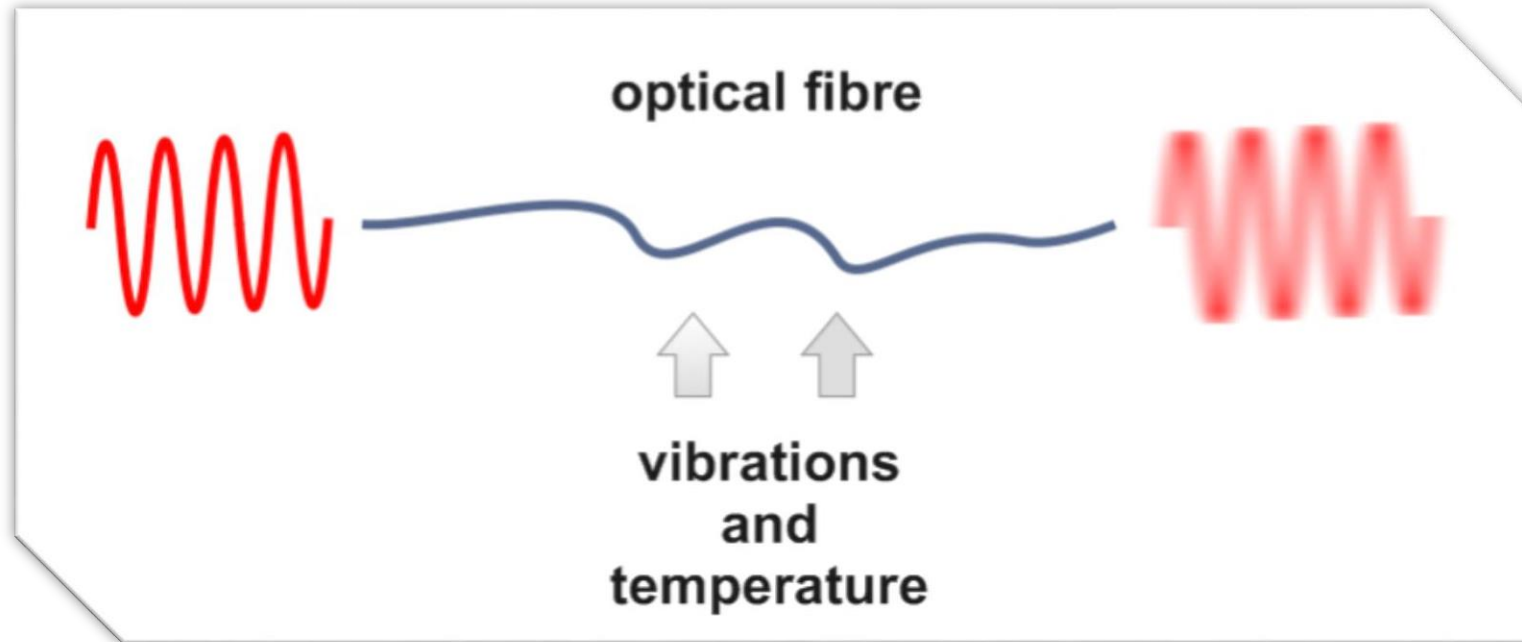
BAIN & COMPANY

Metallurgica Bresciana s.p.a.
A Sterlite Tech company

INGV

La fibra ottica come sensore

...perchè è un mezzo, che interagisce con l'ambiente



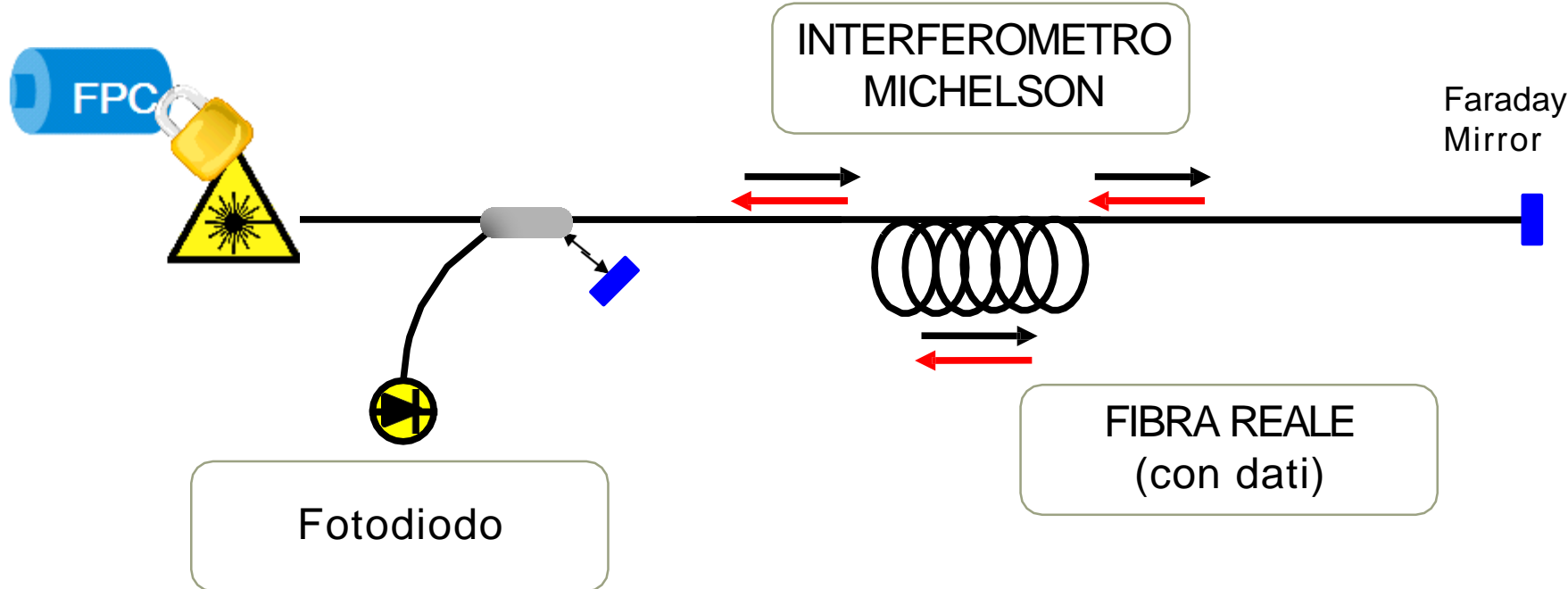
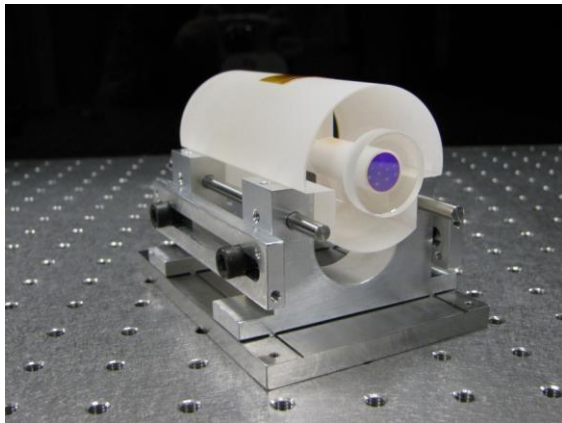
e risponde a variazioni di temperatura, a stress meccanici, con cambi di cammino ottico (fase), rotazioni di polarizzazione, variazioni di backscattering di luce

Il sensore interferometrico con laser ultrastabile

Le variazioni di lunghezza della fibra ottica vanno misurate con un metro molto accurato e sensibile:

