







ET & ETIC

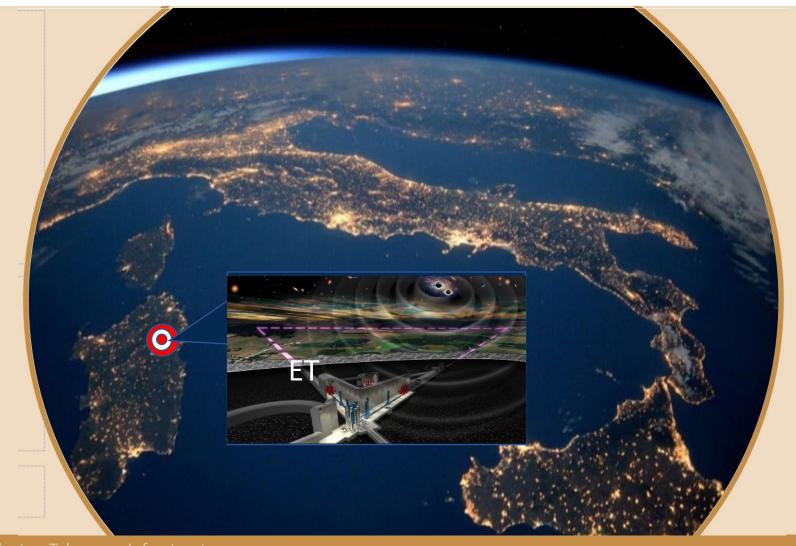
Michele Punturo INFN Perugia

ET spokesperson

ETIC Coordinator

www.linkedin.com/in/michelepunturo

http://www.einstein-telescope.it













Einstein Telescope

- Einstein Telescope (ET) è la nuova grande infrastruttura di ricerca europea per lo studio delle onde gravitazionali nella prossima decade.
 - ET sarà un osservatorio di terza generazione
- Qui siamo ospitati presso EGO/Virgo, il rivelatore italo-francese di nascita, ora paneuropeo, unico ad aver rilevato le onde gravitazionali in Europa
- Il cammino per realizzare e avere Virgo operativo in Italia è stato lungo, difficile e di successo
- Il cammino per realizzare ET (in Italia) è stato e sarà lungo, difficile e (lo seriamo tutti) di successo

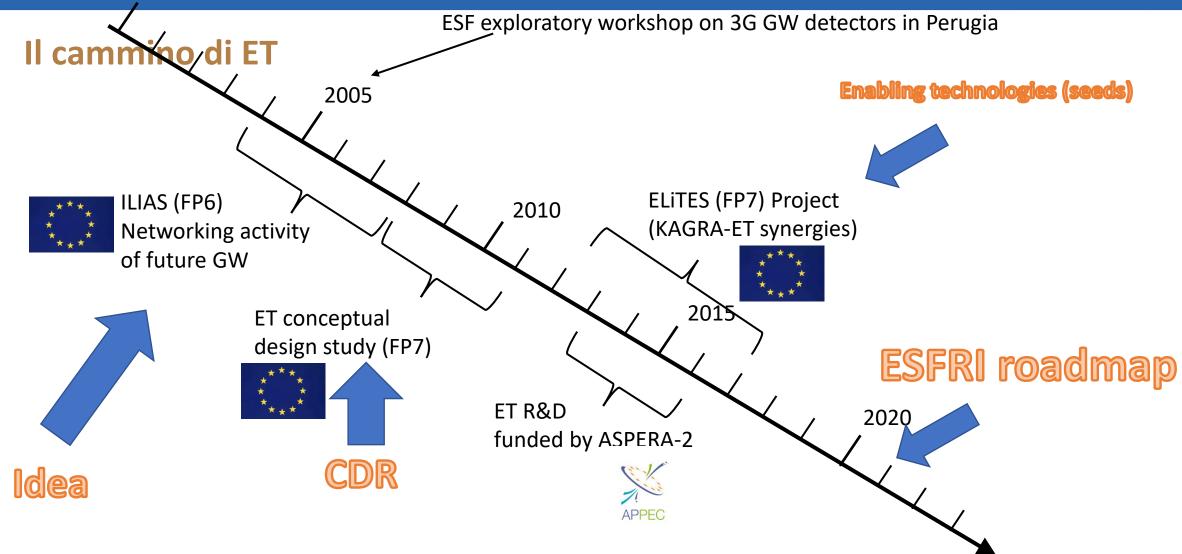












ESFRI Roadmap





Large preparatory funds

available in some country (IT,

NL, ...), an EU "Preparatory

Phase" grant of 3.5M€

available

Proposal submitted by the government of :

- Italy (Lead Country)
- Belgium
- Netherlands
- Poland
- Spain Spain

Now in the project and in the collaboration activities also agencies or institutions belonging to:

- Austria
- France
- Germany
- Hungary
- Switzerland
- UK

ETIC Industrial Days 15-16 Feb 2023

ET CA originally signed by 41 institutions inlandia Consortium currently coordinated by INFN and Nikher Estonia Regno Unito Bielorussia Polonia Germania Romania Spagna Several hundreds of scientists and engineers currently

collaborating in ET Google









The ET International Collaboration

 Attualmente la collaborazione ET è composta da 1369 membri, organizzati in 80 "Research Units", affiliati a 202 istituti distribuiti su 23 nazioni nel mondo

