

# Solar-C\_EUVST: Status of the Italian Contribution



## Solar-C\_EUVST (EUV High-throughput Spectroscopic Telescope)

V. Andretta  
INAF, Osservatorio Astronomico di Capodimonte

PTA INAF 2022  
Audizioni RSN3  
9 maggio 2022



# Aspetti scientifici e tecnologici

# La scienza di Solar-C\_EUVST

La missione **Solar-C\_EUVST** (<https://solar-c.nao.ac.jp/en>) è una missione della JAXA, con contributi NASA e di varie agenzie spaziali europee, per lanciare nel 2027 uno spettrografo con capacità di produrre simultaneamente immagini e spettri del Sole denominato **Extreme UltraViolet High-Throughput Spectroscopic Telescope (EUVST)**.

In aggiunta allo spettrografo EUVST, la missione include anche un monitor di irradianza EUV (**EUV Solar Spectral Irradiance Monitor - SoSpIM**), per collegare le misure risolte spazialmente di EUVST con i fenomeni di Space Weather alla Terra.

La missione è stata selezionata da ISAS/JAXA nel giugno 2020 come la 4<sup>a</sup> missione dopo la call del 2017 per *Medium-sized Focused Missions*; il contributo USA è stato approvato dalla NASA nel settembre 2019.

Si tratta di uno delle missioni di prossima generazione per lo studio dallo spazio del Sole, sulla scia delle missioni JAXA **Yohkoh (Solar-A)** e **Hinode (Solar-B)**.

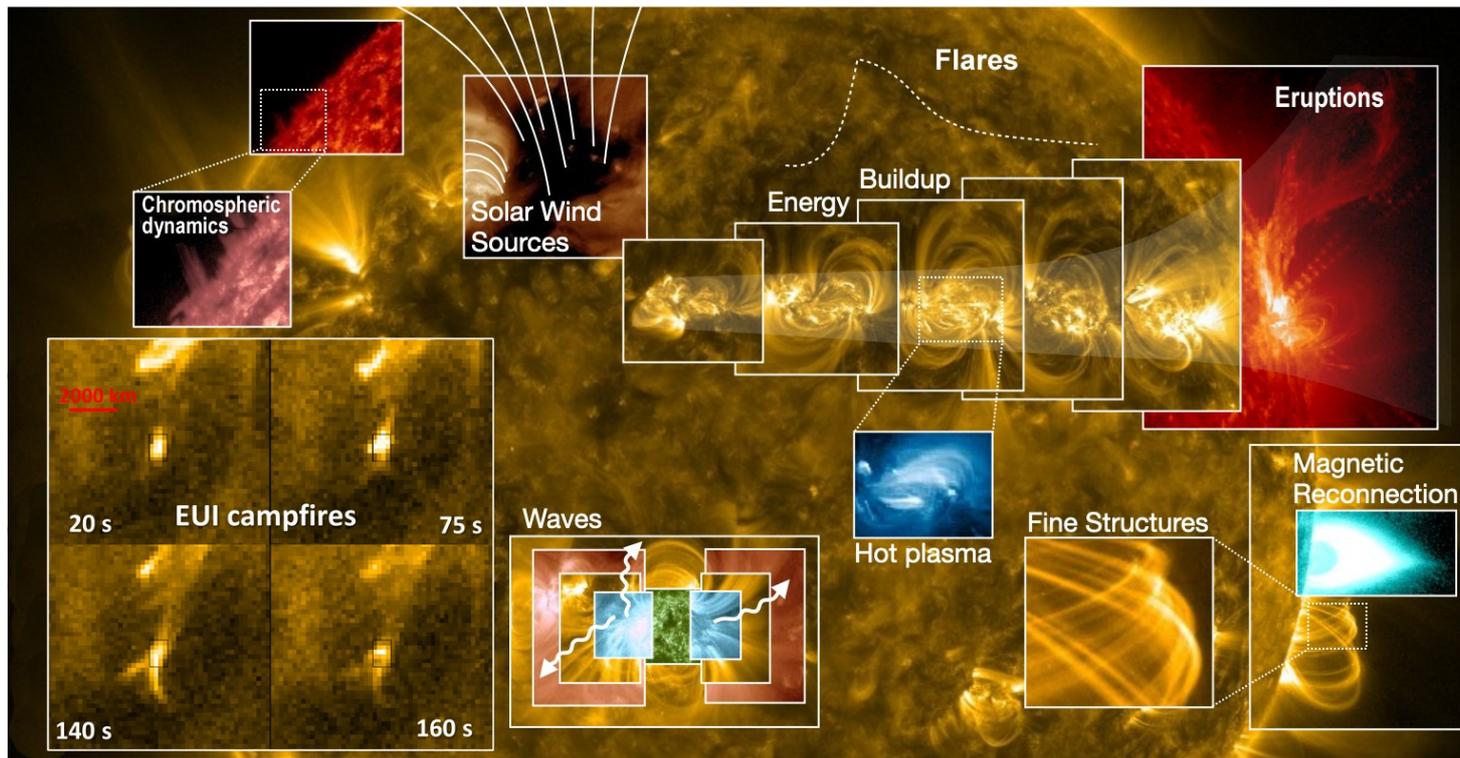
Gli obiettivi scientifici primari sono:

