



## Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

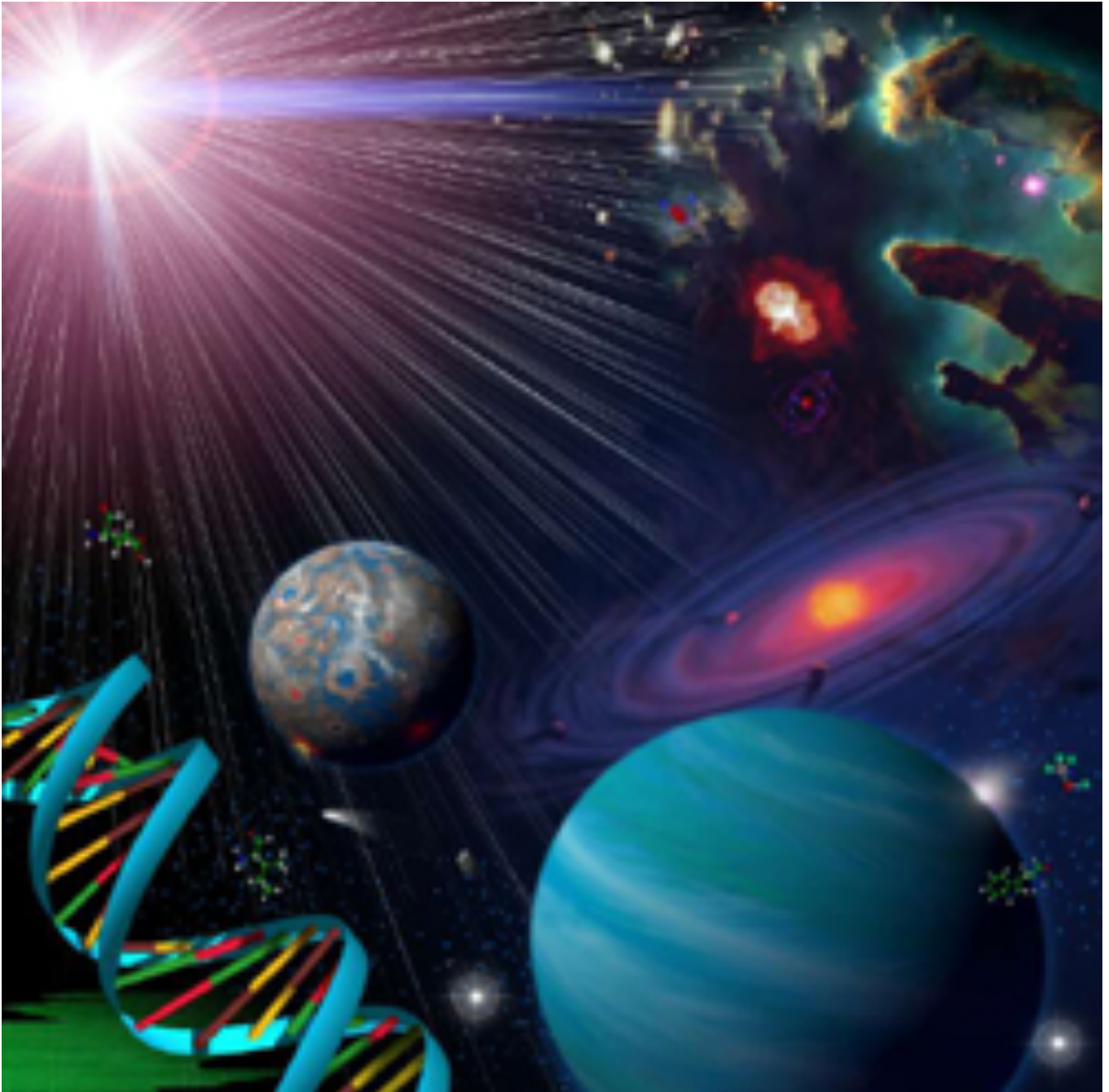
<b>Number</b>	25
<b>Publication Year</b>	2020
<b>Acceptance in OA@INAF</b>	2020-05-21T09:43:33Z
<b>Title</b>	Attività "spaziali" dell'INAF nei campi della Fisica del Sistema Solare, dell'Astrofisica e della Cosmologia
<b>Authors</b>	DELLA CECA, Roberto; SANTORO, MARCO; ARGAN, ANDREA; SPINELLA, LAURA
<b>Affiliation of first author</b>	O.A. Brera
<b>Handle</b>	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12386/25036">http://hdl.handle.net/20.500.12386/25036</a> ; <a href="http://dx.doi.org/10.20371/INAF/TechRep/25">http://dx.doi.org/10.20371/INAF/TechRep/25</a>

INAF



ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA  
NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS

Attività “spaziali” dell’INAF nei campi della  
Fisica del Sistema Solare, dell’Astrofisica e della Cosmologia



*In copertina:* Illustrazione artistica presa da <https://science.jpl.nasa.gov/Astrophysics/index.cfm>  
(Courtesy of NASA/JPL-Caltech).

## Razionale del presente documento

L'Italia può vantare una lunghissima tradizione in campo spaziale essendo stata, nel lontano 1964, la terza nazione a mettere in orbita, con proprio personale, un satellite nazionale dopo USA ed Unione Sovietica. Da allora la comunità internazionale ha segnato enormi progressi in tutti i campi del settore spaziale, dalle telecomunicazioni all'osservazione della Terra, dall'esplorazione robotica del Sistema Solare all'osservazione dell'Universo lontano. Il nostro Paese, grazie al contributo della nostra Agenzia Spaziale, degli Istituti di Ricerca e delle Università italiane, ha mantenuto e consolidato nel tempo la sua posizione di primissimo ordine nelle missioni scientifiche a livello Europeo e mondiale, spesso ricoprendo posizioni di *leadership* riconosciute a livello internazionale.

Guardando al futuro, lo spazio si presenta come una frontiera quanto mai irrinunciabile per la nuova generazione di imprese scientifiche di punta nei campi della fisica del sistema solare, dell'astrofisica, della cosmologia e della fisica fondamentale. In questo ambito la comunità scientifica italiana è principalmente sostenuta dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e comprende diverse componenti, di cui l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) rappresenta il principale stakeholder (si veda <http://www.inaf.it/it/brochure-2018-19/SPAZIO-singole-pagine-A5.pdf>), con il contributo determinante di numerose Università e il coinvolgimento significativo dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Le conseguenti ricadute sull'industria spaziale nazionale sono di grande impatto a medio e lungo termine per l'effetto "volano" legato alle tecnologie sempre più performanti richieste dai nuovi obiettivi scientifici (si veda il recente documento "Indirizzi del Governo in materia spaziale e aerospaziale", reperibile al seguente link:

[http://presidenza.governo.it/AmministrazioneTrasparente/Organizzazione/ArticolazioneUffici/UfficiDirettaPresidente/UfficiDiretta\\_CONTE/COMINT/DEL\\_20190325\\_aerospazio.pdf](http://presidenza.governo.it/AmministrazioneTrasparente/Organizzazione/ArticolazioneUffici/UfficiDirettaPresidente/UfficiDiretta_CONTE/COMINT/DEL_20190325_aerospazio.pdf)

Per "fotografare" la situazione attuale (una "fotografia" analoga fu fatta a fine 2016) delle attività/progetti "spaziali" dell'INAF nei campi della Fisica del Sistema Solare, dell'Astrofisica e della Cosmologia<sup>1</sup> abbiamo chiesto ai responsabili scientifici INAF di accordi con l'ASI (o con l'ESA) o ad esperti del campo di compilare una scheda illustrativa delle attività/progetti di maggiore interesse, rispondendo in maniera succinta a 4 semplici domande:

- Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa/post-operativa, tempistica per le missioni in fase di studio e di realizzazione.
- Principale/i contributo/i Italiano/i, alla missione/attività (e.g. hardware, software, etc..).  
Principale/i contributo/i INAF
- Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)
- Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Per brevità abbiamo considerato solo le missioni/attività in corso, in fase operativa, in fase post-operativa (recente) o al momento approvate da agenzie spaziali (nazionali o sovranazionali) per almeno uno studio di fase A. Per questo motivo non troverete in questa Appendice nessuna delle missioni proposte a seguito di Call internazionali (di cui non si sappia l'esito), missioni che non siano su un percorso ben definito e consolidato o missioni che non coinvolgano un numero adeguato di ricercatori

---

<sup>1</sup> Alle attività descritte qui dovrebbero, a rigore, essere aggiunte quelle legate allo studio dallo Spazio dei raggi cosmici, della fisica fondamentale e delle onde gravitazionali (e.g. LISAPathfinder e LISA); queste attività sono al momento maggiormente sviluppate dai nostri colleghi dell'INFN, delle Università e del CNR.



italiani afferenti ad INAF. Le schede sono state elaborate da ricercatori diversi, ognuno con la propria sensibilità nel tracciare, discutere e sviluppare un particolare aspetto piuttosto di un altro; noi non abbiamo fatto nessun tentativo di uniformarle.

In questa edizione abbiamo anche aggiunto, se disponibile, un link ipertestuale a Media INAF; i link sono in chiaro nel box di ogni scheda che riporta il nome del progetto/attività/missione.

Il materiale riportato in questo documento (46 missioni spaziali, 21 programmi di ricerca e sviluppo e 6 attività di “supporto”) rappresenta uno spaccato, seppur succinto e magari non uniforme (tutto è perfettibile..) delle attività/progetti “spaziali” dell’INAF nei campi della Fisica del Sistema Solare, dell’Astrofisica e della Cosmologia. Ne viene fuori un quadro di notevole fermento e “leadership” consolidata a livello internazionale in tutti i campi sopra menzionati, posizione assolutamente da mantenere negli anni a venire.

Ringraziamo tutti i colleghi che, con entusiasmo, si sono resi disponibili alla compilazione delle schede. E’ d’obbligo ringraziare l’ASI (ed i colleghi che ci lavorano) senza il cui supporto duraturo e continuo tutto questo non sarebbe stato possibile.

Ci auguriamo che il materiale qui assemblato sia fruibile all’intera comunità astronomica.