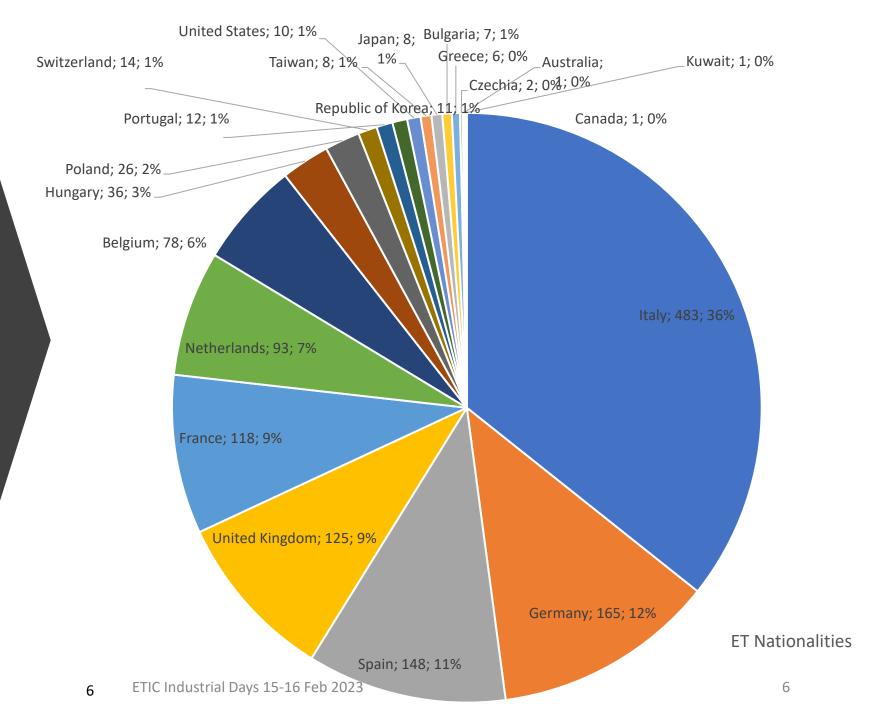








Country distribution of the ET members





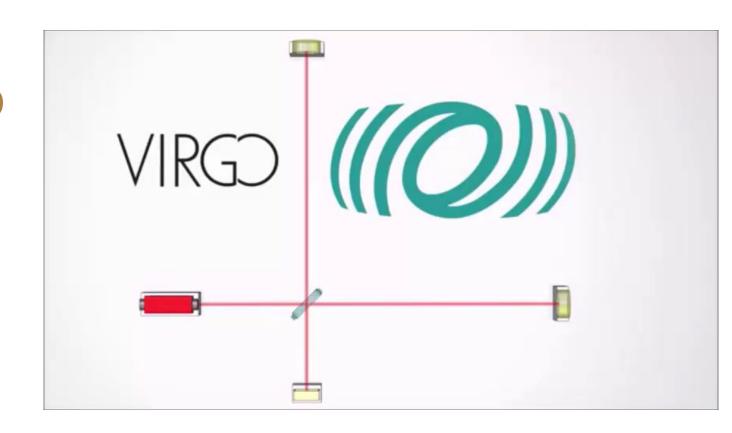






OK, cosa vogliamo realizzare?

Partiamo da Virgo













ET: elementi chiave

ET ha grandi ambizioni scientifiche, puntando ad osservare le emissioni di onde gravitazionali in pressocché tutto l'Universo svelando nuovi fenomeni astrofisici

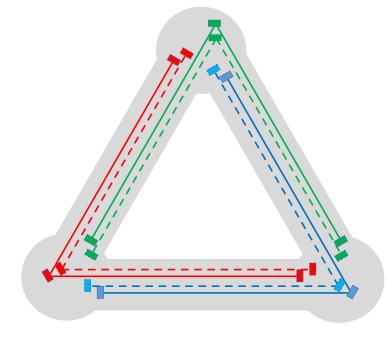
Il disegno di ET punta a soddisfare alcuni requisiti fondamentali

Requirements

- Wide frequency range
- Massive black holes (LF focus)
- **Localisation capability**
- (more) Uniform sky coverage
- Polarisation disentanglement
- High Reliability (high duty cycle)
- High SNR

Design Specifications

- Xylophone (multiinterferometer) Design
- Underground
- Cryogenic
- Triangular shape*
- Multi-detector design
- Longer arms



*in corso di valutazione









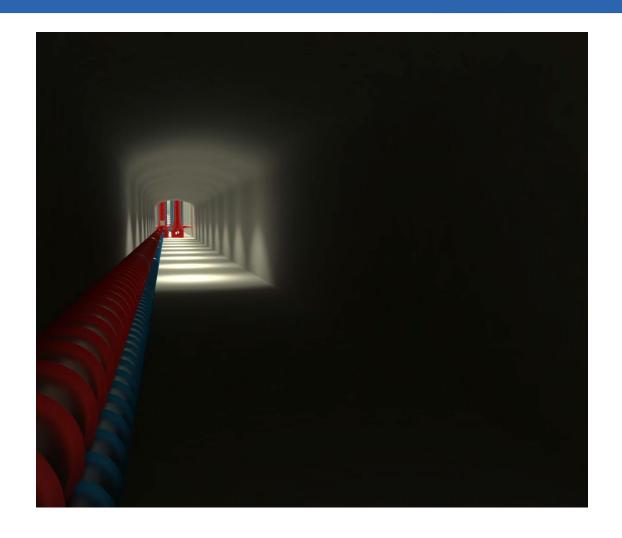


L'infrastruttura di ET

Le ambizioni scientifiche di ET si riflettono sulla rilevanza della nuova infrastruttura che deve contenere la sua implementazione iniziale e le sue evoluzioni future

L'infrastruttura sarà sotterranea, tra 120 e 250m di profondità, per attenuare i rumori a bassa frequenza (sismici, ambientali, e.m.)