- comprendere come processi fondamentali di plasma a piccola scala portano alla formazione dell'atmosfera esterna del Sole e del vento solare;
- comprendere come l'atmosfera solare diviene instabile, rilasciando l'energia che produce eruzioni e brillamenti solari;
- Determinare la variabilità dovuta a brillamenti dell'irradianza solare, con i suoi effetti sulla termosfera e mesosfera terrestre.

# La scienza di Solar-C\_EUVST

Questi obiettivi scientifici primari portano alla definizione dei seguenti obiettivi scientifici critici di EUVST:

- quantificare il contributo al riscaldamento coronale di nano-flare, spicole e onde;
- investigare le regioni sorgenti e i meccanismi di accelerazione del vento solare;
- investigare i processi di riconnessione magnetica veloce nell'atmosfera solare;
- identificare i segnali di accumulo di energia globale e di innesco di brillamenti ed eruzioni solari.

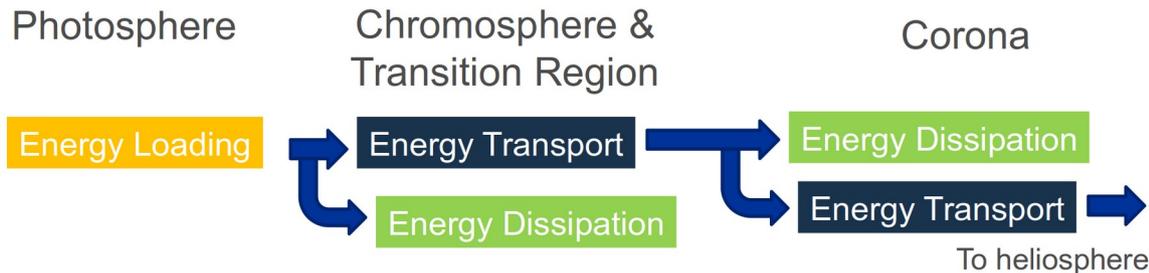
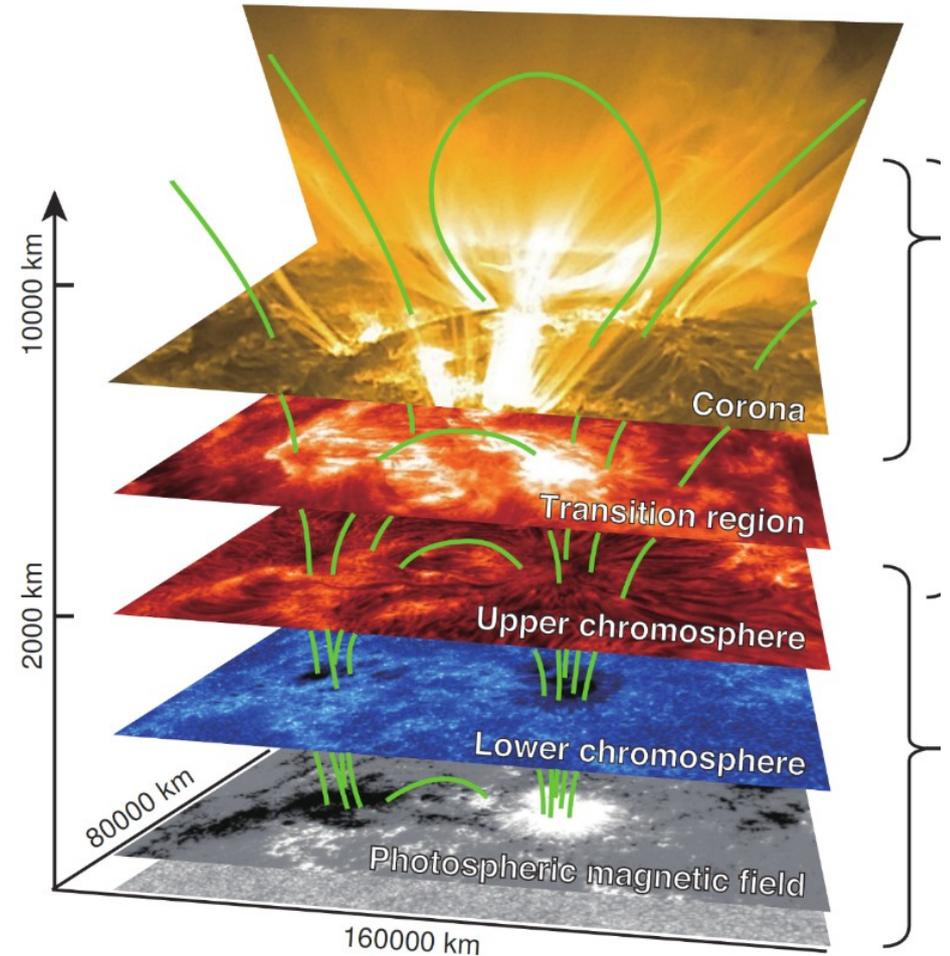


