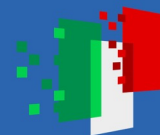




Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

# WP3 Vacuum & Cryogenic

**Aniello Grado**

Operating Unit Board meeting

Roma, 20 giugno 2023



# Einstein Telescope

<http://www.einstein-telescope.it>



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

## Introduzione

Il WP3 si occupa di due aspetti critici del progetto ET: il vuoto e la criogenia

Criticita' diverse:

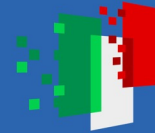
- il vuoto nei bracci degli interferometri sara' il sistema operante in UHV piu' grande mai realizzato. Non c'e' un problema tecnologico. Lo studio e' incentrato sull'ottimizzazione delle procedure e materiali per ridurre i costi. Contratto con il CERN per arrivare entro 3 anni a una TDR.
- La criogenia e' un aspetto cruciale di ET perche' al momento non e' stata dimostrata la disponibilita' di una tecnologia per portare gli specchi di ET-LF alla temperatura di esercizio senza introdurre rumore meccanico



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



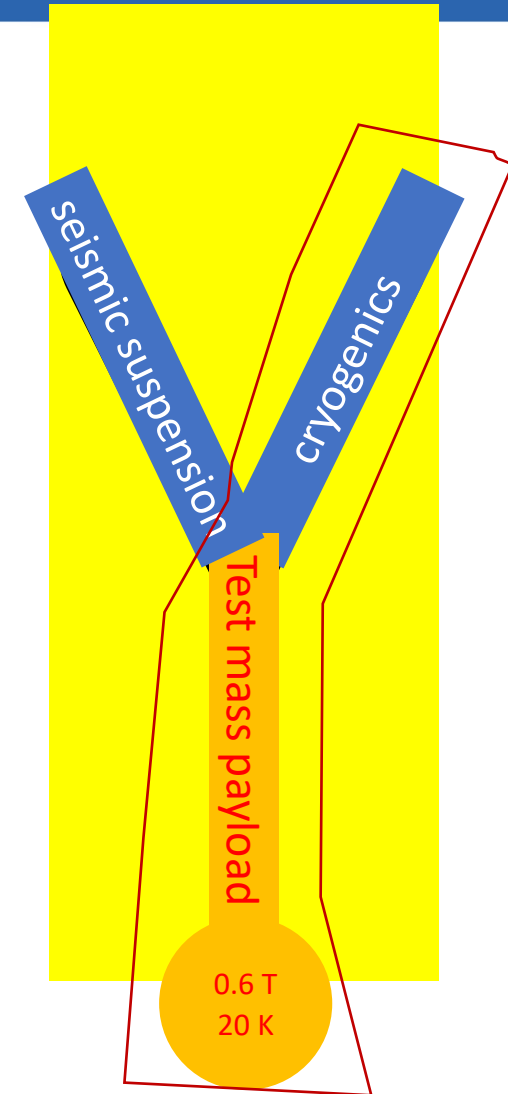
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

## Cryogenia – ARC-ETCRYO

### Goals

- testare le soluzioni previste per un prototipo di payload criogenico (che ospita uno specchio di dimensioni realistiche) e preservare il rumore termico nominale di ET.
- studio di una soluzione per raffreddare il payload con una conduzione termica attraverso solidi e conforme alla sensibilità a bassa frequenza richiesta per ET-LF.

**LA SFIDA E' PRESERVARE L'ISOLAMENTO SISMICO AL LIVELLO DEL PUNTO DI SOSPENSIONE DEL PAYLOAD**





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

## Vuoto - CALATIA

Il seme di un progetto piu' ampio che prevedeva la realizzazione di un ampio laboratorio dove testare procedure e tecnologie riguardanti moduli in scala 1:1 del sistema da vuoto di ET.

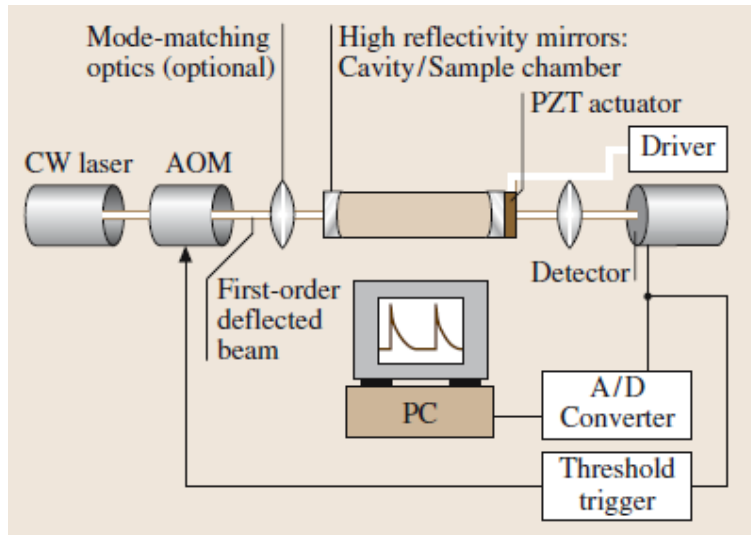
Il progetto attualmente e' incentrato su R&D per lo studio della contaminazione da idrocarburi con il coinvolgimento in ET di nuovi gruppi:

- Nuovo metodo per la misura della pressione parziale di idrocarburi mediante tecniche spettroscopiche (Universita' Vanvitelli, Prof. L. Gianfrani)
- Procedura per stimare la contaminazione di superfici mediante FTIR anche su superfici fredde (INAF-Osservatorio di Capodimonte, Dr. V. Mennella)
- Nuovo metodo per stimare in-situ la contaminazione di superfici mediante misure di funzione di lavoro (INFN-NA/INAF-OAC, A. Grado)

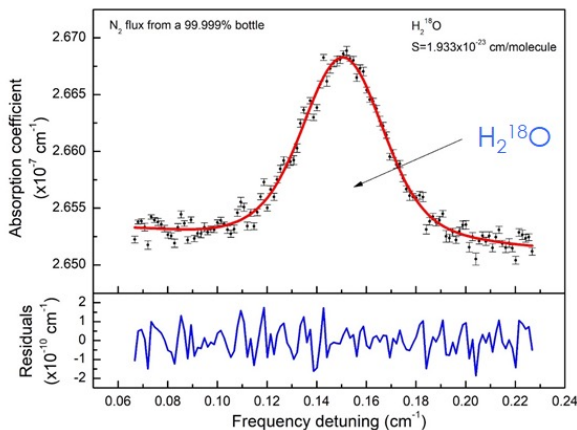


# CALATIA – Vanvitelli: misura di pressioni parziali di idrocarburi

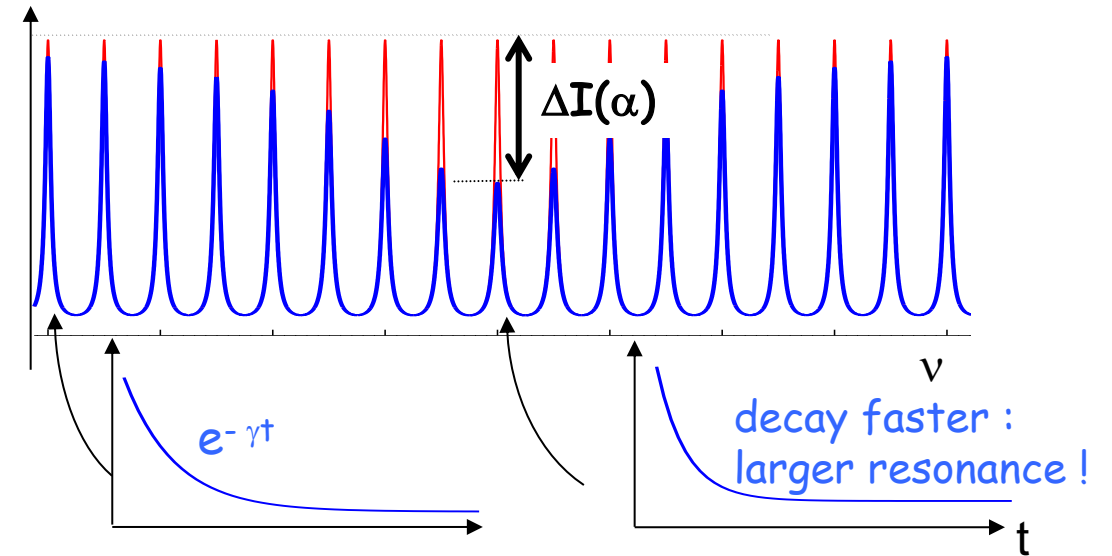
Selective and sensitive measurements of trace amounts of hydrocarbons in UHV environments by means of comb-assisted Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS)



Simplified scheme

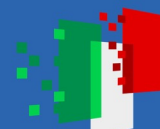


CRDS detection of  $H_2^{18}O$  in nitrogen at the ppb level



Cavity transmission **WITH** and **WITHOUT** the absorbing gas sample

$$\alpha(\nu) = \frac{\tau_0 - \tau}{c\tau_0\tau} \longrightarrow N \text{ (molecules/cm}^3\text{)}$$