Dovrà ospitare più di un interferometro, con bracci di almeno 10km (opzione 15km), per circa 50 anni













Le sfide dell'infrastruttura civile

Challenging Engineering: key points

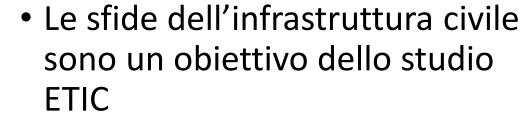


- Safety (fire, cryogenic gasses, escape lanes, heat handling during the vacuum pipe backing)
- Noise (creeping, acoustic noise, seismic noise, Newtonian noise)
- Minimisation of the volumes, but preservation of future potential)
- Water handling, hydro-geology and tunnels inclination
- Cost

Large caverns

- In addition to the previous points:
- Stability
- Cleanliness
- Thermal stability
- · Ventilation and acoustic noise





- Il suo WP6 è quasi interamente dedicato ad uno studio di prefattibilità
- Fare riferimento alla presentazione di Maria Marsella







Challenging engineering

New technology in cryo-cooling

New technology in optics

New laser technology

High precision mechanics and low noise controls

High quality optoelectronics and new controls

ET Enabling Technologies

 The multiinterferometer approach asks for two parallel technology developments:

• ET-LF:

- Underground
- Cryogenics
- Silicon (Sapphire) test masses
- Large test masses
- New coatings
- New laser wavelength
- Seismic suspensions
- Frequency dependent squeezing

Parameter	ET-HF	ET-LF
Arm length	10 km	10 km
Input power (after IMC)	500 W	3 W
Arm power	3 MW	18 kW
Temperature	290 K	10-20 K
Mirror material	fused silica	silicon
Mirror diameter / thickness	62 cm / 30 cm	45 cm/ 57 cm
Mirror masses	200 kg	211 kg
Laser wavelength	1064 nm	1550 nm
SR-phase (rad)	tuned (0.0)	detuned (U.b)
SR transmittance	10 %	20 %
Quantum noise suppression	freq. dep. squeez.	freq. dep. squeez.
Filter cavities	$1\times300\mathrm{m}$	$2\times1.0\mathrm{km}$
Squeezing level	10 dB (effective)	10 dB (effective)
Beam shape	TEM_{00}	TEM_{00}
Beam radius	12.0 cm	9 cm
Scatter loss per surface	37 ppm	37 ppm
Seismic isolation	SA, 8 m tall	mod SA, 17 m tall
Seismic (for $f > 1$ Hz)	$5 \cdot 10^{-10} \mathrm{m}/f^2$	$5 \cdot 10^{-10} \mathrm{m}/f^2$
Gravity gradient subtraction	none	factor of a few



Evolved laser technology

Evolved technology in optics

Highly innovative adaptive optics

High quality opto-electronics and

new controls

ET-HF:

- High power laser
- Large test masses
- New coatings
- Thermal compensation
- Frequency dependent

ETIC Industrial Days 15-16 Fs oueezing

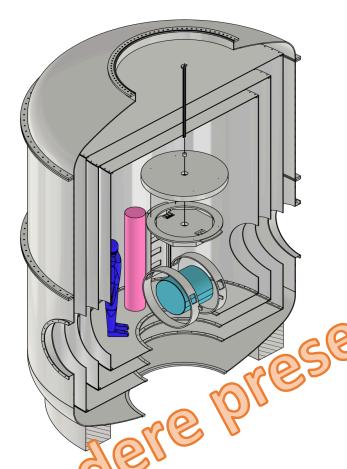








Cryo-cooling



ET operative temperature 2200

Key is

- Azoustic ard vibration noises
- Iness and contamination
 - Cooling time (large masses, commissioning time, ...)
- Infrastructures
- Technology (gasses or cryo-coolers)
- Materials
- Safety



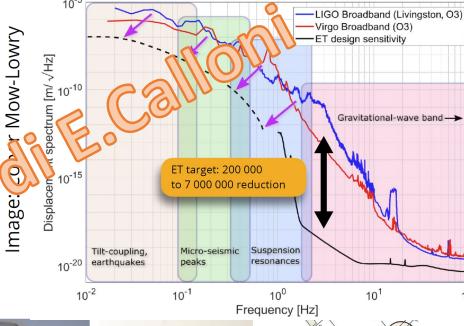


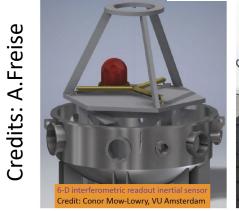




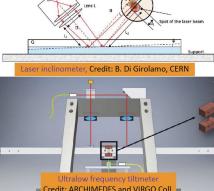
Low Frequency special focus

- Underground infrastructure
- 17m tall seismic filtering suspensions
- Large impact on cavern engineering and costs
- R&D in active-passive filtering systems and seismic spessors











Credits:









New Optics

Substrates challenge

- Substrate (ET-HF silica / ET-LF silicon) of 200 kg-scale, diam≥45cm, with required purity and optical homogeneity/abs.
- Silicon Challenge:
 - Czochralski (CZ) method produced test masses could have the required size, but show absorption excesses due to the (crucible) contaminants
 - Float Zone (FZ) produced samples show the required purity, but of reduced size (20cm wrt ≥45cm required)
 - Magnetic Czochralski (mCZ) could be the possible solution?