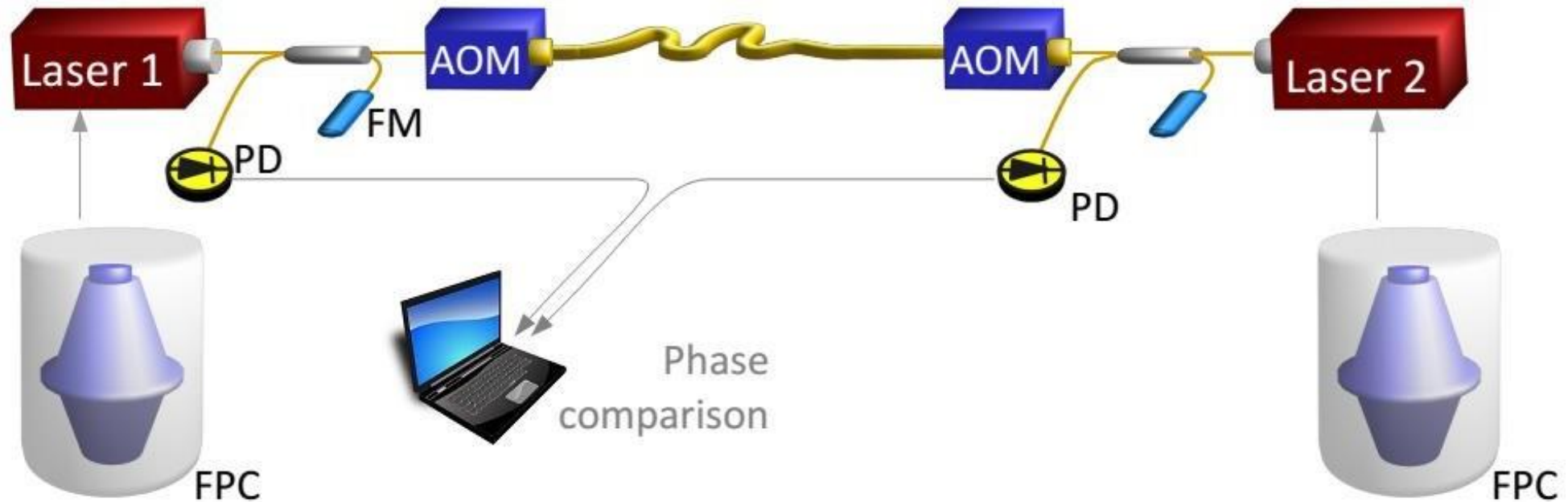
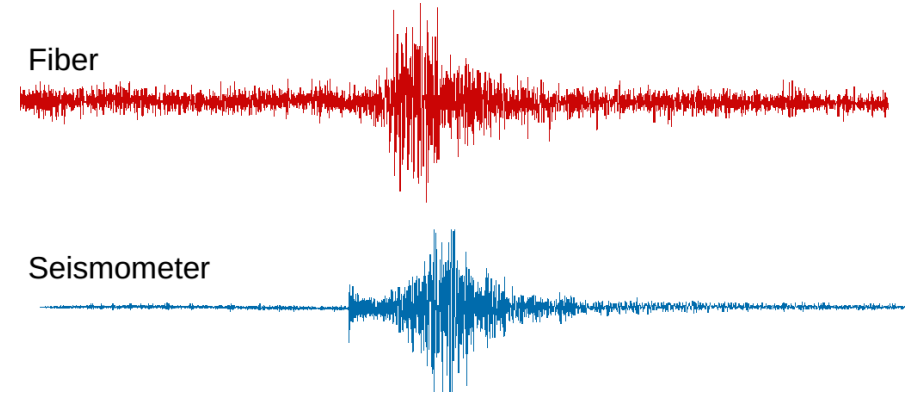
un laser ultrastabile + una tecnica di interferometria coerente = sensibilità al micrometro

LASER
ULTRASTABILE



Il sensore interferometrico con laser ultrastabile

DUE laser ultrastabili + tecnica di interferometria coerente: rivelazione e localizzazione