Maggio 2020

Roberto Della Ceca, Marco Santoro, Andrea Argan e Laura Spinella

# INDICE

## ❖ MISSIONI IN FASE OPERATIVA

▪ <u>Fisica del Sistema Solare</u>	
BepiColombo .....	pg. 7
Cluster .....	pg. 9
Exomars 2016 -TGO.....	pg. 10
Hayabusa2 .....	pg. 11
Juno .....	pg. 13
Mars-Express .....	pg. 15
MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) .....	pg. 17
Osiris-REx (Origins,Spectral Interpr.,Resour. Identif.,Security-Regolith Explorer)..	pg. 19
Solar Orbiter (Metis, SWA, STIX) .....	pg. 20
▪ <u>Astrofisica e cosmologia</u>	
Agile (Astrorivelatore Gamma ad Immagini Leggero) .....	pg. 22
Chandra X-ray Observatory.....	pg. 24
Cheops (Characterising ExOPlanet Satellite).....	pg. 26
Fermi Observatory - LAT .....	pg. 28
Gaia .....	pg. 29
HST (Hubble Space Telescope) .....	pg. 31
Integral (INTErnational $\gamma$ -Ray Astrophysics Laboratory) .....	pg. 33
Neil Gehrels Swift Observatory .....	pg. 35
XMM-Newton X-ray Observatory .....	pg. 37
▪ <u>Fisica Fondamentale</u>	
Sistema GNSS (Galileo for Science).....	pg. 39

## ❖ MISSIONI IN FASE DI REALIZZAZIONE

▪ <u>Fisica del Sistema Solare</u>	
ABCS (AstroBio-CubeSat).....	pg. 40
CSES-02/Limadou-2 .....	pg. 41
ExoMars 2022 .....	pg. 43
Juice (JUperiter ICy moons Explorer) .....	pg. 45
LICIACube .....	pg. 47
Proba-3/ASPIICS .....	pg. 49
▪ <u>Astrofisica e cosmologia</u>	
Athena .....	pg. 51
Euclid .....	pg. 53
Hermes .....	pg. 55
IXPE (Imaging X-ray Polarimeter Explorer) .....	pg. 56
JWST (James Webb Space Telescope) .....	pg. 58
LSPE/STRIP (Large Scale Polarization Explorer) .....	pg. 60
Plato (PLANetary Transits and Oscillations of stars) .....	pg. 62

## ❖ MISSIONI IN FASE DI STUDIO

▪ <u>Fisica del Sistema Solare</u>	
Comet Interceptor .....	pg. 64
Solar-C_EUVSAT .....	pg. 66

▪ Astrofisica e cosmologia

Ariel (Atmospheric Remote-Sensing Infrared Exoplanet Large survey) .....	pg. 68
eXTP (enhanced X-ray Timing and Polarimetry) .....	pg. 70
LiteBird .....	pg. 72
SPICA (SPace Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics) .....	pg. 74
Theseus (Transient High-Energy Sky and Early Universe Surveyor) .....	pg. 76

❖ **MISSIONI IN FASE POST-OPERATIVA**

▪ Fisica del Sistema Solare

Cassini-Huygens .....	pg. 78
Dawn .....	pg. 80
Rosetta/Philae .....	pg. 81
Venus-Express .....	pg. 83

▪ Astrofisica e cosmologia

Herschel .....	pg. 85
Planck .....	pg. 87
RadioAstron .....	pg. 89

❖ **ATTIVITA' DI RICERCA E SVILUPPO**

ADAM (Advanced Detectors for x-ray Astronomy Missions) .....	pg. 91
AREMBES (ATHENA Rad. Envir. Models and x-ray Backgr. Effects Simulator)..	pg. 93
BEATRIX .....	pg. 95
Camera VNIR per la missione ASI-JPL nel TIR .....	pg. 97
CAM (Contamination Assessment Microbalance) .....	pg. 98
CAMLAB (Contamination Assessment Microbalance for LABORatory).....	pg. 99
Christmas .....	pg. 100
COSMITO (Compres. Sampl. Multispec. Imaging camera for remoTe Observ. ) ...	pg. 101
DORA (Deployable Optics for Remote sensing Applications).....	pg. 102
EXACRAD .....	pg. 103
Fibre Ottiche nell'IR .....	pg. 104
Gamma Flash .....	pg. 105
HEMERA (Sviluppo palloni italiani) .....	pg. 106
LATT (Large Aperture space Telescope Technology).....	pg. 110
MUSICA (Multiband Ultrawide SpectroImager for Cryosphere Analysis) .....	pg. 111
PANCAM.....	pg. 112
Rugged Infrared Imaging Fourier Spectrometer for planetary applications .....	pg. 113
Sistema GNSS Galileo di seconda generazione.....	pg. 114
Symposium (Silicon pore optics modelling and simulations) .....	pg. 115
TAO-X (Tecnologia del vetro per le ottiche in raggi X di prossima generazione )...	pg. 117
VERT-X (VERTical X-ray facility for ATHENA calibration) .....	pg. 119

❖ **ATTIVITA' DI SUPPORTO**

Attività di studio per la comunità di astrofisica Alte Energie ed Astro-Particellare.....	pg. 121
Attività di studio per la comunità solare, planetologica e di eso-pianeti .....	pg. 123
COSMOS - Attività di studio per la comunità scientifica di Cosmologia .....	pg. 125
Space Weather Expert Service Centres: Definition and Development.....	pg. 127
SSDC (ASI Science Data Center) .....	pg. 128
SST (Space Surveillance and Tracking) .....	pg. 130

## Missione: BepiColombo

<https://www.media.inaf.it/tag/bepicolombo/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** operativa (attualmente in fase di crociera)

### a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative

La missione ESA-JAXA BepiColombo lanciata il 20 Ottobre 2018 da Kourou è in viaggio verso Mercurio, e si inserirà in orbita polare inerziale intorno al pianeta alla fine del 2025.

BepiColombo è composta da due moduli: il Mercury Planetary Orbiter (MPO) realizzato dall'ESA, che verrà inserito in orbita quasi circolare (circa 480-1500 km) per consentire una copertura uniforme e ad alta risoluzione della superficie e della struttura interna, effettuerà anche misure dell'esosfera e della magnetosfera; il Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) realizzato dalla JAXA per lo studio dell'ambiente circostante di Mercurio e dello spazio interplanetario, verrà inserito in orbita ellittica (circa 400-12000 km) per effettuare le misure all'interno e all'esterno della magnetosfera. La fase operativa sarà di 2 anni.

### b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..)

#### Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF

La missione BepiColombo vede un significativo contributo italiano, e in particolare INAF, sulla strumentazione scientifica: ben 4 strumenti degli 11 a bordo sono a guida italiana, 3 in particolare a guida INAF. In ordine alfabetico:

- ISA (Italia Spring Accelerometer); PI: V. Iafolla, (INAF-IAPS, Roma). Accelerometro ad alta sensibilità per la misura delle perturbazioni non gravitazionali agenti sull'MPO; tali misure daranno un contributo fondamentale allo studio della struttura interna di Mercurio e alle misure di fisica fondamentale, previste nell'ambito dell'esperimento di radioscienza.
- MORE (Mercury Orbiter Radio-science Experiment); PI: L. Iess, (Uni. "Sapienza", Roma). Esperimento di radioscienza basato sul trasponditore di bordo in banda Ka (KaT), che fornirà la misura molto accurata di posizione e velocità dell'MPO.
- SERENA (Search for Exospheric Refilling and Emitted Natural Abundances); PI: S. Orsini (INAF-IAPS, Roma), una suite di strumenti internazionale per lo studio dell'ambiente particellare nello spazio circostante il pianeta mediante quattro unità ed un computer di bordo (SCU). Due unità sono analizzatori di particelle neutre: ELENA, realizzato quasi interamente in Italia (IAPS, unitamente a CNR-ISC, CNR-IFN, IRAP di Tolosa) e STROFIO, realizzato con fondi NASA dalla South-West Research Institute (TX, USA). Due unità sono spettrometri di ioni: MIPA (IRF, Svezia) e PICAM (IWF, Austria).
- SIMBIO-SYS (Spectrometer and Imagers for Mpo Bepicolombo Integrated Observatory SYStem); PI: G. Cremonese (INAF-OAPd, Padova), un sistema integrato di osservazione geomorfologica e composizionale della superficie, costituito da HRIC (Università Parthenope, IAPS), che fornirà immagini ad alta risoluzione spaziale del 20% della superficie, STC (IAPS, OAPD), che fornirà coppie stereo, e quindi Digital Terrain Model (DTM), di tutta superficie, e VIHI (IAPS, LESIA Parigi), che fornirà spettri nel visibile e vicino infrarosso di tutta la superficie. SIMBIO-SYS costituisce l'integrazione di 3 strumenti remote sensing, che condividono un'unica elettronica principale realizzata in Francia (IAS, Orsay) controllati da un unico team e con un'unica strategia di osservazione. Il 50% dell'intera data volume della missione è stato allocato a SIMBIO-SYS.

### c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)

Gli strumenti a guida italiana sono basati su ampi consorzi scientifici che coinvolgono Istituti europei, statunitensi e giapponesi. Va inoltre sottolineato che due degli strumenti a guida italiana, SIMBIO-

SYS e SERENA sono in realtà delle suite multi-sensore. Essi saranno in grado di fornire una molteplicità di dati che costituiranno un punto di riferimento per gli altri strumenti a bordo, sia per la superficie che per l'ambiente circumplanetario.

L'accelerometro ad alta sensibilità ISA è il primo strumento di tale tipologia ad aver volato nello spazio interplanetario e contribuisce a rafforzare la leadership italiana negli esperimenti di radio-scienza.

La comunità scientifica italiana è anche coinvolta in altri strumenti a bordo di BepiColombo, in particolare PHEBUS (spettrometro UV per la superficie e l'esosfera) la cui calibrazione è stata fatta al CNR-IFN di Padova, MIXS (spettrometro X per la misura di abbondanze elementali sulla superficie), SIXS (spettrometro X e detector di protoni ed elettroni solari), MEA (spettrometro per elettroni, incluso nello strumento MPPE a bordo della sonda giapponese). Per PHEBUS, SIXS e MEA, personale INAF è coinvolto come Co-I nei consorzi scientifici.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Leonardo spa è il prime industriale di SIMBIO-SYS e ha realizzato tutti i modelli fino all'FM, la Raytheon (California, USA) ha fornito tutti e 3 i sensori, l'IAS-Orsay ha fornito l'elettronica principale e LESIA (Parigi) ha fornito l'elettronica di prossimità del sensore di VIHI. TAS-I ha interamente realizzato gli strumenti ISA e MORE. SERENA è stato realizzato da OHB e AMDL.

**A cura di:** Gabriele Cremonese, INAF-Osservatorio Astronomico di Padova, Padova; Pasquale Palumbo, Università "Parthenope", Napoli; Stefano Orsini, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma; Francesco Santoli, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

<b>Missione: CLUSTER</b>	<a href="https://www.media.inaf.it/tag/cluster/">https://www.media.inaf.it/tag/cluster/</a>
--------------------------	---

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
-----------	---

<p>La missione CLUSTER dell'ESA, con una flotta di quattro satelliti in formazione, è stata la prima missione (seguita molti anni più tardi dalla Magnetospheric Multiscale Mission della NASA) con l'obiettivo di studiare i più importanti processi di fisica del plasma, quali la riconnessione magnetica e la turbolenza, tramite misure <i>in situ</i> tridimensionali di campi elettromagnetici e particelle. Cluster ha permesso di ottenere una moltitudine di risultati importanti per la conoscenza dei suddetti processi e del loro ruolo nell'ambito dell'interazione fra il vento solare e la magnetosfera, della dinamica magnetosferica, dei processi aurorali e, più in generale, dei meccanismi di accelerazione di particelle e dissipazione dell'energia nei plasmi spaziali, come testimoniato dalle oltre 2800 pubblicazioni su riviste d'eccellenza incentrate sui dati della missione.</p>
---

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc..., Principale/i contributo/i INAF</b>
-----------	--

<p>L'Italia ha partecipato nell'ambito di una collaborazione internazionale allo sviluppo del Cluster Ion Spectrometry–CIS. I ricercatori INAF sono tuttora coinvolti nell'interpretazione scientifica dei dati.</p>
--

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
-----------	--

<p>La collaborazione internazionale coinvolta nello sviluppo di CIS ha visto la partecipazione di: CESR-CNRS (ora IRAP-France), University of New Hampshire (USA), MPE (Germany), MPS (Germany), University of California Berkeley (USA), University of Washington (USA), Swedish Institute of Space Physics - Kiruna (Sweden). L'Italia ha preso parte alla collaborazione a livello di Co-I.</p>
--

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
-----------	--

<p>AMDL s.r.l. ha sviluppato il S/W di bordo per uno dei due analizzatori elettrostatici di CIS.</p>
--

A cura di: Maria Federica Marcucci, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma