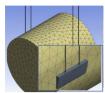
Coatings challenge

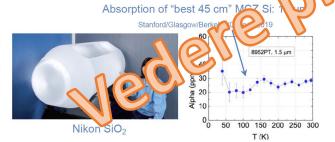
 major challenge over recent years:

- Amorph we dielectric toting solutions often either satisfy thermal noise quirement (3.2 times better than the current coating or optical performance requirement (less than 0.5ppm) both
- AlGaAs Crystalline coatings could satisfy ET-LF requirements, but currently limited to 200mm diameter.



Advanced LIGO – 40 kg / ET 200 kg













New Laser and Opto-Electronic Technology



Virgo and LIGO developed CW house lasers at 1064nm

In the meir evolution ward higher power will be stigated.

In ET-Leve will use of the Silve test masses:

 λ =1.55 μ or λ m?

electro-optic components:

- High quantum efficiency photodiodes
- Low dissipation e.o.m.
- Low dissipation faraday isolators







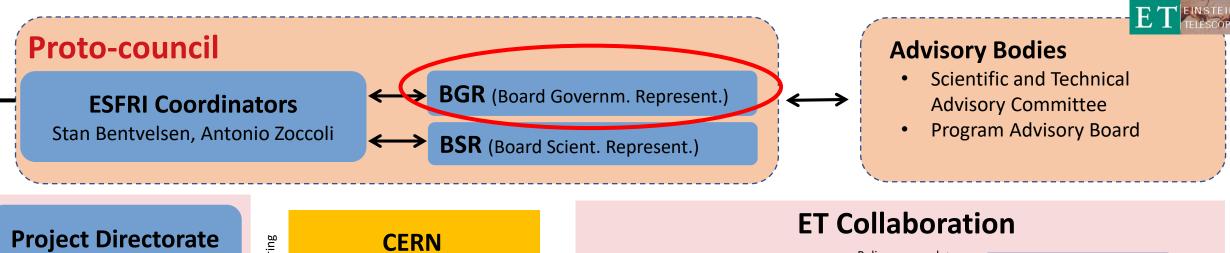




Other relevant challenges

- Auxiliary optics, adaptive optics and thermal compensation of optical aberrations
- Precision mechanics, alignment and positioning
- Vacuum (the largest volume under UHV in the Work)
 - More than 120km of vacuum pipes
 - ~1 m diameter, total volume 9. ×10 m
 - 10^{-10} mbar for H₂, 10^{-11} mbar for Hydrocarbon
 - Joint development with CERN
- Low noise controls
- Computing
 - Computation intensive, not data intensive
- Governance & Organisation





Policy & monitoring

monitoring Policy proposals+ F. Ferroni, A. Freise, M. Martinez **MOA CERN-INFN-Providing** monitoring CB EB services Nikhef Deliverables: **Collaboration Board** monitoring **Executive Board** P. Chiggiato Beam pipe vacuum Informing **Site Preparation** delivering managing managing reporting Civil Infrastructure TDR ET Vacuum Pipe SSB reporting Services and Science **INFRA-DEV** Requirements Standards Board **Forum** & competences M. Martinez **Providing** supervisioning participating services WP1 Coordination and Management Strategy Communication WP2 Organization , Governance, Legal WP3 Financial Architecture Setting Office WP4 Site Preparation WP5 Project Office/Engineering Dept. EIB **SCB** WP6Technical Design **Project Office ISB OSB** Electronics/Comp WP7Transfer of Technology Site WP8 Computing and Data Access Observational Instrument utational WP9 Sustainable Development Characterisation Engineering Science Board Infrastructure Science Board Strategy Board WP10 Education, Outreach, Citizen Board Department Engagement **Specific Boards** ET Observatory ETIC Industrial Days 15-16 Feb 2023













Home | Stampa | Notizie e comunicati stampa | Ricerca, è istituito il Comitato tecnico scientifico per la candidatura dell'Italia all'Einstein Telescope

09/02/2023

Ricerca, è istituito il Comitato tecnico scientifico per la candidatura dell'Italia all'Einstein Telescope

Giovedì, 09/02/2023

Il Nobel Giorgio Parisi alla guida del gruppo di esperti per l'infrastruttura internazionale

Sarà il Premio Nobel per la Fisica **Giorgio Parisi** a presiedere il Comitato tecnico scientifico per la candidatura dell'Italia ad ospitare l'Einstein Telescope (ET). Il Ministro dell'Università e della Ricerca, Anna Maria Bernini, ha firmato il decreto che istituisce il gruppo di esperti che dovrà promuovere a livello scientifico la candidatura italiana per l'importante infrastruttura di ricerca internazionale, in stretto raccordo con la rete diplomatica.