## CALATIA- Vanvitelli: stato di avanzamento

| Pos. | DESCRIZIONE apparecchiatura                              | Prot. | Data          | Importo presunto (Euro) | Tipologia di acquisto  | Stato attuale   |
|------|--|-------|---------------|-------------------------|--|---|
| 1    | Sistema di rivelazione nel medio IR                      | ID186 | 16-mar-23     | 15000                   | GARA aperta su MEPA  | Gara su MEPA pubblicata: RDO n. 3593530 del 31/05/2023      |
| 2    | Modulatore acusto-ottico                                 | ID187 | 16-mar-23     | 7000                    | GARA aperta su MEPA  | Gara su MEPA pubblicata: RDO n. 3612722 del 14/06/2023      |
| 3    | SORGENTE LASER nel medio-IR con elettronica di controllo | ID188 | 16-mar-23     | 25000                   | GARA aperta su MEPA  | Gara su MEPA pubblicata: RDO n. 3607179 del 09/06/2023      |
| 4    | Misuratore interferometrico di lunghezza d'onda          | ID189 | 16-mar-23     | 24000                   | Avviso esplorativo su MEPA   | Gara su MEPA pubblicata: RDO n. 3613025 del 14/06/2023      |
| 5    | POMPA NEG con accessori                                  | ID202 | 4-mag-23      | 5638                    | Acquisto con UNICO fornitore (SAES) dopo avviso esplorativo su MEPA. | Avviso su MEPA scaduto il 26/05/23. Ordine effettuato.      |
| 6    | Cristallo non-lineare                                    | ID207 | 4-mag-23      | 4557,4                  | Acquisto diretto con tre offerte                                     | Ordine effettuato in data 06/06/2023; materiale in consegna |
| 7    | Sistema per alto vuoto                                   | ID218 | 24-mag-23     | 10500                   | GARA aperta su MEPA  | Gara su MEPA pubblicata: RDO n. 3613133 del 14/06/2023      |
| 8    | Vacuometro per XHV                                       | ID217 | 24-mag-23     | 3000                    | GARA aperta su MEPA  | Protocollata in attesa di determina                         |
| 9    | Coppia di valvole per UHV                                | ID219 | 24-mag-23     | 10000                   | GARA aperta su MEPA  | Protocollata in attesa di determina                         |
| 10   | CAMERA UHV   | ID324 | 22-mag-23     | 10000                   | GARA aperta su MEPA  | Ricevuta in attesa di protocollo                            |
| 11   | Sdoganamento Cristallo non-lineare                       |       | 15-giu-23     | 1018,13                 | Acquisto diretto senza gara  | Ordine effettuato alla FEDEX                                |
|      |  |       | <b>TOTALE</b> | <b>115713,53</b>        | <b>Percentuale budget usato</b>                                      | <b>79,03929645</b>  |

**RTDA: preso servizio 1 Aprile**

**Gare: impegnato il 79 % del budget**

***Non ci sono criticita'***

*Allestimento in corso di un laboratorio dedicato*



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

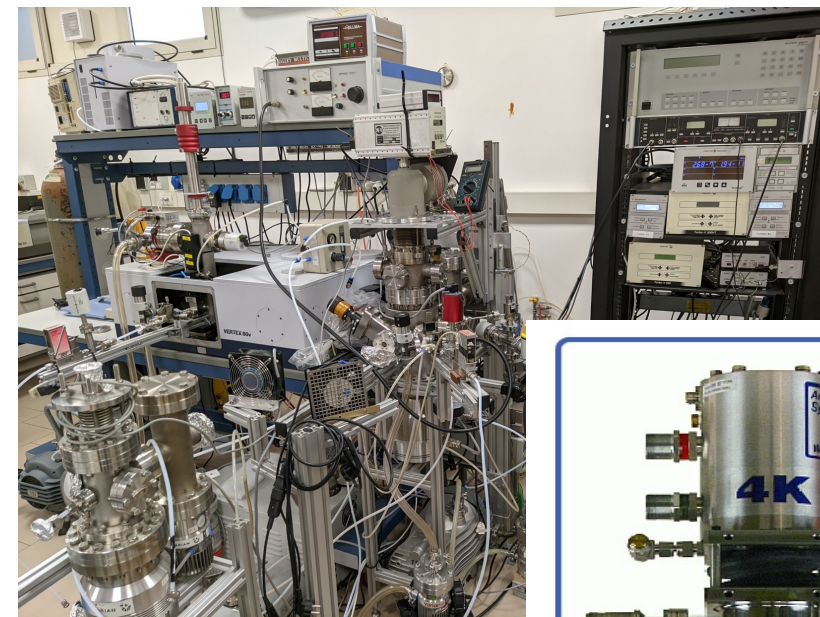
## CALATIA: INAF - contaminazione di superfici

- Criostato per lo studio di formazione di ghiacci di sostanze volatili su superfici (specchi). Stima dello sticking factor per valutare la formazione di ghiacci in ET-LF
- Di rilevanza nello studio della polvere cosmica è l'attribuzione della cosiddetta banda a  $3,4 \mu\text{m}$  dovuta ai legami alifatici C-H, osservata nell'ISM, nelle comete e nei meteoriti. Una banda simile è anche caratteristica della contaminazione di idrocarburi nei sistemi ad ultra-alto vuoto (UHV).

Specifiche tecniche e costi definiti per il criostato.  
Procedura per affidamento diretto.

Criticita': aumento dei costi ( $\sim 20\%$ ) coperto su fondi INAF  
personpower, 50% Tecnologo INFN ?

### Set-up in cui sarà integrato il criostato





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

## CALATIA: INFN – valutazione della contaminazione di superfici

L'RMS della funzione di lavoro delle superfici dipende dalla contaminazione della stessa (Patch effect).

Si vuole realizzare un sistema di pulizia (mediante cannone ionico) e misura della funzione di lavoro (mediante Kelvin Probe) di superfici per verificare fino a quale livello la misura dell'effetto patch fornisce indicazioni sullo stato di contaminazione.

### Criticita':

Tecnologo - si stanno scorrendo le graduatorie INFN

Acquisto all'estero – la Kelvin Probe verrà acquistata tramite società italiana (aumento del 15%)

Aumento consistente (25%) cannone elettronico!