## Missione: Exomars-2016 - TGO

<https://www.media.inaf.it/tag/exomars/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative</b>
<p>Il Trace Gas Orbiter è una missione ESA con lo scopo di studiare i gas traccia presenti nell'atmosfera marziana. Ha iniziato la sua fase operativa nei primi mesi del 2018. A bordo della missione sono presenti degli spettrometri che, lavorando nella modalità occultazione solare, permettono di rilevare gas presenti in concentrazioni bassissime. E' presente anche una stereo camera che fornisce immagini e coppie stereo ad alta risoluzione spaziale della superficie di Marte.</p> <p>Finora, il TGO non ha rilevato la presenza di metano (a concentrazioni di 0.05 parti per miliardo). Ha misurato il rapporto isotopico D/H dell'acqua fino a 50 km di quota. Ha fatto molte misure dell'abbondanza di vapore acqueo con la quota durante la tempesta di polvere globale, mostrando che l'H<sub>2</sub>O può raggiungere quote elevate (&gt;40 km) durante questo evento. Sono stati generati diversi Digital Terrain Models (DTM), circa 1500, di alcune regioni selezionate inclusa Oxia Planum, il landing site di ExoMars 2020.</p>	
<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>A bordo del TGO ci sono due strumenti con partecipazione italiana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NOMAD, uno spettrometro per lo studio dei gas traccia, composizione isotopica e delle specie minori;</li> <li>▪ CASSIS, una stereo camera ad alta risoluzione per la mappatura della superficie di Marte.</li> </ul> <p>L'INAF partecipa a NOMAD (Co-PI G. Bellucci, IAPS, Roma) per l'analisi dei dati, definizione degli obiettivi scientifici e requisiti strumentali; a CASSIS (Co-PI G. Cremonese, OAPD) con la responsabilità della generazione, utilizzando il software realizzato dal team di OAPD-INAF, ed archiviazione dei DTM e con l'analisi delle immagini della superficie. La fornitura del detector, modello spare di SIMBIO-SYS ( a bordo della missione BepiColombo) e dell'elettronica di prossimità.</p>	
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>NOMAD: Belspa (Belgio), Royal Observatory of Belgium, Open University (UK), Istituto di Astrofisica di Andalusia.</p> <p>CaSSIS: Università di Berna (Svizzera), Space Research Center, Wroclav (Polonia), Università di Nantes (Francia), DLR Berlino (Germania), LPL Tucson Arizona (USA), Western University Ontario (Canada).</p>	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Per NOMAD nessuno. Per CaSSIS la Leonardo spa</p>	

**A cura di:** Giancarlo Bellucci, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma; Gabriele Cremonese, INAF-Osservatorio Astronomico di Padova, Padova

## Missione: Hayabusa2

<https://www.media.inaf.it/tag/hayabusa2/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** Operativa

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa/post-operativa, tempistica per le missioni in fase di studio e di realizzazione</b></p> <p>La missione Hayabusa2 è una missione “sample-return”, sviluppata dall’Agenzia Spaziale Giapponese JAXA. Hayabusa2 fa seguito alla missione sample-return Hayabusa (JAXA) che ha raggiunto l’asteroide Near-Earth Itokawa nel 2005, ha prelevato campioni superficiali dell’asteroide e li ha riportati a Terra nel 2010. Similmente, Hayabusa2 ha lo scopo di analizzare la superficie dell’asteroide Near-Earth, di tipo C, (1999 JU3) Ryugu, prelevare campioni superficiali e sottosuperficiali del target e riportarli a Terra per la fine del 2020.</p> <p>La sonda è stata lanciata nel 2014, ha raggiunto Ryugu nel Giugno del 2018 ed è ripartita alla volta della Terra nel Novembre 2019. La superficie dell’asteroide Ryugu è stata analizzata mediante misure in <i>remote sensing</i> (grazie alla camera ONC, allo spettrometro NIRS3, al sensore termico TIR e all’altimetro laser LIDAR) ed <i>in situ</i> (grazie al rilascio dei tre rovers MINERVA e del lander MASCOT). La missione ha inoltre effettuato con successo la raccolta di campioni sia della superficie che della sotto superficie di Ryugu. Il materiale sottosuperficiale è stato esposto a seguito della formazione di un cratere generato artificialmente dal rilascio di un proiettile impattante la superficie.</p> <p>In particolare, gli obiettivi scientifici della missione Hayabusa2 sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comprendere le interazioni ed il trasporto dei materiali durante le prime fasi di formazione del Sistema Solare mediante la caratterizzazione e distribuzione dei minerali che compongono l’asteroide Ryugu.</li> <li>▪ Determinare le reazioni che sono avvenute tra acqua, minerali e materiale organico nei planetesimi (i corpi genitori degli asteroidi) ricercando organici e minerali ottenuti da processi di alterazione acquosa sia sulla superficie di Ryugu (con analisi in <i>remote sensing</i>) che nei campioni prelevati <i>in situ</i> (mediante il loro studio nei laboratori terrestri).</li> <li>▪ Capire l’evoluzione che ha subito il materiale nelle prime fasi di formazione del Sistema Solare, dalla nube pre-solare, al disco protoplanetario fino ai planetesimi, studiando l’alterazione termica ed i processi di space weathering che hanno coinvolto Ryugu.</li> <li>▪ Identificare i processi dinamici che potrebbero aver coinvolto i planetesimi durante la formazione del Sistema Solare grazie allo studio delle proprietà fisiche di Ryugu relative agli impatti sulla sua superficie; questa analisi ha anche lo scopo di ricostruire la storia collisionale vissuta da Ryugu.</li> </ul> <p>I principali risultati raggiunti dalla missione Hayabusa2 per mezzo delle analisi in <i>remote sensing</i> ed <i>in situ</i> sono riportati di seguito.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ryugu è un corpo molto scuro con un rigonfiamento equatoriale ed una superficie ricca di massi e crateri da impatto, evidenziato dalle immagini della camera ONC.</li> <li>▪ La composizione della superficie di Ryugu è molto omogenea, composta da minerali idrati (fillosilicati di Magnesio) per via di una debole banda di assorbimento a 2.72 <math>\mu\text{m}</math> negli spettri di riflettanza NIRS3. Ryugu è spettralmente simile a condriti carbonacee CI e CM che hanno subito un metamorfismo termico.</li> <li>▪ La bassa densità di Ryugu (circa 1.2 g/cm<sup>3</sup>) suggerisce che sia un rubble-pile, ossia un corpo formatosi dalla riaccumulazione di frammenti generati dalla catastrofica distruzione del corpo genitore.</li> </ul>
-----------	---

▪ Le rocce presenti sulla superficie hanno delle inclusioni dell'ordine del millimetro, dal colore sia scuro che chiaro, osservate grazie alle immagini della camera MASCam a bordo del lander MASCOT, rilasciato il 3 Ottobre 2018 sulla superficie di Ryugu da un'altitudine di 41 m. La presenza di inclusioni nelle rocce supporta l'ipotesi che Ryugu sia molto simile alle meteoriti condriti carbonacee. Inoltre, MASCam ha confermato la totale assenza di materiale fine sulla superficie dell'asteroide.

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. hardware, software, etc..)</b> <b>Principale/i contributo/i INAF</b>
L'attività INAF (Ernesto Palomba, Andrea Longobardo, Maria Teresa Capria, Fabrizio Dirri ed Anna Galiano dell'INAF-IAPS di Roma e Davide Perna dell'INAF-OARoma) è di tipo scientifico per la calibrazione ed interpretazione dei dati scientifici. In particolare, il contributo italiano consiste: nella correzione fotometrica dei dati acquisiti dallo spettrometro NIRS3 e dalla camera ONC; nell'analisi dei dati NIRS3 ed ONC per la caratterizzazione mineralogica del target; nel data fusion tra i dati NIRS3 ed ONC per mappare la distribuzione globale e locale dei minerali; in un'attività di laboratorio per la riproduzione di una miscela analoga di Ryugu.	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)</b>
Collaborazione scientifica	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
Nessuno	

A cura di: Ernesto Palomba, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

<b>Missione: Juno</b>	<a href="https://www.media.inaf.it/tag/juno/">https://www.media.inaf.it/tag/juno/</a>
-----------------------	---

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>La missione NASA <b>Juno</b> a Giove si prefigge: a) determinare l'abbondanza di acqua e mettere un limite superiore alla massa del nucleo solido di Giove per decidere quale teoria di origine del pianeta è corretta; b) comprendere la struttura interna di Giove e di come si muove in profondità all'interno il pianeta fisico mappando i suoi campi gravitazionali e magnetici; c) mappare le variazioni nella composizione atmosferica, la temperatura, l'opacità delle nubi e le dinamiche di profondità anche dove la pressione è superiore a 100 bar a tutte le latitudini; d) caratterizzare e esplorare la struttura tridimensionale della magnetosfera e delle aurore polari.</p> <p>La sonda <b>Juno</b> è entrata in orbita il 5 luglio 2016 e, in base al piano di missione attuale, si estenderà temporalmente fino a metà 2021. Sono previste 33 orbite ellittiche della durata di 53,5 giorni. I passaggi in prossimità del pianeta sono effettuati ad una quota di circa 5000-8000 km; alla data del 1/3/2020 ne sono stati effettuati 24. Tra i principali risultati scientifici ottenuti ricordiamo la scoperta dei poligoni regolari di cicloni nei poli di Giove; la struttura dei venti al di sotto della superficie visibile di Giove; la presenza del "blue spot" nel suo campo magnetico; nuovi vulcani e hot spots sulla luna Io; la morfologia fine delle precipitazioni aurorali in corrispondenza dei footprints delle lune; una nuova conoscenza della struttura del "core" di Giove.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Universita', etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>L'Italia partecipa con due strumenti scientifici: il KaT (Ka band Translator) per la mappatura del campo gravitazionale e JIRAM (Jovian InfraRed Auroral Mapper). L'attività di JIRAM cade sotto la responsabilità scientifica dell'Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali dell'INAF. JIRAM incorpora uno spettrometro ed una fotocamera che lavorano nel campo di lunghezze d'onda infrarosse tra 2 e 5 micron. Lo strumento è in grado di fornire mappe sulle aurore infrarosse generate dallo Ione H<sub>3</sub><sup>+</sup> e dal metano, dell'emissione termica del pianeta in prossimità della finestra spettrale dei 5 micron e della caratterizzazione dell'emissione planetaria nell'intervallo spettrale suddetto con una risoluzione di 9 nm. Nella fase di misura la risoluzione spaziale dello strumento a livello di pressione di riferimento di 1 bar può variare dai 10 km al 300 km in funzione della posizione della sonda rispetto al pianeta.</p> <p>Gli obiettivi primari di JIRAM sono lo studio delle aurore polari e dell'atmosfera gioviana fino alle profondità (in funzione della presenza di nubi e dell'opacità atmosferica) di 3-5 bar in termini di composizione chimica relativa ad alcuni gas minoritari (acqua, ammoniaca e fosfina), microfisica (nubi) e dinamica atmosferica. JIRAM inoltre è utilizzato per osservare le lune di Giove Io, Europa, Ganimede e Callisto, fornendo informazioni circa la temperatura e composizione superficiale e, nel caso di Io, posizione e morfologia degli "hot spots". Lo strumento, di fattura – hardware e software - completamente italiana, è stato realizzato secondo le specifiche fornite dall'INAF-IAPS. Il team del JIRAM Operative Center (JOC) è allo IAPS e segue tutta la fase operativa della missione dalla pianificazione delle osservazioni, alla generazione delle sequenze operative di telecomandi, alla raccolta e alla calibrazione dei dati fino alla consegna (come previsto per la missione) al "Planetary Atmospheric Node" del "Planetary Data System" della NASA.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
L'attività scientifica di JIRAM è realizzata all'IAPS di Roma con una collaborazione nazionale dell'	

istituto di Scienze Atmosferiche e del Clima del CNR. La Pi-ship (dott. Alessandro Mura) di JIRAM è ad IAPS. L'altro strumento italiano, KaT, è anche a PI-ship italiana ma dell'Università di Roma "Sapienza" (Prof. Luciano Iess). Le collaborazioni internazionali sono con scienziati afferenti al progetto **Juno**: Southwest Research Institute (dove è anche la PI-ship del progetto **JUNO**), NASA's Goddard Space Flight Center, University Of Michigan, University Of Colorado, Centre d'Etudes Spatiales des Rayonnements, Harvard University, University of Leicester, Jet Propulsion Laboratory, Laboratoire d'Etudes Spatiales et D'instrumentation en Astrophysique, Observatoire de la Cote d'Azur, University of Maryland, Planetary Science Institute, University of Arizona, California Institute of Technology, University of Iowa, Cornell University, Johns Hopkins University, University of Hawaii, Malin Space Science Systems, Georgia Institution of Technology ,University of California Los Angeles.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

L'industria Italiana ha realizzato i due strumenti scientifici ed in particolare: JIRAM è stato realizzato dalla Leonardo Finmeccanica SpA e il KaT dalla TALES ALENIA SPACE.