Naviga la sezione

Notizie e comunicati stampa











Impatto socio-economico

- Einstein Telescope è ovviamente un grande investimento scientifico, tecnologico, economico e sociale
 - ~2G€ di investimento nell'infrastruttura, negli apparati e nell'R&D per lo sviluppo della tecnologia a livello Europeo
 - Un centro di ricerca che può determinare lo sviluppo economico e sociale della regione che lo ospita
 - Uno studio di impatto effettuato dall'Università di Sassari per la proposta ESFRI ha evidenziato che, nella fase costruttiva:
 - «Total output effect»: fattore moltiplicativo pari a circa un fattore 3
 - "Value added effect": fattore moltiplicativo pari a circa un fattore 1.5
 - «Employment effect»: 713 unità annue
 - Impatto focalizzato per il 60% sulla regione/nazione ospitante

https://web.infn.it/einsteintelescope/index.php/it/et/impatto-socio-economico



ET site(s)



- Currently there are two sites, in Europe, candidate to host ET:
 - The Sardinia site, close to the Sos Enattos mine
 - The EU Regio Rhine-Meusse site, close to the NL-B-D border
- A third option in Saxony (Germany) is under discussion
- Sites are investigated through
 - seismic noise measurements on surface, in boreholes and in mine (Sardinia)
 - Magnetic and ambient noises measurements
 - Geophysical and geotechnical characterizations
 - ...
- Large funds needed to elaborate and propose the candidature of the sites



Einstein Telescope in Euregio Meuse-Rhine (EMR)



Connected institutions in:
Belgium,
Germany &
the Netherlands

Nationaal Groeifonds (the Netherlands)



Emphasis on potential socio-economic Impact

Submitted by
OCW Ministry
(EZK Ministry support)

Supported by ~70

Dutch

Industries/institutions

In October 2021 the Netherlands submitted large funding proposal within context of the 'Nationaal Groeifonds'. Decision in April 2022.

Includes 42 M€ for geology, R&D & organization

ETIC Industrias awell as possible Dutch share towards ET realization

German Center for Astrophysics





Pressemitteilung

Forschung von Weltrang in der Lausitz

Deutsches Zentrum für Astrophysik – Forschung. Technologie. Digitalisierung. (DZA) gewinnt Wettbewerb zur Strukturförderung

Görlitz, 29.09.2022 Die Entscheidung im Wettbewerb "Wissen.schafft.Perspektiven" ist getroffen: Mit dem Deutschen Zentrum für Astrophysik - Forschung. Technologie. Digitalisierung. (DZA) entsteht ein nationales Großforschungszentrum mit internationaler Strahlkraft, das ressourcensparende Digitalisierung vorantreibt, neue Technologien entwickelt, für Transfer sorgt und Perspektiven für die Region schafft – fest verwurzelt in der sächsischen Lausitz.









E l'Italia?

- La grande tradizione e esperienza della comunità scientifica coinvolta nella ricerca sulle onde gravitazionali non poteva non avere una controparte nel supporto da parte del governo italiano
 - Il MUR (e il governo in genere) ha supportato la candidatura della Sardegna sin dal 2018:
 - Finanziamento di circa 17M€ per la candidatura del sito in Sardegna e lo sviluppo delle tecnologie da testare su Virgo
 - Diversi PRIN per la caratterizzazione del sito e lo Sviluppo di alcune Tecnologie
- Ma non poteva mancare il PNRR



ETIC – Einstein Telescope Infrastructure Consortium

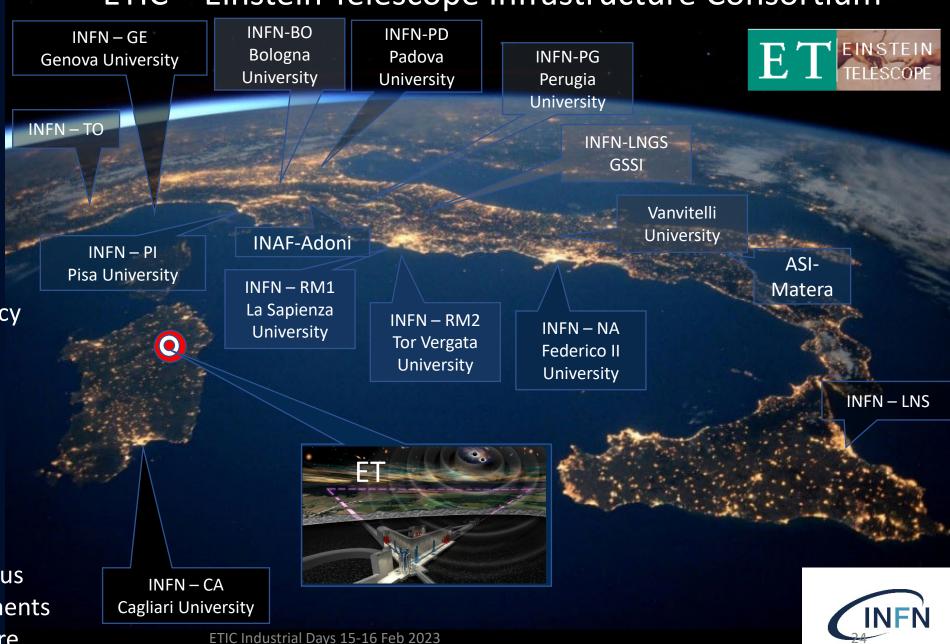
Next Generation EU (PNRR) Investment focused on ET enabling technology and Sardinian site candidature support

Leaded by INFN,
Partners:
11 Universities
INAF and Italian Space Agency

Budget 50M€

Start of the project: 1st January 2023

Full support from the previous and present Italian Governments on the Italian site candidature