# La scienza di Solar-C\_EUVST

Per raggiungere questi obiettivi scientifici, lo spettrografo EUVST è stato progettato per:

- osservare senza interruzioni e simultaneamente tutti i regimi di temperatura dell'atmosfera solare, dalla cromosfera alla corona (0.01 – 10 MK), con la stessa risoluzione spaziale;
- risolvere le strutture fondamentali dell'atmosfera solare esterna e tracciare la loro evoluzione (risoluzione spaziale: 0.4" = 300 km, cadenze temporali: < 1 s);
- ottenere informazioni sulla dinamica dei processi elementari che hanno luogo nell'atmosfera solare esterna attraverso osservazioni spettroscopiche (velocità, densità, temperatura, composizione, stato di ionizzazione, ecc.).

In tal modo, EUVST potrà studiare il flusso di massa ed energia attraverso l'atmosfera solare a scale mai raggiunte prima.

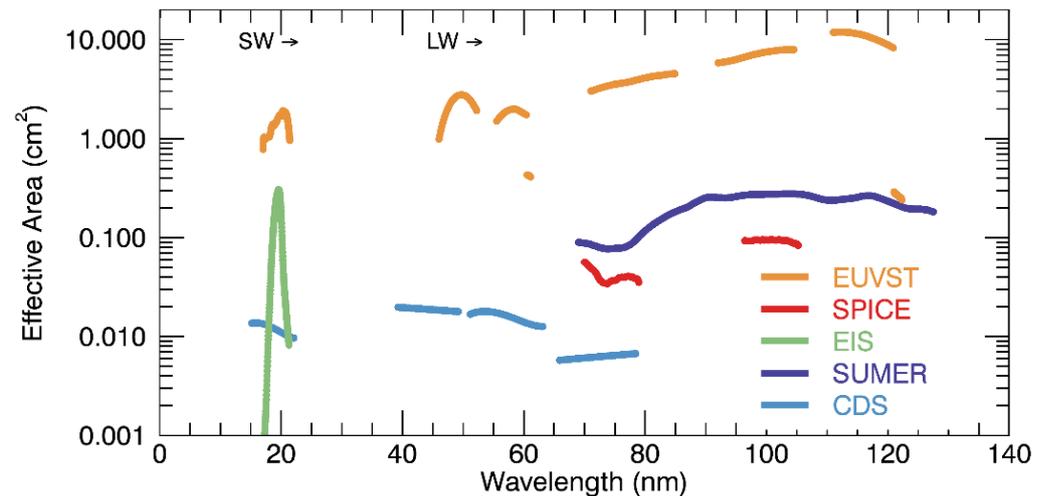


# Lo spettrografo EUVST

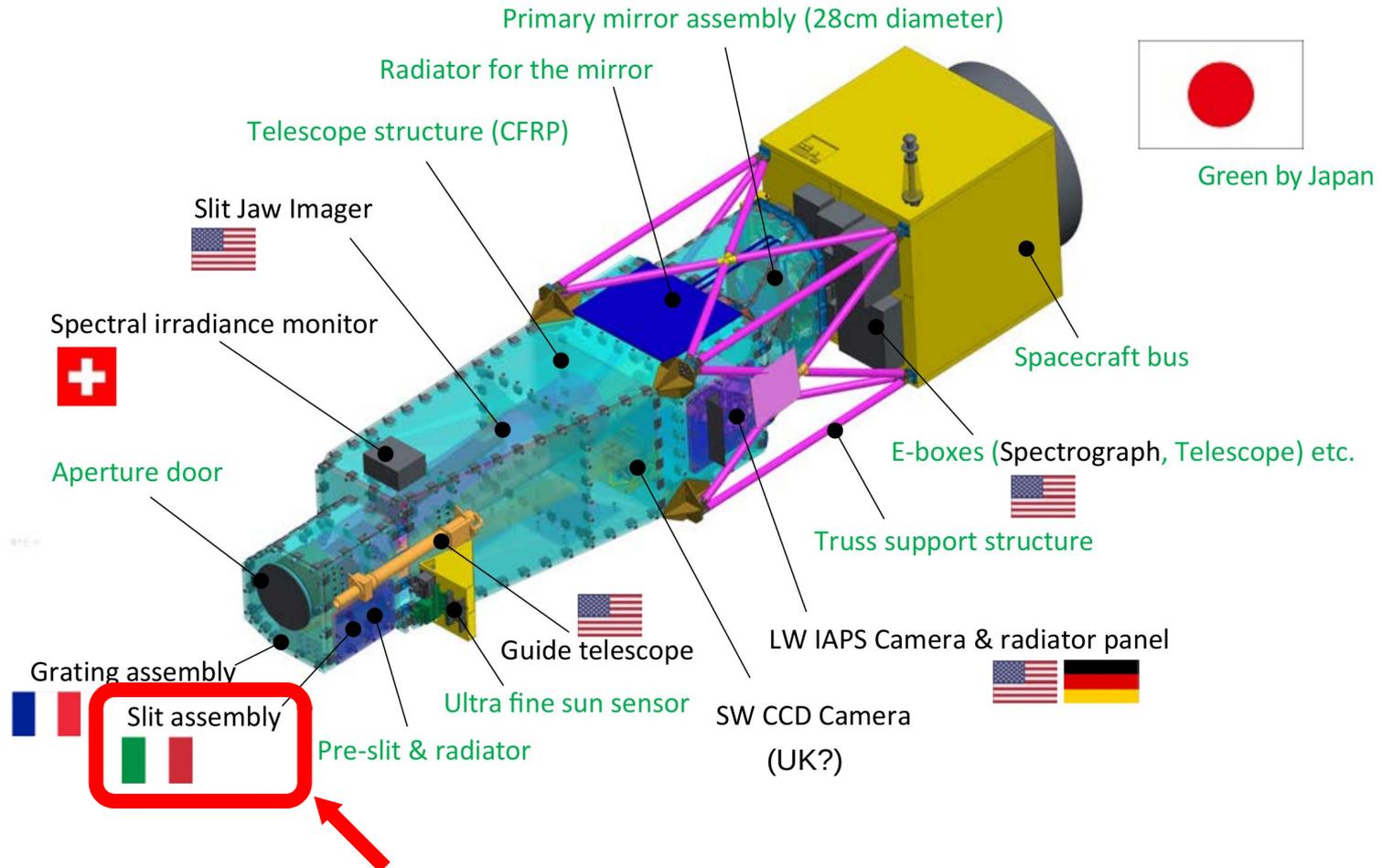
| Investigations' driving requirements                            | Instrument design parameters                    | design requirements  |
|---|---|--|
| Temperature coverage:<br>0.02-15 MK, seamless                   | Wavelength                                      | 17.0-21.5 nm (SW)<br>69.0-85.0 nm (LW1)<br>92.5-108.5 (46.3-54.2) nm (LW2)<br>111.5-127.5 (55.7-63.7) nm (LW3) |