**A cura di:** Alessandro Mura, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

## Missione: Mars Express

<https://www.media.inaf.it/tag/mars-express/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>Mars Express (MEX) è la prima missione dell'ESA verso il Pianeta Rosso. Il carico scientifico utile è formato da sette strumenti atti ad osservare, da remoto, l'atmosfera, la superficie ed il sottosuolo di Marte. MEX è stato lanciato dalla base di Baikonur con un vettore Soyuz-Fregat il 2 giugno 2003, si è inserito in orbita intorno a Marte nel dicembre 2003 e contestualmente ha iniziato le operazioni scientifiche degli strumenti a bordo. Il radar <i>sounder</i> MARSIS, per il quale occorre prima completare in condizioni di assoluta sicurezza la fase di apertura delle sue tre antenne, ha però cominciato ad operare solo nel giugno 2005.</p> <p>Gli obiettivi scientifici della missione, come definiti da ESA, si inquadrano nella strategia dell'esplorazione di Marte elaborata dal MEPAG, con particolare attenzione al tema "follow the water", ovvero alla ricerca dell'acqua su Marte in qualunque forma, ed alla ricostruzione dell'evoluzione della quantità e dello stato dell'acqua nel corso delle ere geologiche.</p> <p>Mars Express ha concluso la sua fase nominale il 18 gennaio 2006. Grazie all'ottima operatività della sonda, all'importanza dei risultati ottenuti ed alla produttività scientifica che non mostra segni di declino, la missione è stata ripetutamente estesa, ogni volta per un periodo di circa due anni. Attualmente la missione è nella sua settima estensione, che si concluderà nel dicembre 2020. ESA ha inoltre approvato una ottava fase estesa fino alla fine del 2022, e sta valutando un'ulteriore estensione fino al 2025 compatibilmente con l'esaurirsi del carburante, il deterioramento delle batterie ed il degrado della memoria di bordo.</p> <p>A bordo di Mars Express sono presenti cinque esperimenti a partecipazione italiana, ossia la suite di sensori di plasm ASPERA, la telecamera stereo HRSC, il radar sotto-superficiale MARSIS, lo spettrometro ad immagini OMEGA e lo spettrometro di Fourier PFS. Tra i risultati scientifici conseguiti dal nostro paese si ricordano la misurazione del flusso di atomi neutri trascinati dal vento solare nel processo di erosione dell'atmosfera marziana (ASPERA), la scoperta di un sistema di antichi laghi interconnessi da una falda acquifera sotterranea (HRSC), l'identificazione di un lago subglaciale sotto la calotta polare sud di Marte (MARSIS), lo studio della composizione delle calotte polari e della loro variabilità annuale (OMEGA), l'identificazione e la mappatura della presenza di metano nell'atmosfera marziana (PFS).</p>	
<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>La partecipazione in ASPERA ha riguardato il contributo alla realizzazione del Neutral Particle Imager (NPI), un sensore di atomi neutri, per il quale l'elaborazione dei dati e l'analisi scientifica si svolgono in INAF. MARSIS è stato progettato sotto la supervisione del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni dell'Università "Sapienza", e la parte digitale dello strumento è stata realizzata da Alenia Spazio (oggi Thales Alenia Space). L'INAF gestisce attualmente lo strumento, e si occupa di programmare le osservazioni ed elaborare i dati per l'analisi scientifica e l'archiviazione pubblica. Il canale visibile dello spettrometro OMEGA è stato realizzato dalle Officine Galileo (oggi Leonardo) sotto la supervisione di INAF, che ne gestisce l'elaborazione dati e l'analisi scientifica. PFS è stato progettato e parzialmente realizzato in INAF, che ancora ne ha in carico l'operatività e l'elaborazione e analisi dei dati. La sonda stessa è stata costruita dal consorzio Astrium con l'appoggio di altre aziende europee tra cui le italiane Alenia Spazio e Officine Galileo.</p>	



<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>MARSIS e PFS sono a guida italiana e realizzati in Italia, ASPERA ed OMEGA vedono un contributo di hardware dal nostro paese ed una partecipazione al team scientifico dell'esperimento, mentre ricercatori italiani partecipano all'analisi scientifica dei dati di HRSC. Le istituzioni coinvolte in questi esperimenti sono numerose e vedono una ampia partecipazione internazionale. L'esperimento ASPERA è gestito dallo Swedish Institute of Space Physics (S), e vi partecipano istituti di ricerca e università di Giappone, Regno Unito, Stati Uniti, Russia, Finlandia, Germania, Irlanda, Italia (con l'Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali di INAF), Francia e Svizzera. La stereocamera HRSC è stata realizzata sotto la supervisione della Freie Universität Berlin (D) ed è attualmente gestita dal Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (D), con la partecipazione scientifica di altre istituzioni tedesche, italiane (con l'Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali di INAF e l'Università "Gabriele D'Annunzio" di Pescara/Chieti), olandesi, austriache, finlandesi, francesi, britanniche, russe, americane e giapponesi. MARSIS è stato realizzato sotto la supervisione del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni dell'Università "Sapienza", ed è attualmente gestito dall'INAF/Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali con il contributo del Jet Propulsion Laboratory della NASA. Vi partecipano anche l'INAF/Istituto di Radioastronomia, l'Università Roma 3, l'Università "Gabriele D'Annunzio" di Pescara/Chieti e altre istituzioni accademiche di Francia, Germania e Regno Unito. Lo spettrometro a immagini OMEGA è gestito dall'Institut d'Astrophysique Spatiale (F) con la partecipazione di INAF/Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali e di altri istituti di Francia, Russia, Germania e USA. PFS è gestito da INAF/Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali con la partecipazione di Università di Padova, Università del Salento, INAF/Osservatorio di Capodimonte, CNR/Istituto di Fisica dell'Atmosfera, ed enti e università di Russia, Polonia, Germania, Francia, Spagna e USA.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Lo strumento MARSIS è stato realizzato da Alenia Spazio (oggi Thales Alenia Space). Il canale ottico dell'esperimento OMEGA è stato realizzato da Officine Galileo (oggi Leonardo). Attualmente l'industria non è coinvolta nella gestione degli esperimenti.</p>	

**A cura di:** Marco Cartacci, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma; Roberto Orosei, INAF-Istituto di Radioastronomia, Bologna

**Missione: MRO - Mars Reconnaissance Orbiter** <https://www.media.inaf.it/tag/mro/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione.</b>
<p>Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) è una sonda spaziale NASA per l'esplorazione di Marte dotata di sei strumenti per lo studio dell'atmosfera, della superficie e del sottosuolo del pianeta. MRO è stata lanciata il 12 agosto 2005 ed è entrata in orbita intorno a Marte nel marzo 2006. Nei successivi nove mesi la sonda ha ristretto e circolarizzato la propria orbita con una procedura di aerobraking. La strumentazione scientifica ha cominciato ad operare solo a partire dal novembre 2006, dopo l'apertura dell'antenna del radar <i>sounder</i> SHARAD. L'obiettivo scientifico principale di MRO è l'analisi dettagliata del pianeta Marte allo scopo di individuare un potenziale luogo di atterraggio per future missioni sul pianeta. La sonda è progettata anche per fornire alle future missioni un canale trasmissivo a banda larga tra la Terra e Marte per eseguire osservazioni di Marte ad altissima risoluzione.</p> <p>Mars Reconnaissance Orbiter ha concluso la sua fase scientifica nel dicembre 2008, dopo un anno marziano, ma era comunque previsto che continuasse ad operare per fare da relay per le missioni operanti sulla superficie di Marte presenti (Mars Exploration Rover, Phoenix) e future (Mars Science Laboratory). Dato l'ottimo stato di salute della sonda e la quantità di risultati scientifici ottenuti, l'operatività scientifica della sonda è stata prorogata per otto volte, ciascuna per la durata di un anno marziano, fino alla fine del 2020. Una nuova estensione per un ulteriore anno marziano è in corso di approvazione.</p> <p>A bordo di Mars Reconnaissance Orbiter è presente l'esperimento SHARAD, un <i>facility instrument</i> dell'ASI fornito alla NASA come <i>payload</i> della missione MRO nell'ambito dell'accordo ASI-NASA di cooperazione per il programma di esplorazione di Marte. SHARAD ha permesso di studiare la stratigrafia delle calotte polari, che è determinata dai cicli climatici del pianeta, con un dettaglio senza precedenti. Ha inoltre scoperto ghiacciai sepolti da rocce e detriti situati alle medie latitudini, che costituiscono una potenziale risorsa per l'esplorazione umana, ed ha permesso di determinare lo spessore delle colate laviche di alcuni grandi vulcani, fornendo una stima del volume delle eruzioni che le hanno prodotte.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.). Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>L'unico contributo italiano alla missione MRO, realizzato e gestito in Italia, è SHARAD (SHALLOW RADAR), un radar altimetro ad apertura sintetica a bassa frequenza in grado di penetrare nel sottosuolo, che complementa gli obiettivi scientifici di MARSIS, avendo una maggiore risoluzione spaziale per una migliore prospezione degli strati più prossimi alla superficie. SHARAD opera utilizzando onde radio con frequenze comprese tra i 10 e 30 MHz, ed ha una risoluzione verticale di 7 metri ed una profondità di penetrazione di 1 km. L'obiettivo primario dell'esperimento SHARAD è quello di mappare, in luoghi selezionati, interfacce dielettriche fino a un chilometro in profondità nel sottosuolo marziano e di interpretare questi risultati in termini di presenza e distribuzione di materiali previsti, tra cui roccia compatta, regolite, acqua e ghiaccio. In SHARAD, INAF/IRA contribuisce alla produzione dell'archivio dati pubblico per NASA e all'analisi scientifica; il PI di SHARAD è R. Seu, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni (DIET), Università "Sapienza", Roma. Le operazioni dello strumento sono gestite dal DIET e INAF/IAPS, ASI/SSDC e PDS sono parte integrante della disseminazione dei dati.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)</b>
<p>SHARAD è stato realizzato in Italia da Alenia Spazio (ora Thales Alenia Space) sotto la responsabilità del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni (DIET) dell'Università di Roma "Sapienza", che gestisce lo strumento. Il team scientifico, a guida italiana, è costituito da ricercatori italiani e statunitensi. Le altre istituzioni scientifiche italiane coinvolte sono INAF/Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica, INAF/Istituto di Radioastronomia, e Università "Gabriele D'Annunzio" di Chieti/Pescara. Le principali istituzioni americane coinvolte sono il Jet Propulsion Laboratory della NASA ed il Planetary Science Institute.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Lo strumento SHARAD è stato realizzato da Alenia Spazio (oggi Thales Alenia Space). Attualmente l'industria non è coinvolta nella gestione degli esperimenti.</p>	

**A cura di:** Roberto Orosei, INAF-Istituto di Radioastronomia, Bologna.

<p><b>Missione: OSIRIS-REx - Origins, Spectral Interpretations, Resource Identification, Security - Regolith EXplorer</b></p>	<p><a href="https://www.media.inaf.it/tag/osiris-rex/">https://www.media.inaf.it/tag/osiris-rex/</a></p>
---	--