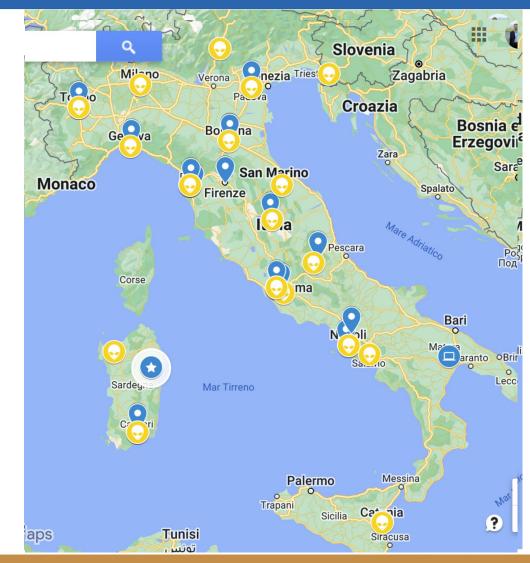






ET-ETIC in Italia

- C'è una buona (anche se non perfetta) sovrapposizione fra le Research Units di ET e le Unità Operative di ETIC
- ETIC ha di maggiori pilastri:
 - 20M€ per uno studio di pre-fattibilità del sito
 - 30M€ per lo Sviluppo delle tecnologie
- 30 (+6) mesi di durata