| Target spatial scale: 0.4 arcsec                                | Spatial resolution                              | 0.4 arcsec   |
| Temporal resolution: 2 sec/0.4"<br>0.5 sec/0.8"                 | Effective area<br>Cadence of area coverage      | Higher than 0.6-5.6 cm <sup>2</sup><br>0.5 sec (shortest)  |
| Target size (max):<br>280 arcsec × 280 arcsec                   | Field of view                                   | 280 arcsec × 280 arcsec  |
| Velocity resolution:<br>$V_d \sim 2$ km/s, $V_{nt} \sim 4$ km/s | Spectral resolution ( $\lambda/\delta\lambda$ ) | SW: 5000, LW: 13500  |
| Context images:<br>chromosphere/photosphere                     | Slit-jaw images ( $\lambda$ )                   | 279.6, 283.3, and 285.2 nm<br>include the corresponding ions<br>Mg II, continuum, Mg I                         |

## Note:

- L'area efficace dello spettrografo è più grande di almeno un ordine di grandezza sull'intero intervallo spettrale 17 – 127.5 nm rispetto a spettrografi che hanno volato o stanno volando su SOHO, Hinode, Solar Orbiter.
- Lo spettrografo è dotato di uno **slit-jaw imager** che consente di ottenere immagini di contesto in fotosfera e cromosfera degli spettri.