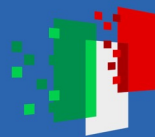




Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



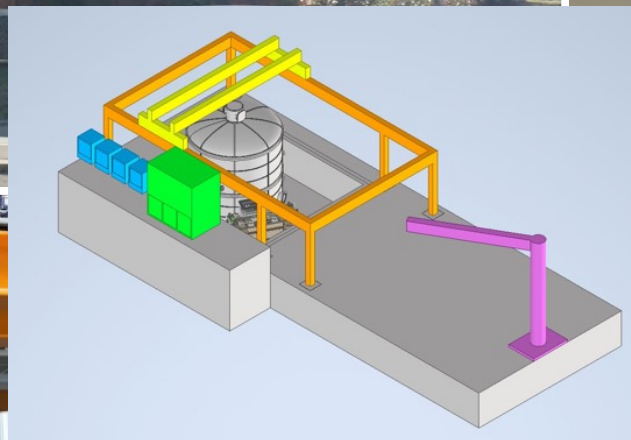
Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Laboratori Nazionali di Frascati





## ARC-ETCRYO BUDGET

| Budget totale<br>(7% incluso) | OU                           | Apparati<br>(lordo 7%) | Personale<br>(lordo 7%) |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>4.666.419 €</b>            | INFN Roma1                   | 4.162.750 €            | 254.895 €               |
|                               | Sapienza Univ. Dip di Fisica |                        | 248.775 €               |

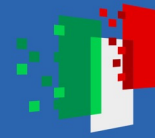
| OU                           | FONDI IMPEGATI<br>(netto 7%)                                     | RESIDUO<br>DA IMPEGNARE SECONDO IL PROGETTO<br>(netto 7%) | ASSEGNAZIONE DA<br>SPESE GENERALI |
|------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| INFN Roma1                   | 3.760.285 €  | 130.135 €   | 50.000 €                          |
| Sapienza Univ. Dip di Fisica | 207.239 €<br>(include arrotondamenti<br>necessari sui contratti) | 25.261 €  |                                   |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca

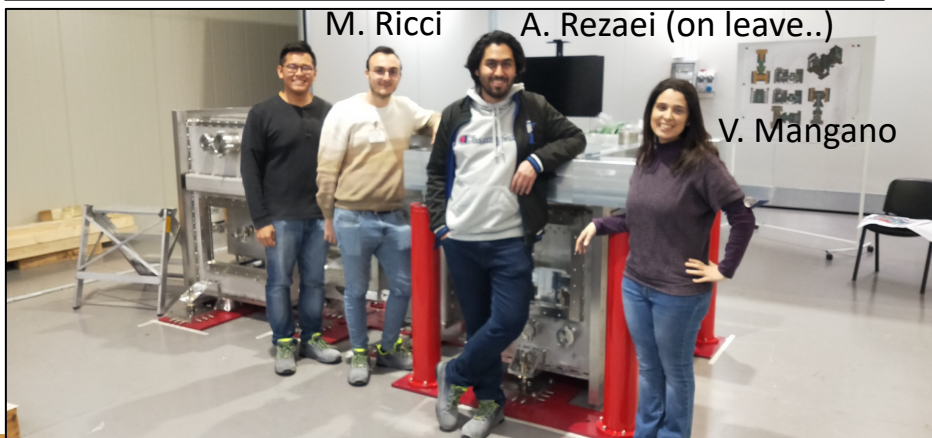


Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

# ARC-ETCRYO ETIC group



M. Ricci

A. Rezaei (on leave..)

V. Mangano



P. Puppo



A. Cruciani



L. Naticchioni



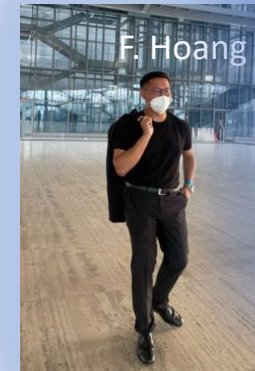
E. Majorana



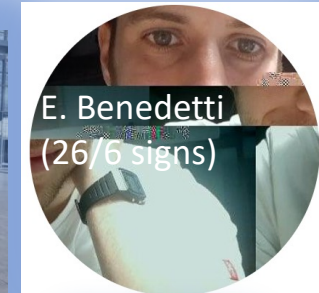
S. Pirro



P. Rapagnani



F. Hoang



E. Benedetti  
(26/6 signs)

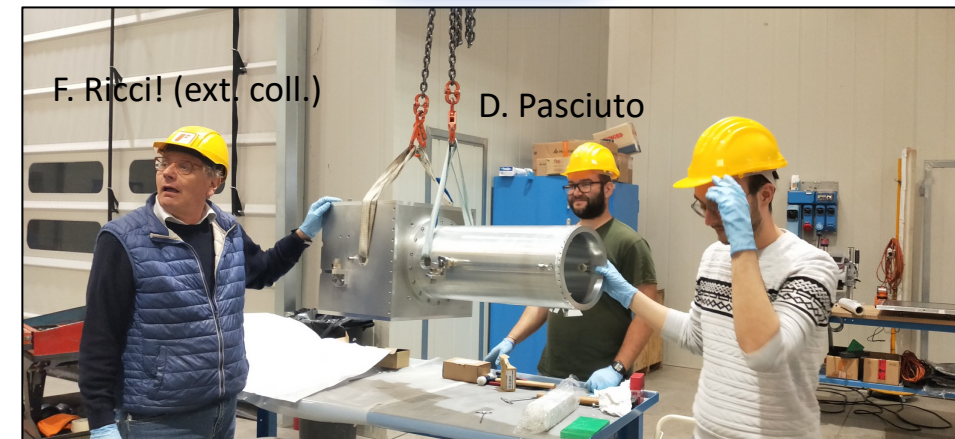


V. Martella

(1/7 signs)



(in July ?)