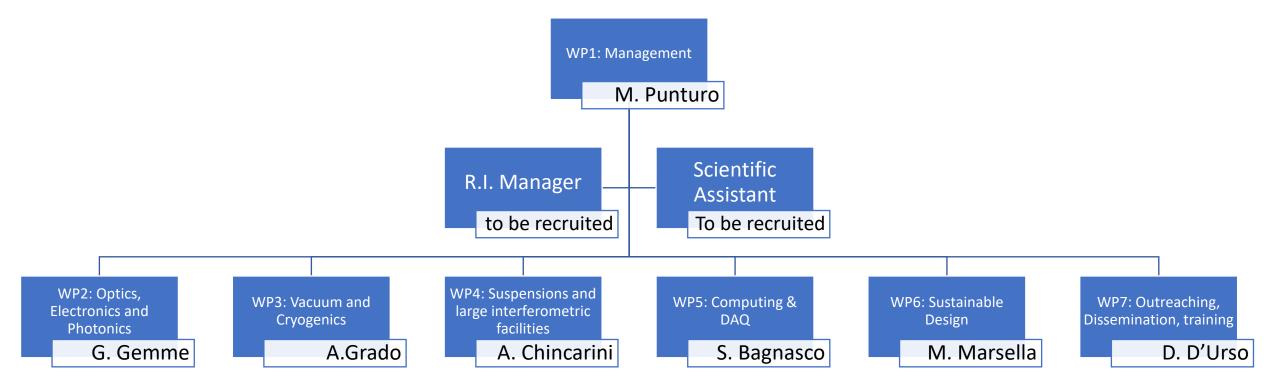






ETIC Project: WBS

• Il progetto ETIC è organizzato in 7 WPs e circa 140 attività



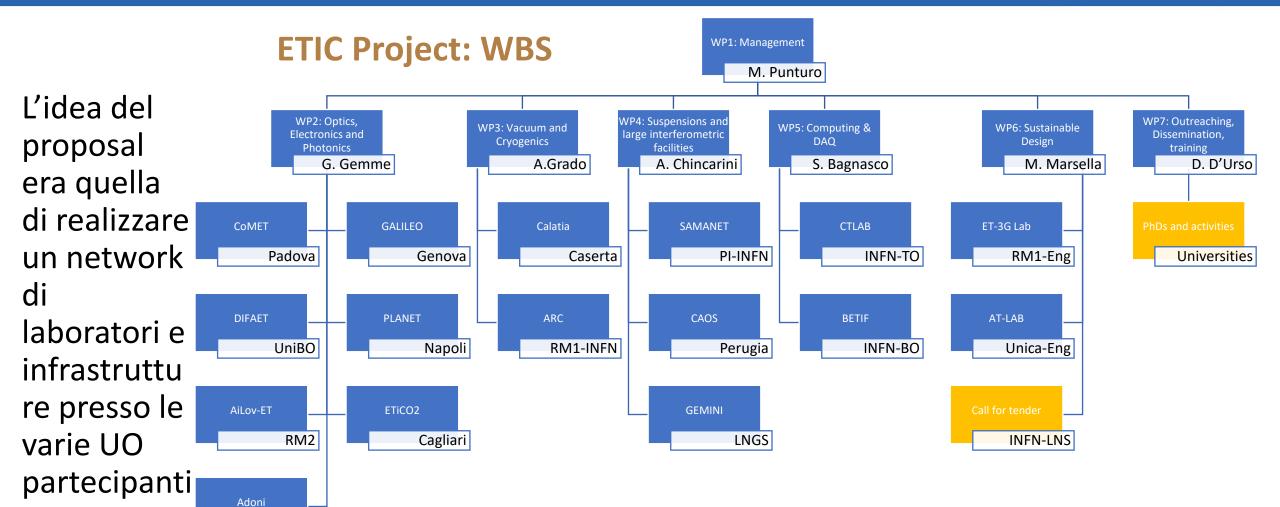














INAF



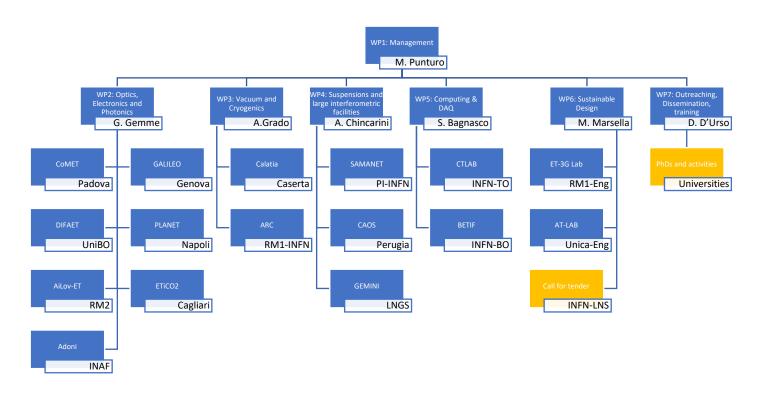






Fabbisogni - Overview

- Ottica e elettronica: circa 17 M€ (iva inclusa) di strumentazione scientifica e camere bianche, distribuiti fra tutti i gruppi
- Camere da vuoto, criostati, tubi pulsati (criogenia 10⁻⁸ mbar, 4K)
- Progettazione e installazione di camere pulite e laboratori.
- Facility di Roma 1 e Università di Perugia
- Circa 5.5 M€ (iva inclusa) per strutture civili (Cagliari ca 250 m2, Napoli ca 200 m2, Roma 2 ca 60 m2 e Padova) per realizzazione di nuove strutture o adeguamento di strutture esistenti per laboratori
 - a Roma 2, investimento di 1MEuro per edilizia e impianti di condizionamento. È richiesta un'azienda che fa da capofila.
 - a Padova, camera pulita ISO7 di circa 50 m^2 e laboratorio di metrologia di circa 40 m^2













Galileo (Genova): ottica quantistica

Fiodor Sorrentino, <u>fiodor.sorrentino@ge.infn.it</u>
Andrea Chincarini, <u>andrea.chincarini@ge.infn.it</u>

Proponiamo la realizzazione presso la sezione INFN di Genova (all'interno del Dipartimento di Fisica dell'Università dei Genova) di un laboratorio di ottica quantistica per sviluppare sorgenti di luce squeezed alle lunghezze d'onda rilevanti per ET (1.5 μ m e 2 μ m)

Il laboratorio sarà anche una test facility ad esempio per lo sviluppo di sensori quantistici e delle comunicazioni quantistiche

> Componenti:

- Camera pulita a temperatura e atmosfera controllata (ISO 5, stabilità termica < 1 °C)
- Banco ottico per sviluppo e test di componenti critici per esperimenti di squeezing (isolatori ottici, sistemi per controllo cavità ottiche, etc.)
- Banco ottico per sorgenti di luce squeezed a lunghezze d'onda 1.5 μm e 2 μm
- Sorgenti laser a 1.5 μm e 2 μm
- Isolatori ottici
- Elettronica per controllo cavità ottiche
- Componentistica ottica e meccanica associata (supporti, lenti, ..., etc.)











Galileo (Genova): film ottici ultrapuri

Michele Magnozzi, <u>Michele.Magnozzi@edu.unige.it</u>
Maurizio Canepa, <u>canepa@fisica.unige.it</u>

Realizzazione di una struttura dedicata, dove la fabbricazione di rivestimenti ottici a bassissimo assorbimento può essere ottimizzata attraverso una caratterizzazione efficace ed efficiente.

L'infrastruttura e il know-how all'avanguardia creati da questo progetto saranno sfruttati anche per estendere la ricerca a sistemi strettamente correlati, come i rivestimenti a bassissimo assorbimento per ottiche laser ad alta potenza, che sono di grande interesse sia per la scienza fondamentale (ad esempio, il comportamento della materia a intensità luminose estreme) che per le applicazioni industriali (ad esempio, sistemi di taglio e saldatura dei metalli di precisione)

> Componenti:

- Custom ion beam sputtering
- Photothermal common path interferometer
- Ellissometro spettroscopico









COMET (Padova): Coating Materials for Einstein Telescope

• Giacomo Ciani, giacomo.ciani@unipd.it Marco Bazzan, marco.bazzan@unipd.it



- Ristrutturazione edificio preesistente (soppalco, tramezze, finiture; circa 250 mq)
- Realizzazione impianti (gas tecnici, UTA, climatizzazione, chiller, ecc.)
- Installazione camera pulita ISO 7 (60 mq)
- Laboratorio preparazione macchine (cappa chimica, officina, vasche solventi)
- Laboratorio metrologia (40 mq)

Tecnologia:

- Macchine per deposizione film sottili
 - o Ion Beam Sputtering
 - Magnetron Sputtering
- Strumentazione
 - o XRD/XRR
 - o Ellissometro
 - o Scatterometro
 - Forno annealing
 - o Ion milling
 - Microscopio ottico



Missione:

Produzione di ricoprimenti ottici per la ricerca di nuovi materiali per gli specchi di ET.