# La spettrografo EUVST



## Contributo italiano allo strumento: Il sistema di fenditure.

- Fornitura industriale oggetto di un bando di gara ASI in corso.
- Sistema fondamentale sia per lo spettrografo che per lo slit-jaw imager, dal momento che la superficie riflettente del supporto delle fenditure alimenta il sistema di immagini di contesto.

# Team

# Team: composizione

## Enti coinvolti:

### 1) INAF

OAC Na, OACT, OARm, OATO

### 2) CNR

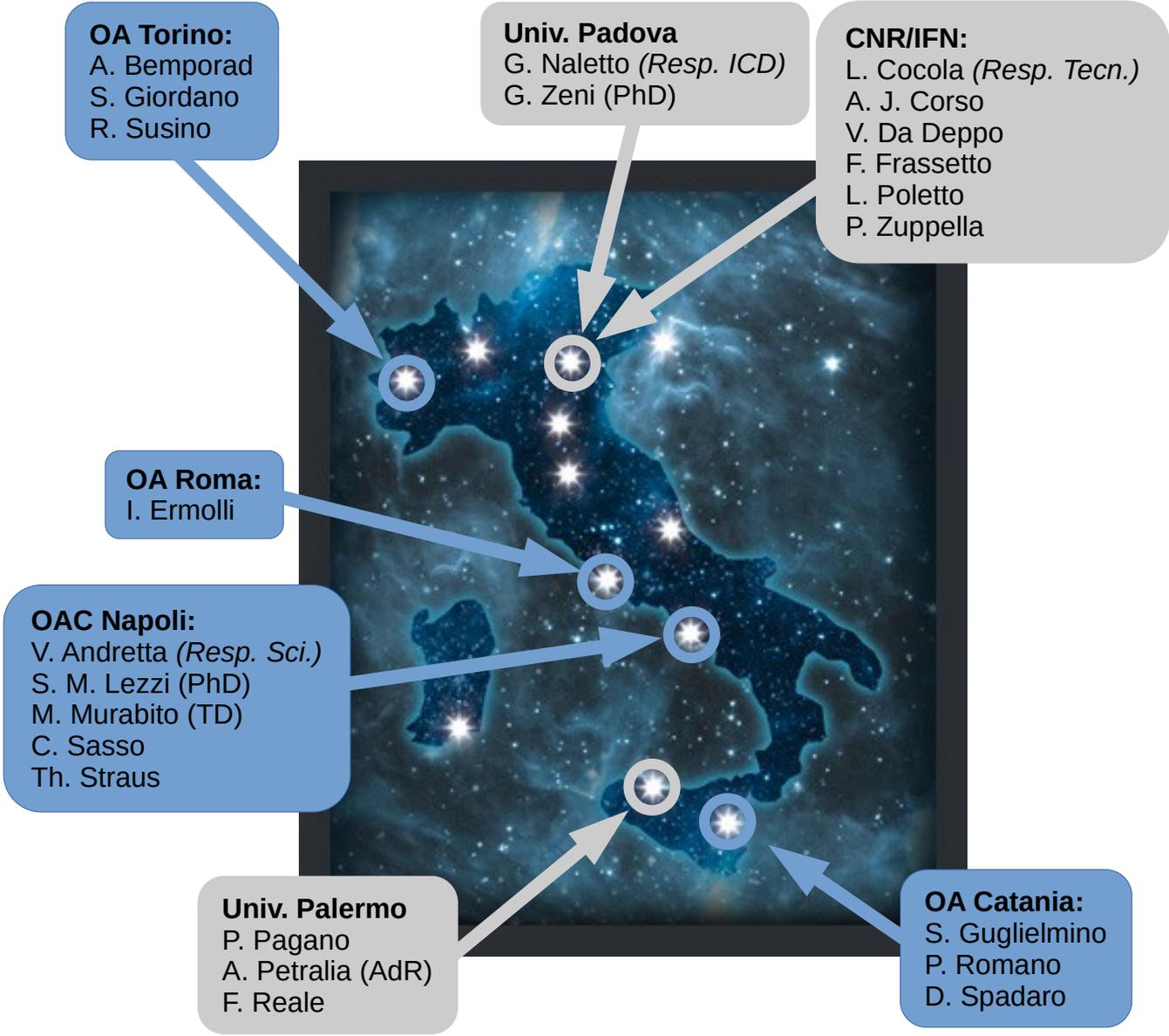
IFN – Istituto di Fotonica e Nanotecnologie – Padova