F. Ricci! (ext. coll.)

D. Pasciuto



## ARC-ETCRYO infrastructure purpose

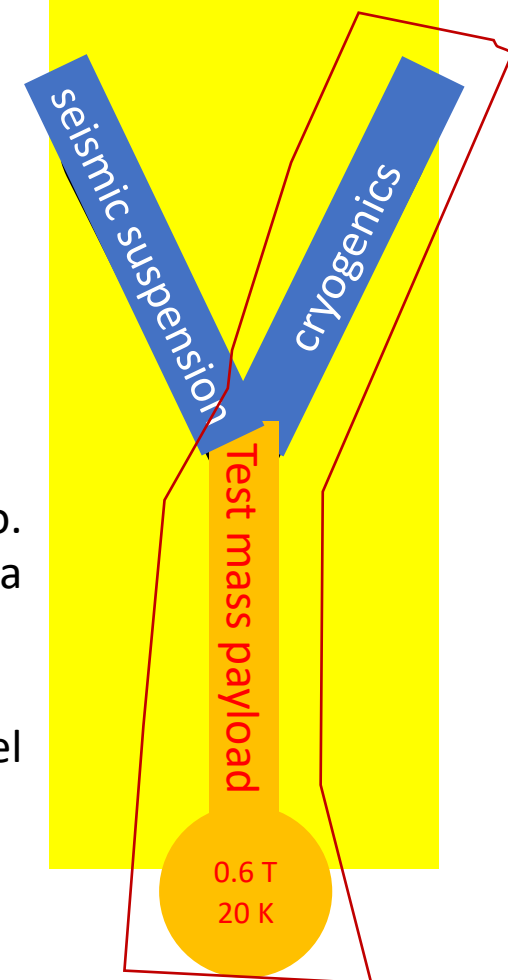
### Cosa si vuole studiare?

- Soluzioni criogeniche realistiche per il payload
- Uso di raffreddamento per conduzione solida

### Cosa non è incluso nell'apparato che si intende sviluppare ?

**Il Sistema di isolamento sismico è essenziale per ET**, e il disegno del payload ne terrà conto. Tuttavia la performance termica e meccanica della sospensione nel payload non è affetti dalla presenza dell'attenuatore.

➔ Preservare l'isolamento sismico garantito dall'attenuatore, al livello del punto di sospensione del payload è la condizione essenziale da considerare in questo sviluppo





## ARC-ETCRYO infrastructure purpose

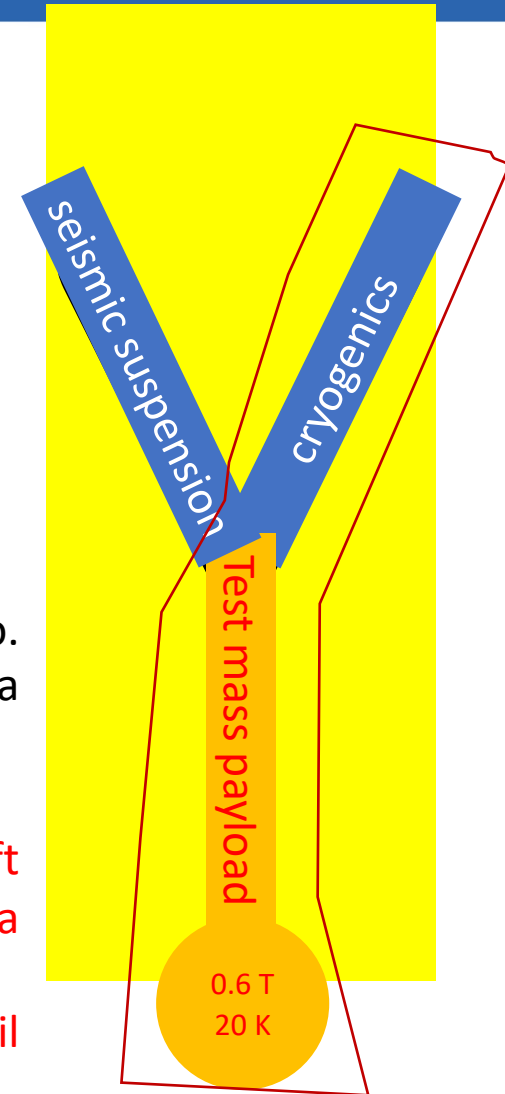
### Cosa si vuole studiare?

- Soluzioni criogeniche realistiche per il payload
- Uso di raffreddamento per conduzione solida

### Cosa non è incluso nell'apparato che si intende sviluppare ?

**Il Sistema di isolamento sismico è essenziale per ET**, e il disegno del payload ne terrà conto. Tuttavia la performance termica e meccanica della sospensione nel payload non è affetti dalla presenza dell'attenuatore.

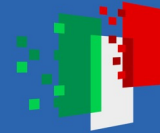
- ➔ Uno studio efficace non può puntare direttamente a quanto idealizzato 15 anni fa nel primo draft di ET. Occorre prima validare il metodo per estrarre efficacemente il calore attraverso la meccanica di sospensione degli specchi nel payload
- ➔ L'unico metodo realistico per procedere è quello di prevedere almeno due livelli di sviluppo per il payload di ET: iniziale e avanzato.