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b></p> <p>Nell'ambito del programma New-Frontiers la NASA ha lanciato nel 2016 la missione OSIRIS-REx (Origins, Spectral Interpretations, Resource Identification, Security - Regolith EXplorer) con PI Dante Lauretta, dell'Università dell'Arizona. Obiettivo della missione è raccogliere e riportare a Terra un frammento (circa 60 g) dell'asteroide primitivo e ricco di materiale organico Bennu 1999 RQ36. I campioni, una volta raccolti, rientreranno a terra nel 2023.</p> <p>Nello specifico gli obiettivi raggiunti dalla missione sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Creare una mappatura delle proprietà globali, chimiche, e mineralogiche dell'asteroide al fine di caratterizzare la sua storia geologica e dinamica e per fornire il contesto per la raccolta del campione.</li> <li>• Documentare la struttura, morfologia, geochimica e proprietà spettroscopica del regolite nella zona di campionamento alla scala del millimetro.</li> <li>• Misurare l'effetto Yarkovsky - la forza termica che agisce sull'asteroide - su un asteroide potenzialmente pericoloso per la Terra e definire le proprietà dell'asteroide che contribuiscono a questo effetto.</li> <li>• Caratterizzare le proprietà globali integrate di un asteroide primitivo ricco di carbonio per permettere un confronto diretto con le osservazioni da terra dell'intera popolazione degli asteroidi</li> </ul> <p>Gli obiettivi futuri da raggiungere sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riportare a terra ed analizzare un campione di regolite primitivo ricco di carbonio in quantità sufficiente per lo studio della natura, storia e distribuzione dei minerali e del materiale organico di cui è composto.</li> </ul>
-----------	---

<b>b.</b>	<p><b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) .</b> <b>Principale/i contributo/i INAF</b></p> <p>L'attività italiana vede la collaborazione degli osservatori INAF-OAA, INAF-OAR, INAF-OAPd ed è di tipo scientifico per il sostegno all'interpretazione dei dati scientifici. In particolare il contributo italiano consiste nelle osservazioni da terra per la caratterizzazione spettroscopica del target, nello studio in laboratorio per l'analisi spettroscopica della superficie del target, nell'analisi delle immagini fornite dal satellite per la caratterizzazione e scelta del sito di atterraggio, nello studio sulla prevenzione della contaminazione organica dei campioni e nell'analisi dei campioni riportati a Terra.</p>
-----------	---

<b>c.</b>	<p><b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b></p> <p>Le collaborazioni sono con enti e istituti statunitensi coinvolti nella missione OSIRIS-REx. Leader della missione è University of Arizona (UoA) coadiuvata da diversi centri di ricerca ed Università statunitensi. In Europa la collaborazione principale riguarda l'Osservatorio Astronomico di Meudon a Parigi e quello di Nizza.</p>
-----------	--

<b>d.</b>	<p><b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b></p> <p>Nessuno</p>
-----------	--

**A cura di:** John Robert Brucato, INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Firenze

**Missione: Solar Orbiter—Metis,SWA,STIX** <https://www.media.inaf.it/tag/solar-orbiter/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** Operativa (attualmente in commissioning)

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b></p> <p>La missione Solar Orbiter dell'ESA ha come obiettivo lo studio del Sole, dei poli solari e dello spazio ad esso immediatamente circostante. Solar Orbiter ha un'orbita che la porterà a distanze di 0.28 A.U. dal Sole. La sonda è stata lanciata il 9 febbraio 2020 con a bordo strumenti sia per misure <i>in-situ</i> del plasma eliosferico sia per osservazioni <i>remote-sensing</i> dalla fotosfera alla corona estesa del Sole. Tra questi strumenti, INAF col supporto di ASI ha sviluppato il coronografo Metis, con contributi da Germania e Repubblica Ceca, la <i>Data Processing Unit</i> (DPU) di SWA (<i>Solar Wind Analyzer</i>), e l'algoritmo per la ricostruzione di immagini a raggi X di STIX. Dopo una fase di crociera per inserirsi nell'orbita nominale, Solar Orbiter inizierà la fase operativa a novembre 2021.</p> <p>Metis è un innovativo telescopio coronografico finalizzato all'osservazione della corona nella banda spettrale della luce visibile polarizzata, e dell'ultravioletto (UV). Metis otterrà immagini coronali monocromatiche nella riga spettrale UV Lyman-<math>\alpha</math> dell'idrogeno (HI 121.6 nm) e simultaneamente immagini polarizzate in larga banda spettrale dell'emissione continua in luce visibile (580-640 nm) diffusa dagli elettroni coronali. SWA è una "suite" di plasma composta da 4 sensori che analizzerà le principali componenti di plasma del vento solare. Il telescopio STIX rivelerà l'emissione di raggi X dei brillamenti solari</p> <p>Le osservazioni di Metis della corona, in combinazione con le osservazioni ottenute dagli altri strumenti di Solar Orbiter, permetteranno un'indagine completa sulle connessioni tra l'eliosfera e le sue origini sul Sole. Più in particolare, Metis si concentrerà sull'esplorazione delle regioni coronali la cui continua espansione genera il vento solare, e nelle quali si osserva occasionalmente la propagazione iniziale di gigantesche eruzioni coronali.</p> <p>Le questioni scientifiche affrontate da Metis, SWA e STIX sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Come si deposita l'energia nelle regioni polari dov'è generato e accelerato il vento solare veloce?</li> <li>• Quali sono le sorgenti del vento solare lento a latitudini più basse?</li> <li>• In che modo si evolve la corona e come genera le enormi espulsioni di massa coronale caratteristiche dell'attività solare?</li> </ul> <p>Metis è progettato per scoprire la natura dell'energia che accelera il vento solare e dei processi della sua deposizione nella corona. Ulteriore obiettivo è la comprensione delle continue fluttuazioni di emissione di luce osservate in corona e la valutazione del loro ruolo nell'accelerazione del vento solare verso lo spazio interplanetario. Metis inoltre valuterà l'influenza del campo magnetico sulla velocità del vento solare durante l'incanalamento del suo flusso verso l'esterno. L'osservazione ravvicinata della corona solare da diverse prospettive, inoltre, è considerata essenziale per comprendere i meccanismi che inducono l'improvvisa comparsa di gigantesche eruzioni coronali che accelerano protoni e altre particelle a velocità quasi relativistiche sul loro fronte d'urto.</p> <p>Dopo il lancio di Solar Orbiter, avvenuto il 9 febbraio 2020, Metis, SWA e STIX svolgeranno l'attività di <i>commissioning</i> alla quale seguirà la fase di crociera durante la quale solo gli strumenti <i>in-situ</i> come SWA produrranno dati scientifici. Strumenti di <i>remote-sensing</i>, come Metis e STIX, inizieranno a produrre scienza dal novembre 2021, quando inizierà la fase</p>
-----------	--

operativa della missione. La DPU gestisce i 4 sensori di SWA per l'analisi del plasma eliosferico. SWA misurerà la distribuzione di velocità di protoni, elio, elettroni e ioni minori del vento solare e rappresenta uno strumento chiave per stabilire una corrispondenza fra i rapidi cambiamenti alla base dell'atmosfera solare, osservati da remoto, e le misure in-situ del vento solare. La comunità scientifica italiana contribuirà all'elaborazione delle tecniche di ricostruzione di immagini per lo strumento STIX dedicato all'acquisizione di immagini della corona solare nei raggi X.

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>INAF-OATo ha la responsabilità scientifica del contributo italiano, finanziato dall'ASI, alla strumentazione del Solar Orbiter (Resp. Scientifico Silvano Fineschi, Co-I Metis). L'Italia è responsabile dello sviluppo dell'intero strumento Metis finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana e realizzato da un consorzio industriale (Associazione Temporanea d'Impresa) composto da OHB-Italia e Thales-Alenia Space Italy. In particolare, il contributo italiano consiste nello sviluppo della struttura opto-meccanica del telescopio, l'elettronica di controllo e alimentazione dei rivelatori e del polarimetro e nell'integrazione e test dell'intero strumento. Il consorzio scientifico guidato da INAF è responsabile delle operazioni di Metis. INAF-IAPS ha la CoPI-ship (Roberto Bruno) di SWA ed è responsabile per DPU, s/w di bordo ed EGSE e partecipa alle operazioni di SWA.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>INAF-OATo coordina un consorzio di istituti INAF (osservatori di Torino, Brera, Trieste, Arcetri, Capodimonte, Catania e Palermo) e università italiane (Università di Torino, Padova e Firenze, Palermo, e il Politecnico di Torino) che hanno concepito lo strumento Metis (PI Marco Romoli, U. di Firenze e associato INAF), e hanno collaborato con l'industria italiana alla sua integrazione e collaudo, e che sono ora responsabili per le operazioni scientifiche.</p> <p>Le collaborazioni internazionali includono il <i>Max Planck Institut für Sonnensystemforschung</i> (MPS), <i>l'Institut National de Technica Aeroespacial</i> (INTA) e la <i>Czech Academy of Sciences</i> (CAS). MPS fornisce i rivelatori per l'UV e per la luce visibile; INTA il polarimetro elettro-ottico a cristalli liquidi e CAS le ottiche del telescopio.</p> <p>INAF-IAPS ha la CoPI-ship (Roberto Bruno) di SWA ed è responsabile per DPU. In ambito nazionale l'IAPS collabora con le università della Calabria e di L'Aquila ed in ambito internazionale con: UCL-MSSL di Londra (UK) responsabile dello sviluppo di SWA e del sensore di elettroni; IRAP di Tolosa (FR) responsabile del sensore di protoni; SWRI di San Antonio (TX, USA) responsabile del sensore di ioni minori.</p> <p>L'Università di Genova (Co-I Michele Piana) ha sviluppato gli algoritmi per la ricostruzione di immagini a raggi X di STIX che è stato sviluppato presso l'Università di Scienze Applicate della Svizzera nordoccidentale</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Metis è stato sviluppato da un consorzio di industrie italiane: la OHB – Italia e la Thales-Alenia Space Italy. ALTEC ospita la <i>Optical Payload Systems (OPSys) facility</i> dell'INAF-OATo, dove è stato integrato e calibrato Metis. ALTEC è ora coinvolta nello sviluppo della <i>data reduction pipeline</i> di Metis. La DPU di SWA è stata sviluppata da una RTI, della quale fanno parte la TSD (Pozzuoli), la Planetek Italia (Bari), la SITAEL (Bari) e la Leonardo (Taranto), in collaborazione con INAF-IAPS.</p>	

A cura di: Silvano Fineschi, INAF-Osservatorio Astrofisico di Torino; Roberto Bruno, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma



## **Missione: AGILE - Astrorivelatore Gamma ad Immagini LEggero**

<https://www.media.inaf.it/tag/agile/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** operativa