### 3) Univ. Padova

### 4) Univ. Palermo

ASI PM: M. Stangalini

| Stime involuppi complessivi FTE dall'inizio alla fine dell'attività (indicative per il periodo dal 2017 al 2027) |      |
|--|------|
| FTE INAF   | 20.2 |
| FTE INAF TI  | 9.2  |
| FTE complessivo  | 25.4 |



# Team: competenze

**OA Torino:**  
 Coronal imagin  
 Coronal UV spectroscopy  
 Solar wind physics  
 CMEs

**Univ. Padova**  
 Optical design  
 Space instrumentation

**CNR/IFN:**  
 Coatings  
 Laboratory facilities:  
 AFM  
 Interferometry  
 Spectroscopy  
 Radiometry

**OA Roma:**  
 Spectroscopy/spectropolarimetry  
 (UV to IR)  
 Spectral synthesis  
 Response funtions  
 Solar irradiance  
 Image analysis  
 (e.g. feature tracking, feature identification)

**OAC Napoli:**  
 Spectroscopy/spectropolarimetry  
 (X-ray to Visible)  
 Imaging spectroscopy  
 Non-LTE radiative transfer modelling  
 1-D and 3-D hydrodynamical  
 modelling  
 Helioseismology

**Univ. Palermo**  
 1-D hydrodynamical modelling  
 3-D magnetohydrinamical modelling

**OA Catania:**  
 Flare emission (X-ray to Visible)  
 Flare forecasting  
 UV/EUV characterization of solar features



# Team: attività e compiti

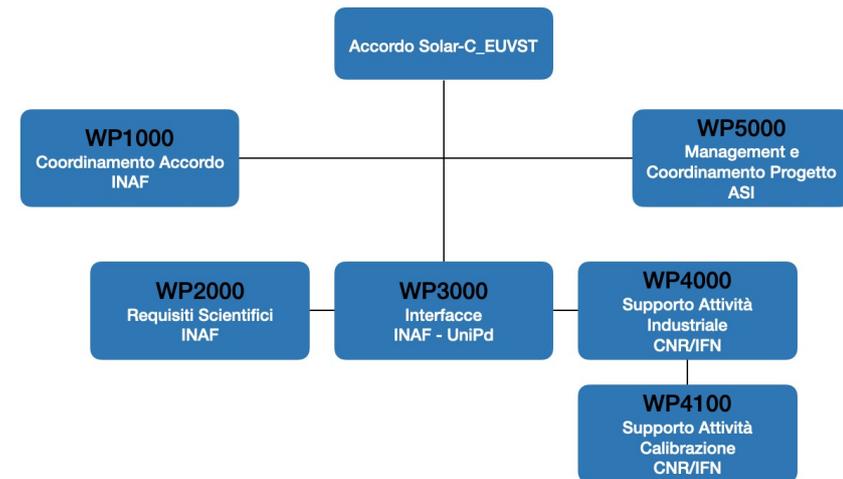
## Attività pregresse supportate da INAF (2010-2020):

- (2010-2017) Partecipazione a varie proposte a ESA, NASA, JAXA
- (2017-2020) Studio di fase A

## Attività supportate dall'accordo ASI-INAF (2021-2024):

- Definizione dei requisiti tecnico-scientifici
  - Contributo alla definizione dei requisiti scientifici della missione
  - Contributo alla valutazione delle performance scientifiche dello strumento EUVST
  - Definizione requisiti del sistema di fenditure
  - Definizione delle interfacce del sistema di fenditure
- Supporto all'attività industriale di fase B/C/D:
  - Verifica della documentazione tecnica relativa all'attività industriale
  - Verifica della rispondenza documentata del lavoro del partner industriale in accordo con i requisiti scientifici
- Supporto alle attività di calibrazione:
  - Upgrade facilities di calibrazione CNR-IFN
  - Misure della riflettanza del coating ottico sulla superficie esterna delle fenditure
  - Test di rugosità del substrato delle fenditure
  - Verifica della forma delle fenditure
- Ricerca scientifica nell'ambito delle tematiche scientifiche di Solar-C\_EUVST, finalizzata allo sfruttamento dei futuri dati della missione.