## ARC-CRYOGENICS partner projects

- **PRIN LoVeC-ET** (Low frequency Versus Cryogenics for ET), Majorana
  - PRIN payload prototype (including Silicon): partners: Sapienza, PG, URB TOV, INFN
- **KAGRA** (a continuous collaborative exchange since some decades), we
  - discuss any cryogenic payload issue and solutions,
  - exchange receive relevant hints concerning cryogenics, technical noise and sensing devices
- **KIT** Karlsruhe Institute of Technology, Grohman
  - Long-term plans for payloads and cryostats
- **ETIC-CAOS** INFN, H. Vocca
  - Room Temperature developments for seismic attenuator interferometric facility
- **INFN Investment CSN5** at Napoli branch (L. Di Fiore)
- **EGO Vacuum & Cryogenics**, A. Pasqualetti
  - Waiting for the ARC cryostat operation, we plan to use the facility at EGO
- **INFN Cuore and Cupid**, Pirro and Cruciani
  - Directly involved in ETIC, they are spending significant and precious FTE with us
- **Pathfinder LASBOT** (Large All Sapphire Based Optical Technology), G-P Cagnoli
  - A project proposal dedicated to exploit the excellent properties of sapphire for the payload



WP3\_INFN-RM1\_T006

WP3\_INFN-RM1\_T007

WP3\_INFN-RM1\_T008

→ UNIFICATO IN UNA SINGOLA GARA, RUP P. PUPPO, SELEZIONE OFFERTE IN CORSO

## C75 (75% sized) cryostat at ARC: block schematic

OTS (sections of outer thermal shield)

ITS (sections of inner thermal shield)