SAMaNET INFN Pisa

Franco Frasconi, Franco.Frascon@pi.infn.it

Nell'ambito del Progetto ET-ETIC, presso i Laboratori della Sezione INFN Pisa queste le attività previste:

- Allestimento di set-up sperimentali con nuova strumentazione da laboratorio per sviluppo, test,
 validazione e caratterizzazione di nuove tecnologie per la progettazione/prototipizzazione della nuova generazione di Superattenuatori (SA) dell'iterferometro ET
- Studi di ottimizzazione delle performance passive dei filtri meccanici basati su nuove anti-mole magnetiche
- Studio e sviluppo di nuovi materiali tecnologicamente avanzati per la progettazione di elementi elastici
- Studi di compatibilità di elementi meccanici usati in ambiente di Ultra Alto Vuoto e/o a temperature
 Criogeniche

Sviluppo di sensori/attuatori a basso rumore:

- Test di nuovi devices, caratterizzazione per compatibilità e.m. e misure di alta precisione Sviluppo di nuove schede di elettronica per il controllo in retroazione dei SA
- Studio e implementazione di nuove strategie di controllo in retroazione
- Sviluppo e prototipizzazione di piattaforme per la compensazione dei micromovimenti di rotazione







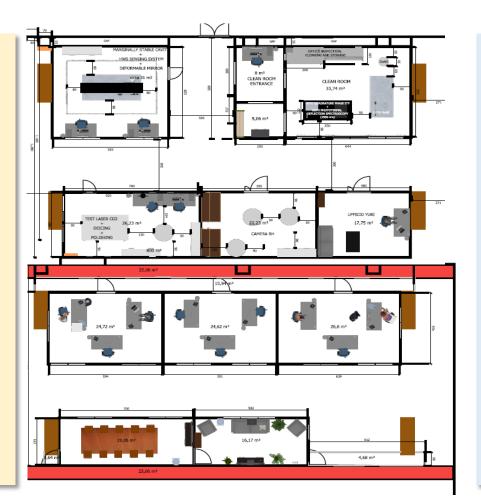




AiLOV_ET - Roma Tor Vergata (PI Prof. Viviana Fafone)

Edilizia:

- □ Riadattamento e ristrutturazione di edificio pre-esistente (impianti elettrici per tutti gli spazi di lavoro, impianto di climatizzazione per uffici, risanamento aree comuni, soppalchi per uffici) ca 700 k€
- Realizzazione impianti (gas tecnici, UTA, climatizzazione, chiller, ecc.)
- Installazione camera pulita ISO 7 (ca 45 m2) e camera grigia entrambe con climatizzazione e UTA cappa a flusso laminare (ca 30 mq)
- Laboratorio Laser HP ca 340 k€



Tecnologia:

- Wavefront Sensing and control Lab: cavità ottica marginalmente stabile per lo studio di effetti termici (banco ottico con 3 laser IR, 2 SLED, sensori di fronte d'onda, sistemi di ottica adattiva).
- Laboratorio Laser HP: caratterizzazione di nuovi laser IR di alta potenza, sistema di sbrinamento test mass criogenica (criostato + tubo pulsato, banco con HP IR laser, sistemi di diagnostica) ca 600k€
- Coating Lab: caratterizzazione
 meccanica e ottica di film sottili
 (criostato + tubo pulsato, banchi ottici
 per 3 sistemi di misura con 3 laser IR e 1
 laser visibile, banco di pulizia ottiche,
 forno per trattamenti termici) ca 350k€











Jan Harms, jan.harms@gssi.it

GEMINI

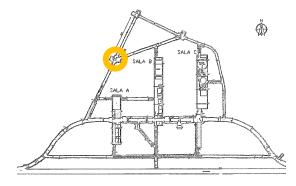
Controllo e attenuazione dei rumori sismici nell'ambiente sotterraneo dei LNGS

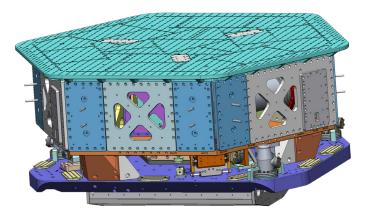
Caratteristiche

- Sistema di vuoto che ospiterà due piattaforme sospese
- Sistema di referimento inerziale che implementa sensori all'avanguardia
- Sistema criogenico per l'utilizzo dei payload a temperature basse
- Interferometro laser per il controllo interpiattaforma
- Sistema di monitoraggio ambientale per studiare l'effetto dei rumori sotterranei sul sistema di attenuazione













DIFAET – Università di Bologna

Lab Instrumentation - R&D on ET Mirror Coating:

- •Upgrade to the Magnetron sputtering system to allow the deposition of oxide thin films and multilayers (e.g. SiO2 and TiO2:Ta2O5) in a wide range of temperatures (25 <T <450 °C) with reactive or inert sputtering processes
- •Upgrade to the internal friction apparatus to carry out at a macro scale mechanical loss measurements via damping /internal friction analyses and to correlate these results with micro-scale test carried out by the Atomic Force Microscopy (AEMA)
- •The X-Ray Diffractom

Computing, simulations a

- Phase A: intermediate capacity, plus storage
- Phase B: high-profile



ALMA MATER STUDIORUM Università di Bologna with PNRR Infrastruttura di Ricerca iENTRANCE

with intermediate/high RAM

ers with high RAM capacity











Conclusioni

- ETIC è l'investimento nazionale per la candidatura dell'Italia ad ospitare Einstein Telescope
 - Altri investimenti sinergici nel PNRR coinvolgono l'INGV (sensori sismici) e il GARR (reti dati ad alta velocità)
- Einstein Telescope sarà probabilmente la più grande infrastruttura di ricerca realizzata in Europa nei prossimi decenni
 - Una occasione da non perdere per il sistema scientifico, tecnologico e industriale italiano