Il sensore laser ultrastabile trasportabile

Sistema di pompaggio

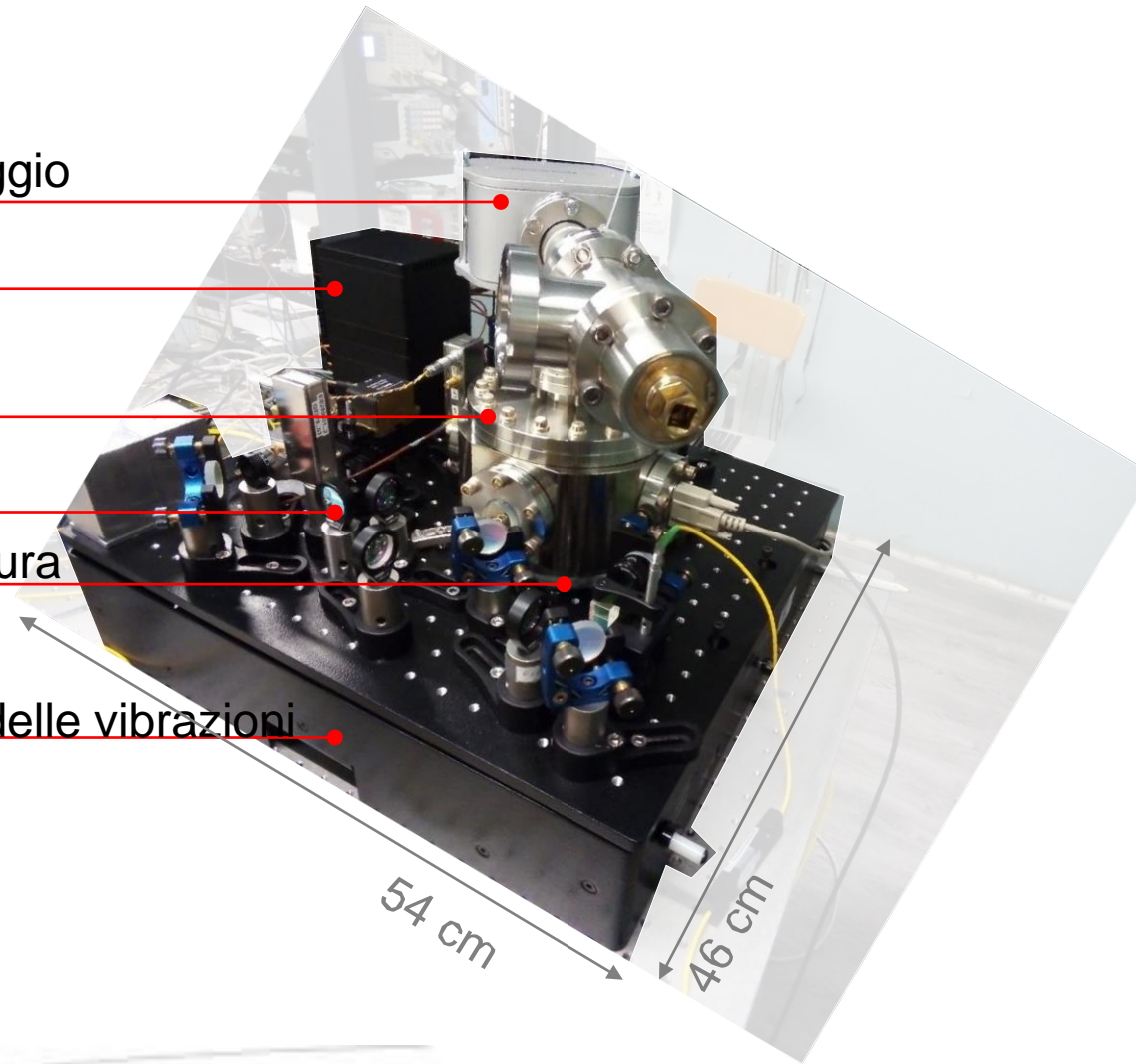
Sorgente Laser

Camera da vuoto

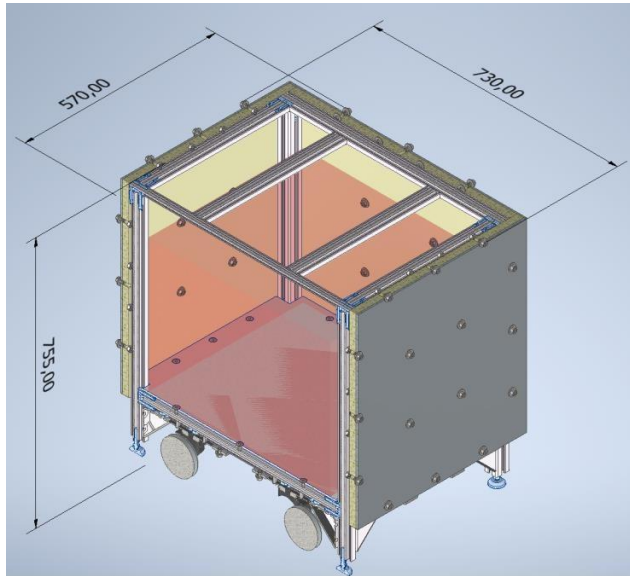
Ottica

Controllo temperatura

Tavola smorzante delle vibrazioni



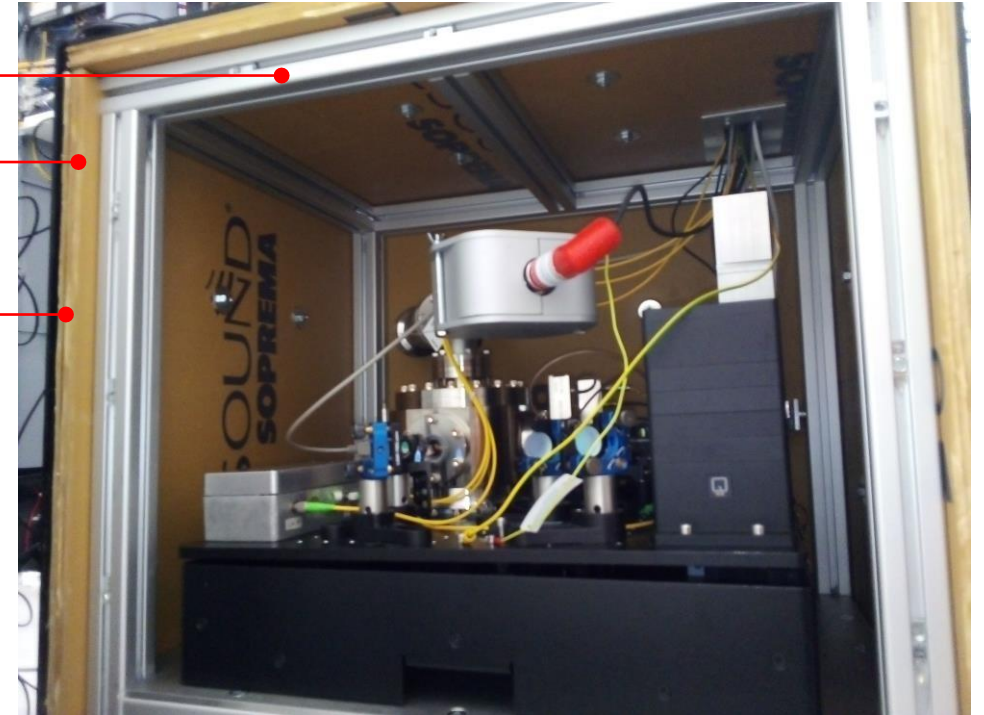
Il sensore laser ultrastabile trasportabile



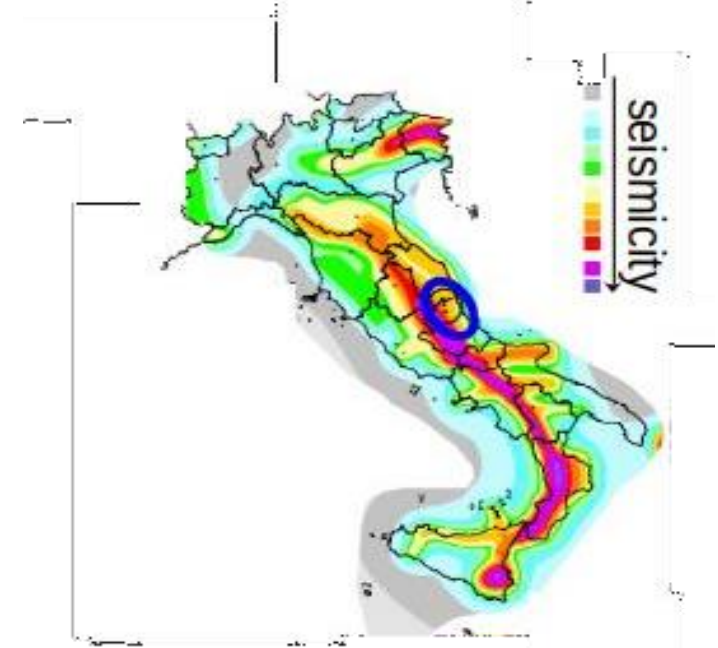
Supporto in Alluminio

Materiale fono-isolante

Rivestimento in plexiglass



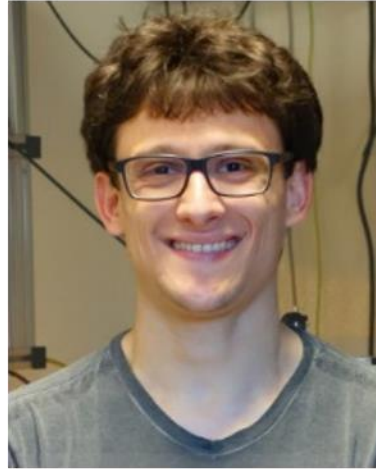
Il sensore laser a Teramo e Ascoli Piceno



Team dell' INRIM



Cecilia Clivati



Simone Donadello



Filippo Levi



Alberto Mura



Roerto Concas



Davide Calonico

CONCLUSIONI

- ❑ MEGLIO per la prima volta trasferisce in un ambiente operativo di telecomunicazione la tecnica di interferometria nata per la metrologia di frequenza e la applica alla sismologia
- ❑ La presa dati sistematica e il confronto con i sensori tradizionali daranno tutta la misura dell'efficacia e della complementarità di MEGLIO
- ❑ La sinergia tra attori diversi - telecomunicazione, metrologia, sismologia, analisi dati è garantita da un team interdisciplinare
- ❑ La scalabilità verso un network nazionale
- ❑ L'Italia all'avanguardia in questo settore, in forte incremento a livello globale

Grazie per l'attenzione!

Davide Calonico

d.calonico@inrim.it