### **a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione.**

La missione spaziale AGILE è un concentrato di scienza e tecnologia italiana progettato per lo studio dell'universo alle più alte energie. AGILE è specializzato per osservare l'universo nei raggi gamma e per la rilevazione simultanea di raggi gamma e X duri. Il satellite italiano è in orbita dal 2007 e ha osservato il cielo in varie modalità, sia a "puntamenti" che in "scanning mode" ottenendo una mappatura completa del cielo gamma e della nostra Galassia. Sono state rivelate centinaia di sorgenti (sia galattiche che extra-galattiche) che includono pulsar e pulsar wind nebulae, microquasar, sistemi binari con buchi neri e stelle di neutroni, stelle anomale (Eta Carinae), resti di Supernovae, galassie attive di tipo FSRQ e BL Lac, lampi gamma cosmici (gamma-ray bursts, GRBs) e lampi gamma terrestri (Terrestrial Gamma-Ray Flashes, TGFs). AGILE ha dato un contributo fondamentale alla comprensione di questi sistemi, rivelando fenomeni unici soprattutto nella banda di energia intorno a 100 MeV, e ha fatto diverse scoperte sorprendenti. Tra i risultati scientifici più importanti ci sono: (1) la scoperta nel settembre 2010 di emissione gamma variabile dalla Nebulosa del Granchio - Crab Nebula - (fino ad allora considerata la sorgente costante di riferimento per l'astrofisica X e gamma) che dimostra l'esistenza di un nuovo meccanismo di accelerazione alle altissime energie limitato dalla reazione di radiazione; (2) la prima evidenza diretta dell'origine dei raggi cosmici adronici in Resti di Supernova (SNR) con la determinazione dello spettro di emissione gamma prodotto da pioni neutri da reazioni protone-protone; (3) la rivelazione di emissione gamma transiente con caratteristiche inattese da parte di numerose galassie attive (blazar) incluso il blazar 3C454.3 (attualmente la sorgente gamma transiente più intensa mai rivelata intorno al GeV) e numerosi altri; (4) la scoperta di emissione gamma transiente in coincidenza con la produzione di getti relativistici da parte del microquasar Cygnus X-3; (5) l'emissione gamma della PWN associata alla Vela pulsar; (6) l'individuazione di numerosi transienti gamma galattici (tra cui la sorgente gamma AGL J2241+4454 che ha portato alla recente scoperta del primo sistema di buco nero binario con stella compagna di tipo Be a bassissima emissione X, MWC 656); (7) la rivelazione di emissione prompt pseudo-termica e poi fortemente non-termica per una classe di GRB-corti; (8) il monitoraggio di decine di microquasar e sorgenti galattiche rivelate nella banda X-dura; (9) la mappatura gamma delle galassie ad alta risoluzione nella banda 100 MeV – 1 GeV; (10) la rivelazione di centinaia di lampi gamma terrestri (TGF) e la scoperta di emissione fino a 50 MeV e oltre. Attualmente la missione AGILE ha un ruolo di primo piano nella ricerca di sorgenti transienti X e gamma quali controparti di sorgenti di onde gravitazionali e di fast radio burst (FRB).

### **b. Principali contributi Italiani alla missione (e.g. Hardware, software, ecc..). Collaborazioni con Università ed altri Enti. Principali contributi INAF.**

Il progetto AGILE nasce nel 1997 in seguito a un bando dell'Agenzia spaziale italiana (ASI) per «Piccole Missioni» scientifiche. E' finanziato e gestito dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), con la co-partecipazione programmatica e scientifica dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), e di varie università e centri di ricerca tra cui l'ENEA ed il CIFS. Lo sviluppo dello strumento ha visto i laboratori del CNR, INFN e poi INAF in primo piano per la realizzazione dei rivelatori principali e dell'architettura di sistema. Lo strumento scientifico di AGILE contiene quattro rivelatori altamente sofisticati: un tracciatore al silicio (sensibile alle energie gamma 30 MeV – 30 GeV), un rivelatore a maschera codificata per raggi X-duri molto compatto (Super-AGILE, sensibile alle energie 18-60

keV), un sistema di barre scintillanti allo ioduro di cesio (Mini-calorimetro, sensibile alle energie 0.4-200 MeV) e un sistema di scintillatori plastici per eliminare il fondo esterno di particelle (Anticoincidenza). Il tracciatore al silicio, sviluppato nei laboratori INFN, è basato su rivelatori con lettura “analogica” dei segnali che permette di ottenere immagini del cielo gamma ad alta risoluzione. Super-AGILE è stato realizzato da INAF come anche il Mini-Calorimetro (in collaborazione con la Thales-Alenia Space Italia (ex Laben) e l’Anticoincidenza. Il gruppo scientifico di AGILE (comprendente diversi istituti del CNR - poi INAF - di Milano, Bologna e Roma, le sezioni INFN di Trieste, Roma-1 e Roma-2, e le Università di Trieste, Roma Tor Vergata e “Sapienza”) è stato coordinato dal Principal Investigator (PI) – Marco Tavani - e da un Comitato Scientifico. L’ASI ha svolto la gestione della missione e dei contratti affidati all’industria. Lo sfruttamento scientifico dei dati di AGILE e il programma di Guest Observer Program è stato regolato con ASI tramite un Science Management Plan. La base di terra per la trasmissione dati è la base ASI di Malindi in Kenia. L’archivio dati della missione e l’interfaccia con la comunità scientifica, nazionale e internazionale, è gestito dall’ASI Science Space Data Center (ASI-SSDC). L’analisi dei dati gamma e X è molto veloce ed efficiente e molte delle scoperte di AGILE sono attribuibili alla velocità ed efficienza del segmento di terra. Lo strumento è il più compatto e leggero realizzato per l’astrofisica delle alte energie (equivalente a un quarto di metro cubo) ed è basato su elettronica sofisticatissima a basso consumo (dissipa come una lampadina da 60 Watt).

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**

AGILE si inserisce nella tradizione italiana di leadership in fisica e astrofisica delle alte energie e ha beneficiato dello sviluppo di rivelatori per la fisica delle particelle prodotti nei nostri laboratori e delle competenze spaziali acquisite da ricercatori e industria nazionale. L’Italia è attualmente leader indiscussa di rivelatori allo stato solido applicati alla fisica e astrofisica. Il Team AGILE ha sviluppato tecniche di controllo e utilizzo di rivelatori al silicio che hanno permesso sia i successi di AGILE che gli sviluppi futuri per prossime missioni spaziali. Il Team è fortemente collegato con gruppi internazionali per attività scientifiche che coprono tutti i temi fondamentali della missione. In particolare, collaborazioni molto produttive si sono realizzate con gruppi europei (Max Planck, CeA di Parigi, Univ. di Barcellona, DTU Danimarca, University of Bergen) e gruppi russi (Joffe Institute di San Pietroburgo e Lebedev Institute di Mosca) e giapponesi (Univ. Nagoya). Di grande importanza sono le collaborazioni con la comunità scientifica americana che includono numerosi gruppi (Columbia University, MIT, Stanford University, University of California, NASA). Inoltre, il Team AGILE collabora quotidianamente con molti gruppi di esperimenti spaziali e da terra (*Swift*, *Fermi*, *MAGIC*, *VERITAS*, *HAWC*, *LIGO-Virgo*, *GRAWITA*) .

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Le industrie italiane coinvolte sono Compagnia Generale per lo Spazio (CGS, ex Carlo Gavazzi Space), Rheinmetall Italia (RHI, ex Contraves), Thales-Alenia Space Italia (TAS-I, ex Laben), Telespazio, GALILEO Avionica e Mipot. L’industria nazionale ha svolto attività di sistema e di integrazione finale dello strumento oltre che di realizzazione della piattaforma del satellite e del sistema di segmento di terra. Le industrie nazionali coinvolte hanno lavorato sotto l’egida di un Raggruppamento Temporaneo di Impresa coordinato da CGS. Attualmente le operazioni di satellite sono gestite da Telespazio.

**A cura di:** Marco Tavani, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

## Missione: Chandra X-ray Observatory

<https://www.media.inaf.it/tag/chandra/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** Operativa

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa/post-operativa, tempistica per le missioni in fase di studio e di realizzazione.**

L'osservatorio per raggi X *Chandra* (CXO) fa parte della flotta dei "Grandi Osservatori" della NASA, che comprende anche l'Hubble Space Telescope (NASA/ESA). Nato come AXAF (Advanced X-ray Astrophysics Facility), una volta messo in orbita il 23 luglio 1999 dallo shuttle Columbia della NASA durante la missione STS-93, la prima comandata da una donna, prende il nome *Chandra* in onore del Premio Nobel Subrahmanyan Chandrasekhar. La durata prevista della missione era di tre anni, con un goal di 5: nel dicembre 2019 è stato celebrato il 20esimo anno di operazioni con un congresso dedicato. A seguito di un'eccellente revisione anche nella Senior Review 2018, la NASA ha confermato l'estensione della missione fino al 2030. Il cuore della missione è il suo telescopio che contiene uno specchio di altissima qualità (High Resolution Mirror Assembly): la bassissima rugosità e la rigidità dello specchio ne fanno la miglior ottica per raggi X oggi esistente. Il complesso dei 4 specchi concentrici pesa più di una tonnellata ma permette di ottenere una risoluzione di circa 0,5", almeno otto volte migliore di qualsiasi precedente telescopio per raggi X. Gli strumenti principali sono la High Resolution Camera (HRC) e lo Advanced CCD Imaging Spectrometer (ACIS). HRC è formato da due rivelatori a piatto di microcanali (HRC-I e HRC-S): ha la miglior risoluzione spaziale ( $< 0,5''$ ) e temporale (16  $\mu$ sec) e il maggiore campo di vista (HRC-I: 31'x31') disponibile su *Chandra*. ACIS è formato da due schiere di CCD, la prima, ACIS-I, ottimizzata per un grande campo di vista (16'x16') e l'altra (ACIS-S) ottimizzata per la lettura del Grating di alta energia. I due grating (HETG e LETG, high- [0,4-10 keV] e low-energy [0,07-0,2 keV] transmission gratings) possono essere inseriti tra lo specchio e il rivelatore per spettroscopia ad alta risoluzione di sorgenti brillanti. LETG, usato di norma in combinazione con HRC-S, ha il più alto potere risolutivo di *Chandra*:  $E/\Delta E > 1000$ .

CXO è aperto alla comunità mondiale per osservazioni, attraverso un sistema di *peer review* che accetta proposte ogni anno (ora siamo all'AO22). La gran parte del tempo osservativo è assegnata a richieste "General Observer", con programmi che possono essere suddivisi, se necessario, anche su più anni. I programmi più lunghi: Large (400-1000 ksec) e Very Large ( $>1$  Msec) sono giudicati con una procedura più complessa che li valuta anche a confronto con gli altri temi di ricerca. È anche possibile richiedere osservazioni pre-approvate di Target-of-Opportunity che implicano un evento "trigger", non noto a priori. Inoltre è possibile richiedere contestualmente tempo di osservazione congiunto e coordinato su altri grandi strumenti, da XMM-Newton dell'ESA/NASA a NuStar (NASA) a strutture radio (gestite da NRAO) o ottiche (gestite da NOAO). Per richieste non prevedibili e urgenti è riservata una piccola quota di tempo in capo al Direttore. Le operazioni dell'osservatorio sono affidate allo Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO, Cambridge, Mass. USA) che opera anche il *Chandra* X-ray Center (CXC) a cui è affidata la pianificazione e il supporto delle osservazioni, la calibrazione e l'archivio dei dati, il supporto all'analisi e agli utenti, la diffusione e divulgazione al pubblico dei risultati. Per tutte queste attività la NASA ha già assegnato il budget a SAO fino al 2024.