WBS attività in corso  
(Accordo ASI-INAF 2021-12-HH.0)



# Risultati e prospettive

## Articoli e proceedings:

- *The Solar-C\_EUVST mission: the latest status*, Shimizu, T., et al., SPIE 11444, 2020 (doi: 10.1117/12.2560887)
- *The Solar-C\_EUVST mission*, Shimizu, T., et al., SPIE 11118, 2019 (doi: 10.1117/12.2528240)
- *LEMUR: Large European module for solar Ultraviolet Research*, Teriaca, L., Andretta, V., et al., Exp. Astr. 34, 2012 (doi: 10.1007/s10686-011-9274-x)
- *Solar surges related to UV bursts*, Nóbrega-Siverio, D., Guglielmino, S. L., and Sainz Dalda, A., A&A 655, 2021 (doi: 10.1051/0004-6361/202141472)
- *Investigating the origin of magnetic perturbations associated with the FIP Effect*, Murabito, et al., A&A 656, 2021 (doi: 10.1051/0004-6361/202141504)
- *On the Evolution of a Sub-C Class Flare: A Showcase for the Capabilities of the Revamped Catania Solar Telescope*, Romano, R., et al., Sol. Phys. 297, 2022 (doi: 10.1007/s11207-021-01932-z)

## Note tecniche:

- *Studio di Fase A del sistema di fenditure di EUVST* (TASI-SD-GEN-ORP-0119), v 2.0 (novembre 2020)
- *EUVST Slit Assembly requirements* (EUVST-CNR-REQ-001), v. 1.0 (marzo 2022)
- *EUVST Slit Assembly Interface Control Document* (EUVST-INAF-ICD-001), v. D-2 (novembre 2021)
- *EUVST Slit Assembly coating preliminary analysis* (EUVST-CNR-IFN-coatinganalysis), v. D-1 (aprile 2022)
- Contributi a vari documenti di progetto JAXA

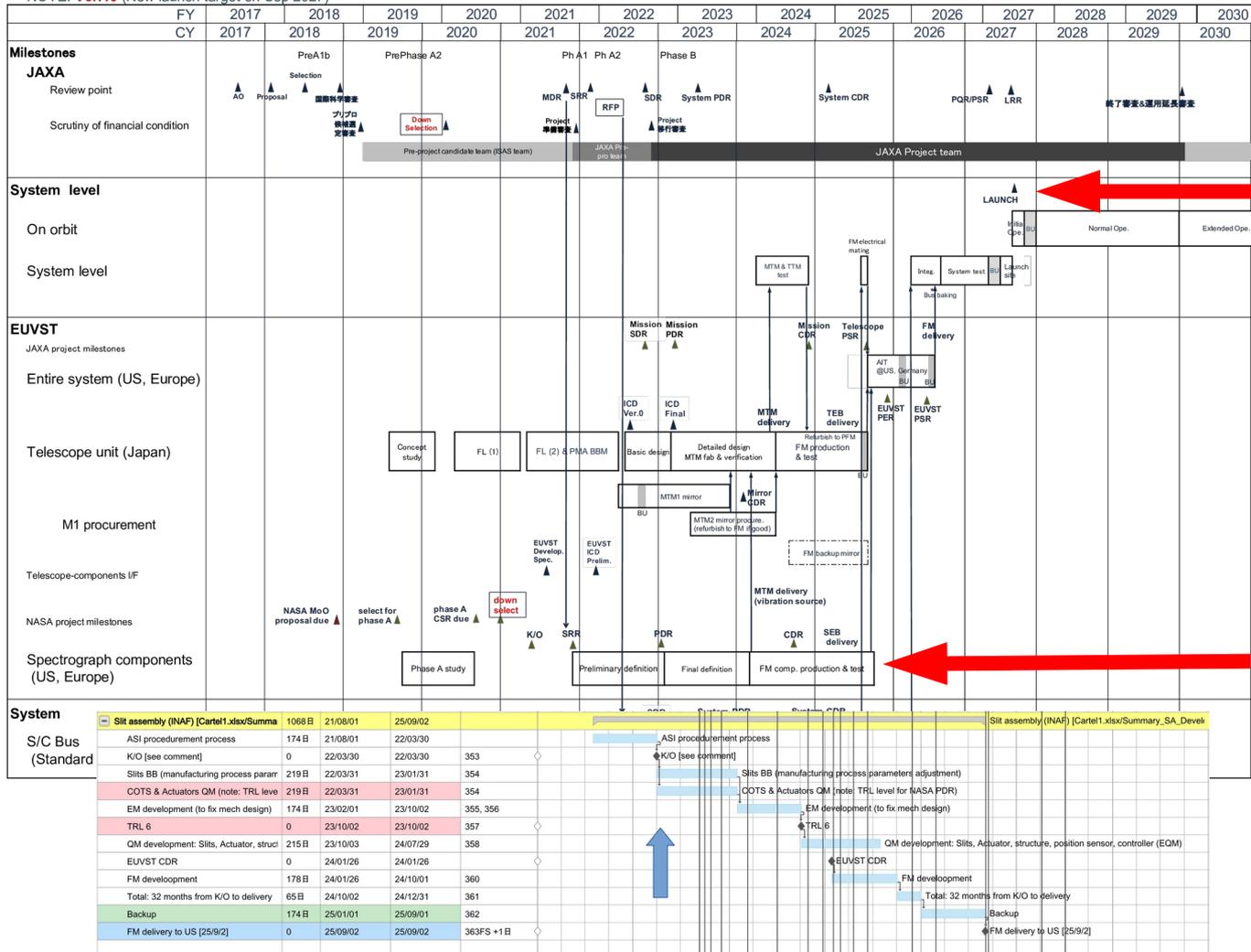
- **Attività scientifica in corso**
  - Due tesi di dottorato nel progetto (Univ. Napoli “Federico II”, Univ. Padova)
  - Lavori scientifici in preparazione nell’ambito delle tematiche rilevanti
  - Studio teorico e di laboratorio dei coating per il sistema di fenditure
- **Supporto attività industriale**
  - In attesa del completamento della gara ASI