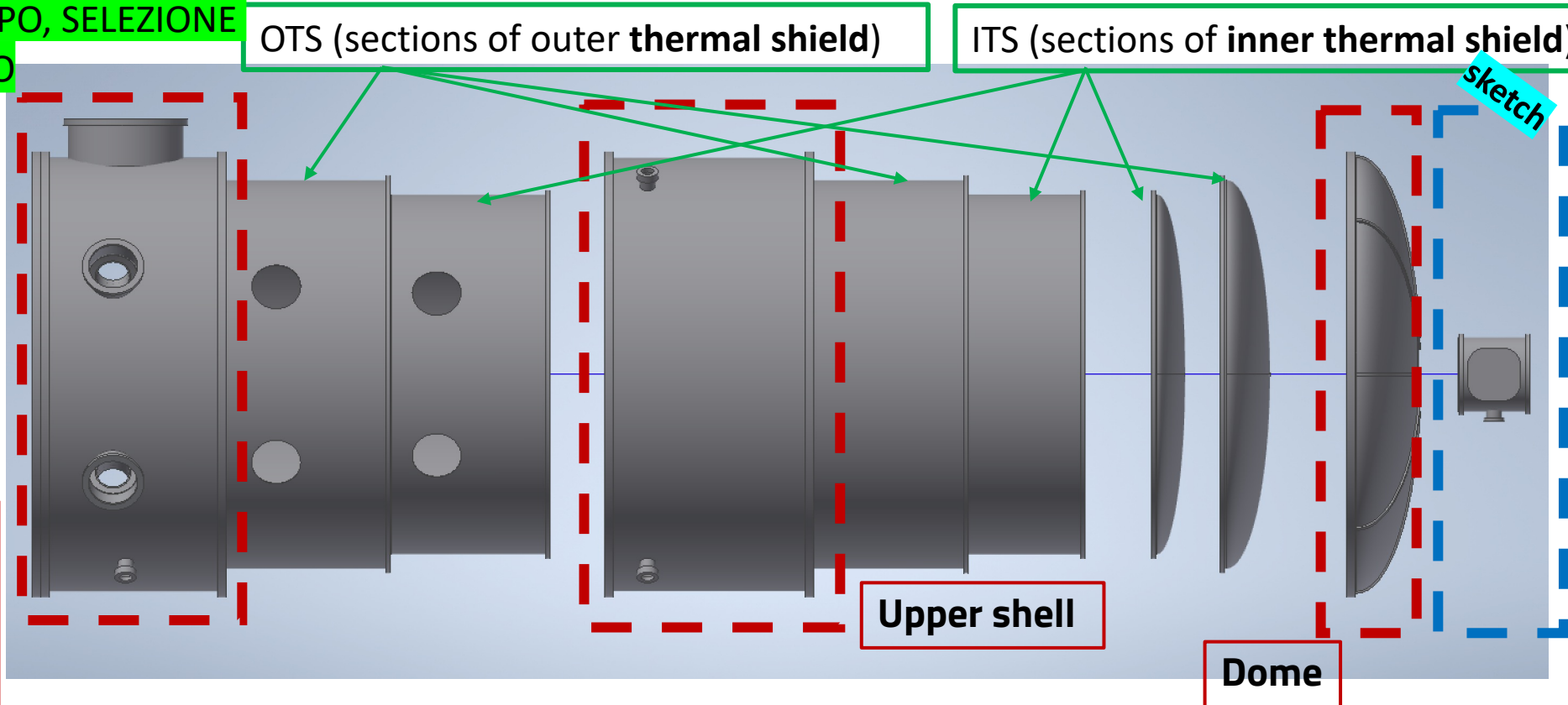
sketch

Base flange and technical shell

Upper shell

Dome

Top technical chamber





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## WP3\_INFNUM1\_T009

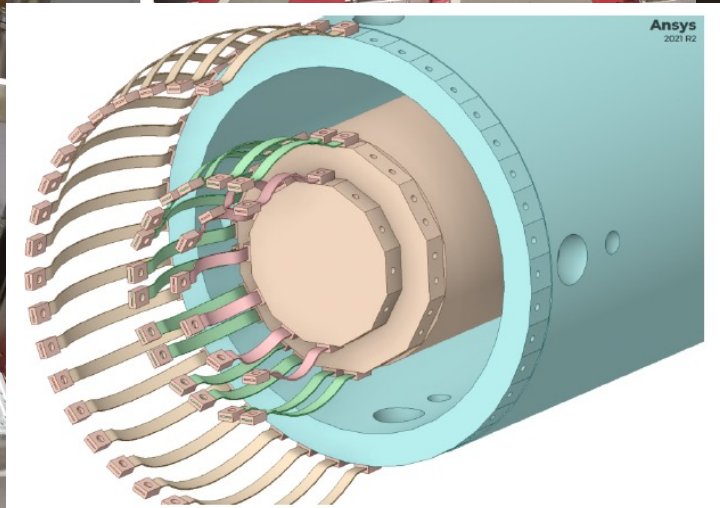
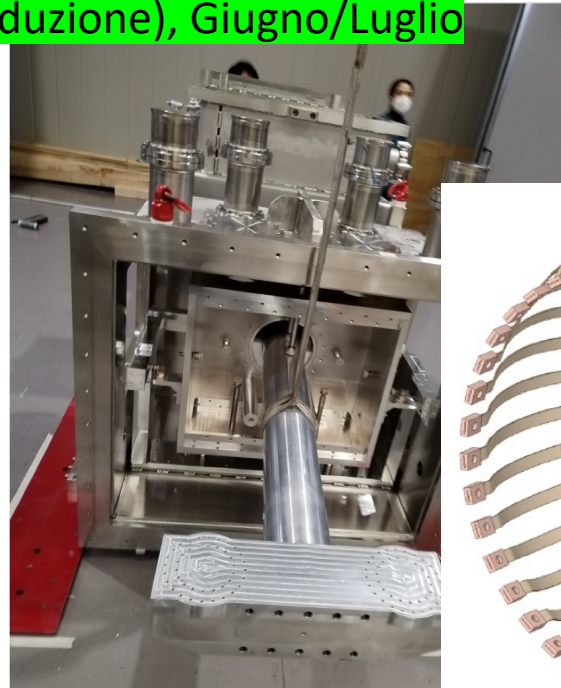
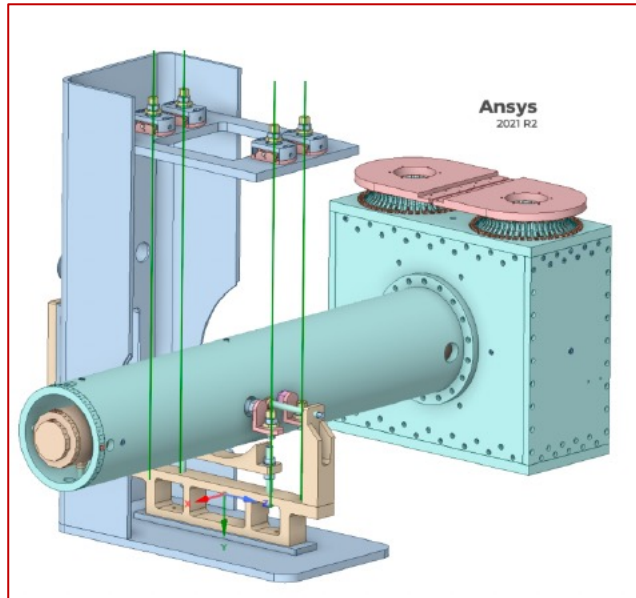
2 GARE SS :

- **SECONDA LINEA, RUP A. CRUCIANI, ANALISI OFFERTE IN CORSO**
- **CRYOCOOLERS, RUP P. ASTONE, SCOPERTA PER RITARDO MAN. INTER.**  
(→ aff. Diretto SS)

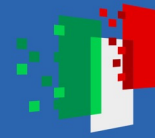
1 ACQUISTO SS: **RDA in corso (bandelle conduzione), Giugno/Luglio**

## Cooling lines

(The first one is built by ARC funds)