Il numero di programmi approvati per anno (~200) e la loro lunghezza media (120 ksec) sono più o meno costanti durante gli anni, con alcune variazioni importanti, soprattutto durante le prime richieste per VLP. Circa 400 articoli ogni anno vengono pubblicati utilizzando i dati di *Chandra*, per un totale che ha già superato i 7500, con un totale di 340 000 citazioni. Gli obiettivi scientifici della missione *Chandra* sono di determinare la natura degli oggetti celesti, dalle stelle ai quasar, misurandone la struttura e le proprietà nella banda di alta energia; di comprendere la natura dei processi fisici che

avvengono all'interno o all'esterno delle sorgenti astronomiche e di studiare la storia e l'evoluzione dell'Universo. I raggi X vengono prodotti da processi termici e non termici in situazioni molto diverse e estreme, che vanno da una gravità elevata con accrescimento di materia su oggetti compatti a gas otticamente sottile ma molto caldo nelle strutture più grandi che si conoscano nell'Universo. Risultati rivoluzionari sono stati ottenuti in tutti i campi affrontati, grazie soprattutto alla sua inarrivabile risoluzione spaziale. Alcuni esempi: nella nebulosa di Orione il satellite ROSAT, con la miglior risoluzione spaziale prima di **Chandra**, aveva individuato circa 70 sorgenti singole, mentre **Chandra** ne trova più di 1000, stelle di tutti i tipi spettrali, dalle piccole stelle M e dalle nane brune, fino alle supergiganti O e B. Per la prima volta sono stati fotografati i getti di emissione dei nuclei galattici attivi, la cui composizione non è ancora del tutto nota. Lo studio dell'emissione del gas caldo su un vasto volume negli ammassi di galassie ha permesso di determinarne le proprietà idrodinamiche e termodinamiche, di misurare l'abbondanza dei metalli e la frazione barionica e verificare la presenza di materia oscura. Una delle più ricche miniere di scoperte sono i campi profondi, osservazioni di diverse settimane dello stesso francobollo di cielo: fino a 7 Msec nel **Chandra** Deep Field South. La densità di sorgenti nella zona centrale dell'immagine corrisponde a un miliardo di sorgenti in tutto il cielo. La maggior parte delle sorgenti X è dovuta alla presenza di buchi neri supermassicci (SMBH) a distanze cosmologiche, fino a meno di un miliardo di anni dopo il Big Bang, dati fondamentali per capire come si sono formate le galassie e i loro nuclei. Non possiamo non ricordare l'osservazione di uno degli eventi più spettacolari di questi ultimi anni, in cui l'Italia ha avuto grande peso, la chilonova prodotta dalla fusione di stelle di neutroni che ha generato un'onda gravitazionale: Chandra ha osservato la sorgente X prodotta dall'evento poco più di due giorni dopo, un tempo di reazione velocissimo per uno strumento di questo tipo. In occasione del ventesimo anniversario della missione, ne sono stati raccolti alcuni "numeri" caratteristici, tra cui ricordiamo i 14 metri di lunghezza dello strumento, i 3,6 milioni di righe di codice scritte per gestire il telescopio e analizzare i dati e i 2,4 miliardi di chilometri già percorsi in un'orbita che impiega meno di 64 ore a fare il giro del mondo.

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. hardware, software, etc..)</b> <b>Principale/i contributo/i INAF</b>
L'Italia non ha partecipato ufficialmente alla progettazione e costruzione e non partecipa alla gestione della missione. Tuttavia l'eredità e la scuola di Riccardo Giacconi e Pippo Vaiana portano a un continuo scambio di studenti e <i>visiting scientist</i> tra Italia e USA, in particolare con SAO. Da questa collaborazione nasce il laboratorio XACT, appositamente allestito dall'Osservatorio Astronomico di Palermo, che calibra, ridisegna e verifica i filtri per HRC, ed è attivo per R&S e come servizio per la comunità astronomica nelle misure di astronomia X. L'attività di calibrazione frutta, anche se non in modo formale, una frazione di tempo riservato per l'osservazione di sorgenti stellari. Altro contributo fondamentale a cui gli italiani partecipano sono i panel di assegnazione del tempo di telescopio in cui vengono sempre selezionati degli italiani (di norma tra 5 e 10 persone per ogni AO) spesso anche in ruoli di responsabilità (Chair, Pundits). È un'opportunità per molte donne italiane: CXC è un "equal opportunity employer" e per equilibrare il numero di donne nei panel ricorrono a quei paesi che ne sono più ricchi, tra cui appunto l'Italia.	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)</b>
Le collaborazioni internazionali su dati <b>Chandra</b> sono molto attive ed il numero di proposte con PI italiano accettate sono circa il 4% del totale (in numero e in tempo di osservazione). Il numero di studenti di Dottorato e Post-Dottorato italiani che abbiano fatto esperienza utilizzando dati <b>Chandra</b> e visitandone il centro di eccellenza è difficile da stimare ma sicuramente elevato. Molti di questi hanno poi avuto l'opportunità di fermarsi a collaborare direttamente negli USA.	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano</b>
Non c'è stato coinvolgimento industriale italiano diretto.	

A cura di: Anna Wolter, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, Milano

## Missione: Cheops - Characterising ExOPlanet Satellite

<https://www.media.inaf.it/tag/cheops/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** operativa

### a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione

La scoperta, 25 anni fa, di 51 Peg b, il primo pianeta in orbita attorno a una stella diversa dal Sole, ha valso il **Premio Nobel 2019** per la Fisica ai suoi scopritori: gli astronomi **Michel Mayor e Didier Queloz**. Dal 1995 in avanti, grazie a strumenti sempre più sensibili, i ricercatori hanno scoperto più di 4000 esopianeti. È in questo scenario che si colloca la missione CHEOPS.

CHEOPS – *Characterising ExOPlanet Satellite* - è un piccolo satellite per lo studio dei pianeti extrasolari. Proposto nel 2012 in risposta a un bando dell’Agenzia Spaziale Europea (ESA) nell’ambito del programma *Cosmic Vision 2015-2025*, è stato selezionato tra decine di progetti in competizione.

Il satellite è dedicato alla caratterizzazione di esopianeti di piccole dimensioni transitanti, per mezzo di studi fotometrici di altissima precisione di stelle brillanti già note per ospitare sistemi planetari. Per raggiungere i suoi obiettivi, CHEOPS è stato progettato per misurare segnali fotometrici con una precisione di 20 ppm in 6 ore di tempo di integrazione per un stella di magnitudine  $V=9$  e 85 ppm in 3 ore di integrazione per una stella di magnitudine  $V=12$ .

Il satellite, alto 1.5 metri e con una base esagonale di massima larghezza 1.6 metri, pesa 280 chili, incluso il propellente. Esso porta a bordo un telescopio in montatura Ritchey-Chrétien, con specchio principale di 32cm di diametro e rapporto focale  $f/8$ . Il telescopio fornisce un'immagine stellare fuori fuoco sul piano focale dove è registrato da un rivelatore CCD Teledyne e2v con  $1024 \times 1024$  pixels e pixel pitch di 13  $\mu\text{m}$ , raffreddato a 233 K con una stabilità di 10 mK.

I principali driver di progettazione sono stati legati alla compattezza del sistema ottico e alla capacità di minimizzare la luce diffusa. L'orbita operativa nominale di CHEOPS è polare eliosincrona (SSO) con un'altitudine di 700 km e un'ora locale del nodo ascendente (LTAN) di 6 am; l'inclinazione dell'orbita è di circa  $98^\circ$  e il periodo orbitale è di 100 min. La durata nominale della missione è di 3,5 anni, con una possibile estensione a un totale di 5 anni abilitata da un dimensionamento appropriato del budget dei materiali di consumo. CHEOPS è stato posto in orbita da un vettore Soyuz, il 18 dicembre 2019. Completato in tre mesi il *commissioning*, durante il quale è stato possibile verificare che le prestazioni sono eccellenti e in alcuni casi migliori di quanto atteso, Cheops ha iniziato in Aprile 2020 la fase di acquisizione di dati scientifici che nominalmente durerà fino all'autunno del 2023.

CHEOPS è una missione di follow-up: osserverà più di 7mila stelle nei suoi 3 anni e mezzo di durata nominale. Il programma scientifico è incentrato sulla scienza dei pianeti extrasolari e mira ad ottenere un set di dati unici che ci consentiranno di affinare la comprensione dei meccanismi che portano alla formazione planetaria e di come i sistemi planetari evolvano. Gli obiettivi principali della missione sono: *i)* formulare un modello universale per la formazione dei sistemi planetari, e *ii)* esplorare ulteriormente la diversità dei sistemi planetari. Inoltre, per molti pianeti di cui è stata già misurata la massa, CHEOPS fornirà la misura accurata della dimensione. In questo modo sarà possibile determinare la densità e quindi la struttura interna di questi pianeti ovvero capire se essi siano rocciosi, gassosi o di ghiaccio e quindi stabilire se vi siano condizioni tali da ospitare la vita.



La stazione di controllo del satellite (*Mission Operation Center*) si trova a Madrid, mentre il centro di raccolta ed elaborazione dei dati (*Science Operation Center*) si trova a Ginevra, da dove saranno smistati a tutti gli scienziati che lavorano al progetto. Un archivio di back-up (*mirror archive*) per i dati scientifici si trova all'ASI SSDC.

**b. | Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) .  
Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

L'Italia ha un ruolo di primaria importanza in Cheops, sia per il contributo allo strumento sia per l'apporto scientifico. I ricercatori dell'INAF - Osservatorio Astrofisico di Catania e Osservatorio Astronomico di Padova – hanno elaborato il progetto ottico del telescopio, e affiancato l'industria selezionata dall'ASI – un raggruppamento di imprese formato da Leonado SrL (capofila), Thales Italia e MediaLario – per la realizzazione degli specchi, dell'ottica di back-end, e per le operazioni di integrazione, allineamento e test del telescopio, il cui modello di volo è stato consegnato al Consorzio Cheops – capitanato dall'Università di Berna – nel maggio del 2017.

Il team INAF ha inoltre contribuito in modo originale a tutte le fasi di preparazione scientifica del telescopio di Cheops: scrittura dei requisiti scientifici, loro trasposizione in requisiti tecnici, e loro verifica; elaborazione del modello e delle analisi per la luce diffusa, i cui requisiti sono molto stringenti; studio delle prestazioni ottiche dello strumento e contributo alla realizzazione e validazione delle procedure di riduzione dati. Infine, in collaborazione con colleghi dell'Università di Padova, e con il team scientifico del consorzio Cheops, i ricercatori INAF hanno partecipato alla formulazione e preparazione del programma scientifico su tempo garantito (80% del tempo osservativo). Tutto è adesso pronto per ricevere i dati e procedere con la loro analisi e interpretazione.

**c. | Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

La missione Cheops nasce dalla collaborazione di scienziati e ingegneri, istituti di ricerca, università e industrie, di undici paesi europei guidati dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e dalla Svizzera. L'Italia è partner del Consorzio Cheops, il cui PI è Willy Benz dell'Università di Berna. Membri del Board del Consorzio Cheops Sono Isabella Pagano (INAF-OACT) e Roberto Ragazzoni (INAF-OAPD). Membri dello Science Team Cheops sono Valerio Nascimbeni (INAF-OAPD), Giampaolo Piotto (UNIPD), e Gaetano Scandariato (INAF-OACT).

**d. | Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Un raggruppamento temporaneo di imprese costituito da: Leonado SrL (capofila), Thales Italia e MediaLario. Coordinamento manageriale ASI e supporto scientifico INAF.

**A cura di:** Isabella Pagano, INAF-Osservatorio Astrofisico di Catania



<b>Missione: Fermi Observatory -LAT</b>	<a href="https://www.media.inaf.it/tag/fermi/">https://www.media.inaf.it/tag/fermi/</a>
---	---

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
-----------	---

Fermi è stato lanciato nel giugno 2008 e la missione ha superato brillantemente l'ultima senior review della NASA che ha approvato la continuazione fino a tutto il 2022. La missione non ha consumabili a bordo e, dal punto di vista tecnico, può continuare la sua vita operativa ancora per diversi anni. INAF partecipa alla gestione dello strumento LAT, a bordo di Fermi, ed alla relativa analisi dei dati. Scopo della missione, che rivela fotoni gamma con energia superiori a qualche decina di MeV, è lo studio del cielo delle alte energie. Grazie al modo operativo survey, la missione copre l'intera volta celeste ogni 3 ore permettendo di evidenziare, e poi seguire, eventi transienti molto comuni a queste energie. L'emissione gamma di molte galassie attive è violentemente variabile ma anche diverse sorgenti della nostra galassia mostrano episodi di spiccata variabilità di non sempre facile interpretazione.