# Programmazione

# Solar-C\_EUVST Master Schedule

PROJECT: Solar-C (EUVST)  
 PREPARED BY SOLAR-C (EUVST) Team  
 DATE: 17 Oct, 2021  
 NOTE: **Ver.10** (New launch target on Sep 2027)

Master schedule for Sep 2027 launch



Lancio Settembre 2027

Consegna sistema fenditure settembre 2025

N.B.: La schedula presuppone il Kick-off delle attività di sviluppo industriali aprile 2022.

11/12/01 114457 JST

9 / 1

| Task | Period | Start | End | Task  | 2021        | 2022        | 2023        | 2024        | 2025        | 2026        | 2027        |
|------|--------|-------|-----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|      |        |       |     | 先行タスク | Q1 Q2 Q3 Q4 |

# Fondi

# Fondi assegnati a partire dalla Fase A

| Periodo   | Totale / k€ | Provenienza | Assegnati a | Descrizione  |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--|
| 2017-2020 | 80.00       | INAF        | INAF/OAC Na | Supporto Fase A<br>F.O. 1.05.04.83   |
| 2021-2024 | 343.35      | ASI         | INAF/OAC Na | Supporto scientifico Fase B/C/D<br>(Accordo attuativo n. 2021-12-HH.0)<br>F.O. 1.05.04.02.16 |
|           | 212.77      |             | INAF/OAC Na |  |
|           | 343.35      |             | CNR/IFN     |  |

## Hardware:

La fornitura del sistema di fenditure è finanziata da ASI.

Avviso di indagine di mercato del 21/12/2021

Invio RdO in corso

# Leadership

# Leadership INAF

- INAF ha coordinato le attività di partecipazione al progetto fin dalle primissime fasi (~2010), incluse le proposte a ESA, NASA, JAXA per i rispettivi contributi.
- La Fase A dello sviluppo del sistema di fenditure è stata finanziata interamente da INAF.
- Le attività tecnico-scientifiche di supporto alla fase B/C/D sono coordinate da INAF.
- Le attività scientifiche sulle tematiche relative alla scienza di Solar-C\_EUVST sono svolte in larga parte da personale INAF.
- Il ruolo di leadership INAF all'interno del consorzio internazionale della missione Solar-C è riconosciuto con il rappresentante dell'Italia all'International Steering Committee (ISC).

# Criticità

# Principali criticità

- Le procedure ASI per l'assegnazione del contratto industriale di fase B/C/D sono in ritardo: il margine per la consegna nel settembre 2025 del sistema di fenditure per l'integrazione nello strumento si è quasi annullato.
- Per garantire il massimo ritorno scientifico e tecnologico per la comunità italiana coinvolta e per INAF in particolare, sarà necessario mantenere e, anzi, potenziare il team scientifico, con un programma di formazione di nuovo personale.