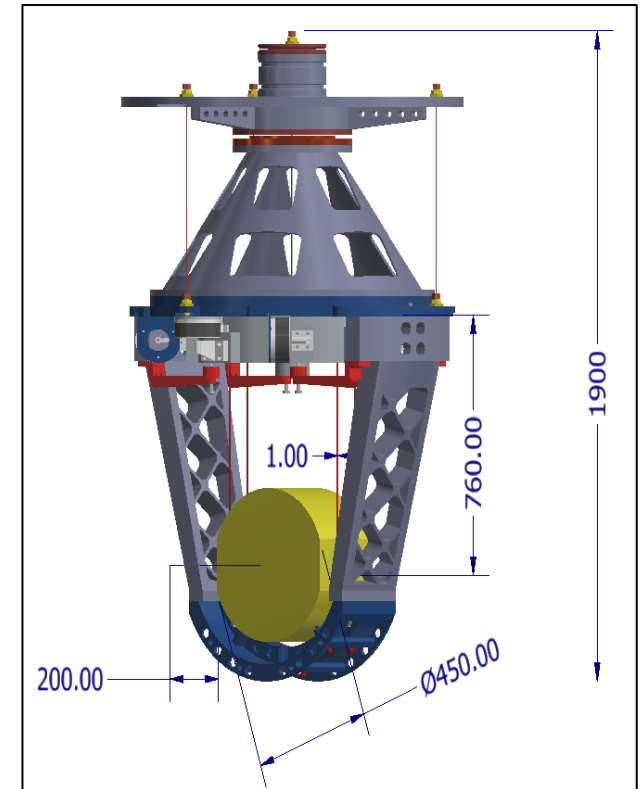
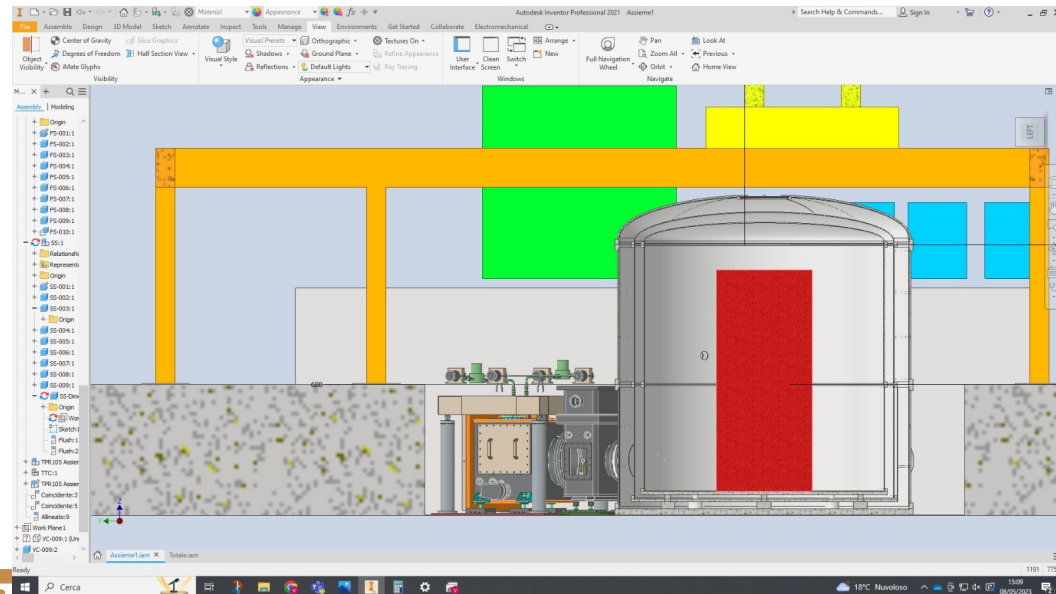


## WP3\_INFN-RM1\_T018

### 2 GARE sS:

### Prototype payload size test mass ~150 kg dummy

- Parti in metallo (finaliziamo il capitolato entro Giugno → RDA)
  - Parti in cristallo (difficile avere offerte prima dell'estate, negoziazione con ditte non italiane)
- Se non si riuscisse entro fine settembre, si investe maggiormente nella struttura in metallo demandando su altri fondi l'acquisto dei cristalli)





## Altre RDA sS e relativi task

| TASK             | TITLE                        | RUP                   | NOTA   |
|------------------|------------------------------|-----------------------|--|
| WP3_INFNRM1_T012 | C75 Embedded instrumentation | PIRRO                 | THERMOMETERS: finalizzare Ordine entro Giugno/Luglio fattibile               |
|                  |                              | ASTONE                | FFT Analyser: oggetto in commercio in Italia Luglio-settembre                |
| WP3_INFNRM1_T016 | HVAC                         | NATICCHIONI /PASCIUTO | Impossibile finalizzare il capitolato prima di Luglio per ragioni logistiche |
| WP3_INFNRM1_T017 | Clean Hood                   | MANGANO               | Impossibile finalizzare il capitolato prima di luglio per ragioni logistiche |
| WP3_INFNRM1_T018 | C75 Clean-Water-VAC          | NATICCHIONI/PASCIUTO  | CHILLER: finalizzare Ordine entro Giugno fattibile                           |
|                  |                              | PIRRO                 | PUMPS: finalizzare Ordine entro Giugno fattibile                             |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## A facility dedicated to Cryogenics development for ET at the Amaldi Research Center

- ARC, is entitled to prof. E. Amaldi due to his visionary ability to envisage the progress of experimental fundamental physics, ranging from nuclear, to particle, cosmic ray, space, to neutrino and, finally, GW research.
- In 2018, after the directional detection through LV network, the interdisciplinary excellence effort, pivoting on GW research, was funded at the Dep. of Physics of Sapienza Univ.
- ARC excellence center at the Dep. of Physics of Sapienza Univ. concluded its 5-year funding term in 2022, ~750 k€ for apparatus, building provided by Sapienza (finally delivered in April 23)
- ARC promotes FIVE interdisciplinary studies:

**GW Data Analysis**

**MultiMessenger astrophysics**

**Quantum photonics**

**Surface Physics**

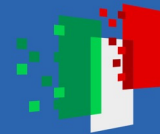
**Cryogenics for ET**



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