Fermi LAT ha rivoluzionato il panorama mondiale dell'astronomia gamma moltiplicando di oltre un fattore 10 il numero delle sorgenti gamma. Il catalogo delle oltre 5.000 sorgenti rivelate da Fermi LAT è dominato dagli AGN. All'interno della nostra Galassia, i pulsar sono la classe dominante con oltre 250 oggetti, metà dei quali sono msec PSR mentre l'altra metà è rappresentata da pulsar giovani equamente divisi tra quelli che hanno emissione radio e quelli che invece sono radio-quieti e sono stati scoperti dal Fermi LAT grazie alla loro emissione gamma. Inoltre, il grande campo di vista del rivelatore LAT rende lo strumento particolarmente adatto alla ricerca delle controparti di onde gravitazionali. Fermi LAT è anche un anello fondamentale nella ricerca delle sorgenti responsabili dell'emissione di neutrini di alta energia come è avvenuto nel caso del neutrino di alta energia IC-170922A proveniente da una regione di cielo contenente la galassia attiva *TXS 0506+056* che i dati di Fermi LAT rivelavano essere in flare.

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri enti di ricerca, Università, etc... Principale/i contributo/i INAF</b>
-----------	--

INFN ha partecipato alla costruzione del Tracker, ha contribuito al software di analisi delle particelle cariche rivelate dal Tracker, oltre che al software di calibrazione dell'energia dei fotoni gamma. INAF ha dato, e continua a dare, un contributo fondamentale all'interpretazione astrofisica dei dati gamma con particolare riguardo allo studio delle sorgenti non identificate ed alla modellizzazione delle diverse classi di sorgenti che emettono raggi gamma di alta energia. Rilevante il contributo INAF alle osservazioni multi-lunghezza d'onda sia nei raggi X (e.g. per lo studio delle controparti di pulsar visti in raggi gamma), sia in radio per lo studio ed il monitoraggio di AGN. Partecipiamo anche alle campagne di ricerca di controparti di onde gravitazionali e di neutrini di alta energia.

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
-----------	--

Fermi è una missione NASA con importanti contributi da Italia, Francia, Giappone, Svezia. L'Italia partecipa con INAF, INFN ed ASI che, oltre a finanziare i gruppi di ricerca INAF ed INFN, fornisce supporto attraverso SSDC.

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
-----------	--

Non c'è coinvolgimento industriale in questa fase della missione

**A cura di:** Patrizia Caraveo, INAF-Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica, Milano

## Missione: Gaia

<https://www.media.inaf.it/tag/gaia/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia (forti connessioni con la Fisica del Sistema Solare); **Fase:** operativa

### a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti

La missione **Gaia** dell'ESA è uno dei progetti principali della comunità astronomica Europea. La sua finalità principale è quella di rivoluzionare la conoscenza della nostra Galassia come prodotto Cosmologico per mezzo di osservazioni astrometriche e spettro-fotometriche ripetute nel tempo di tutti gli oggetti della volta celeste rivelabili fino alla magnitudine G(aia) di 20.7 (una banda vicina alla R di Johnson-Cousin). In particolare, la precisione senza precedenti delle osservazioni astrometriche di Gaia permette la misura assoluta delle proprietà astrometriche (coordinate, parallassi e moti propri) di ciascuno degli oggetti raggiunti dalla survey. **Gaia**, lanciata nel dicembre 2013, ha iniziato le operazioni scientifiche nell'estate del 2014. La presa dati continuerà fino alla fine del 2020, grazie all'estensione di 1,5 anni concessa dall'ESA ai 5 anni previsti dal piano missione originale. **L'errore sulla parallasse a fine missione**, ovvero dopo processamento globale della totalità dei dati ( $10^{12}$  osservazioni!) accumulati per 6,5 anni, è previsto in **9-25  $\mu$ as** a  $R=15$ , a seconda del colore, per distanze individuali al meglio del 10% fino a 10 kpc. **Le misure simultanee con spettro-fotometro e spettrografo high-res** forniscono velocità radiali (al meglio delle centinaia di metri al sec) e fotometria multibanda calibrata ( $\sim 0.001$  mag) di alta qualità. Se la maggior parte degli oggetti della survey Gaia è composta di stelle della Via Lattea (VL), alcune centinaia di milioni sono extragalattici (es., stelle delle galassie nane nell'alone esterno della VL e delle Nubi di Magellano, diverse centinaia di migliaia di QSO fino a  $z=2-3$ ) e milioni di nuovi asteroidi del Sistema Solare. Naturalmente, le caratteristiche appena illustrate sono la conseguenza degli **obiettivi scientifici primari** della missione così come furono definiti dal **Gaia Science Team** che portò all'approvazione della missione ovvero: **Origine ed Evoluzione Chimico-Dinamica della Via Lattea e delle Sue Popolazioni** (*Astron. Astrophys.*, 2001,369, 339). Tuttavia, era già chiaro allora la **rivoluzione** che **Gaia** apporterà nei campi della **Fisica Fondamentale** (Sistemi di Riferimento e Teorie della Gravitazione), della **Verifica Locale delle Teorie Cosmologiche** (bulge, disco spesso ed alone vicino in conte  $\Lambda$ CDM), della Scienza dei **Pianeti Extrasolari** (Mem. S.A.It., 2012, 83, 1033) e dei **corpi minori del Sistema Solare**. **Gaia** entrava in fase operativa nel luglio 2014, dopo una prolungata messa a punto in orbita ("science verification") determinata da alcune importanti anomalie riscontrate. Nonostante queste difficoltà iniziali e grazie alla capacità del Consorzio di Riduzione ed Analisi Dati Europeo (DPAC, vedi la sezione b.) di adattare le proprie pipelines, il DPAC è riuscito a riportare la qualità dei risultati in larga parte in linea con le aspettative originali. Grazie a tutto questo impegno, la seconda edizione del Catalogo Gaia, Gaia Data Release 2 (**GDR2**), è stata **rilasciata nel 2018** con astrometria e fotometria bi-colore di più di  $1,5 \cdot 10^9$  oggetti, velocità radiali per qualche  $10^6$  stelle, più di  $5 \cdot 10^5$  variabili classificate (tra cui Cefeidi e RR-Lirae) e astrometria per circa  $1,4 \cdot 10^4$  asteroidi. Le proprietà della GDR2 ed i primi risultati raggiunti su alcuni casi scientifici "dimostratori" sono stati raccolti nel volume A&A no. 616 (2018). Nonostante GDR2 abbia processato solo 22 mesi di dati, l'impatto sulla comunità astronomica mondiale è già formidabile. Per darne conto basti dire che nell'ultimo anno sono stati pubblicati **~250 articoli/mese su riviste internazionali referate che utilizzano la DR2**. Al momento è in produzione la **GDR3** che processa 34 mesi di dati. Previste **due edizioni**: la E(early)DR3, in uscita verso fine **2020**, conterrà nuova astrometria per gli oltre 1.5 miliardi di oggetti della DR2; la GDR3 completa nel **2021**, con nuove velocità radiali, fotometria multibanda e classificazione astrofisica. Dettagli e aggiornamenti al link [www.cosmos.esa.int/web/gaia/release](http://www.cosmos.esa.int/web/gaia/release).

### b. Principali contributi Italiani alla missione (e.g. hardware, software, etc.) .

**Gaia** è una missione con 'payload' realizzato sotto controllo ESA, ovvero non acquisito via PI nazionali. Responsabilità esclusiva della comunità scientifica è la riduzione ed analisi dati affidata al

consorzio **DPAC** attraverso la stipula di un MLA tra ESA e le Agenzie Partecipanti, e che ha richiesto la costituzione di PI-ship nazionali per la sua realizzazione. **In Italia**, la partecipazione avviene via un accordo ASI-INAF primario: allo sforzo finanziario dell'ASI corrisponde un contributo equivalente INAF con FTE di proprio personale. A questo si aggiungono un contratto industriale (alla **ALTEC**, To) per la realizzazione e le operazioni dell'Infrastruttura (HW e SW) del Data Processing Center Italiano (**DPCT**; si veda più avanti e la sezione *d*) e altro accordo ASI-INAF per il **Gaia Team** presso l'**SSDC**. Otto strutture INAF contribuiscono alla fase operativa della missione: OAS, OACt, OANa, OARm, OATe, OAFi, OAPd e OATo. Il totale del contributo Italiano è di **45 FTE/anno**, distribuite su circa **70 unità di personale** tra staff permanente ed a contratto, a testimonianza della fase molto intensa di produzione dei risultati. L'Italia ha realizzato ed opera il DPCT, uno dei 6 Centri di Processamento Dati che costituiscono il Gaia Science Ground Segment. Inoltre, ha realizzato ed opera presso l'**SSDC** (ASI, Roma) uno dei 4 **GaiaPortal** per la distribuzione ed il 'mining' dei cataloghi rilasciati dal DPAC, così da supportare efficacemente lo sfruttamento scientifico dei dati Gaia dalla comunità Nazionale. Infine, partecipiamo fin dal "commissioning" iniziale al monitoraggio e valutazione dello stato del Payload e della qualità dei dati tramite il coinvolgimento, all'interno del gruppo dei Payload Experts, con tre ricercatori e tecnologi INAF. In particolare, limitandoci alle attività per la DR2, i principali contributi Italiani INAF, sono stati: **i)** il SW di pipeline ed analisi sviluppato ed integrato (al DPC di Ginevra) dai gruppi **Gaia** di **OAS** (Clementini) e **OANa** (Ripepi) per estrazione e caratterizzazione dalle osservazioni fotometriche di **Gaia** di variabili Cefeidi, RR-Lirae; **ii)** la libreria delle Standard Spettrofotometriche (SPSS) e del SW (integrato presso il DPC di Cambridge) per la calibrazione assoluta del sistema spettro-fotometrico (magnitudini in banda G/BP/RP e spettri low-res BP/RP) da parte dei teams di **OAS** (Montegriffo) e **OAFi** (Pancino); **iii)** verifica giornaliera e di medio periodo delle prestazioni astrometriche del payload di **Gaia** sia sul piano focale che al livello della stabilità delle linee di vista dei due telescopi utilizzando gli output delle pipeline giornaliere di controllo e calibrazione del Payload, **AIM** and **BAM** del sistema **AVU** (in produzione al DPCT), in produzione presso il DPCT (Busonero, Riva); **iv)** la messa in produzione e le operazioni del GaiaPortal all'**SSDC** (Marrese); **v)** Il raggiungimento della soluzione astrometrica globale dimostrativa col SW di soluzione della sfera celeste relativistica **GSR-AVU** e il suo passaggio in ambiente operativo al DPCT (Bucciarelli, Vecchiato); **vi)** SW di pipeline e analisi sviluppato presso OAFi (Dell'Oro), e integrato al DPCC presso il CNES di Tolosa, per la produzione dei dati astrometrici di asteroidi.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)**

**Gaia** ha dato modo alla comunità Italiana di sviluppare ulteriormente la propria rete di collaborazioni internazionali, soprattutto in Europa. I centri INAF prima citati lavorano con i più importanti Istituti e Centri di Ricerca in BE, FR, DE, UK, ES e CH. Grazie a INAF e ASI, l'Italia è il secondo contributore del DPAC. Sono Italiani uno dei membri del **Gaia Sc. Team** (Randich, OAFi), il DPAC Deputy Chair (Vallenari, OAPd), i vice/membri dei comitati direttivi delle Coordination Units CU3 (Lattanzi, OATo), CU4 (Cellino, OATo) e CU5 (Cacciari, OAS e Pancino, OAFi).

**d. Coinvolgimento industriale italiano**

Dalla partnership ASI-INAF è nato il DPCT che ha richiesto il coinvolgimento della **ALTEC**, azienda di punta del settore. L'INAF-OATo e la ALTEC (per ASI) hanno realizzato ed operano il DPCT, installato presso l'azienda Torinese. Il DPCT è il più grande centro di dati spaziali per le scienze dell'Universo da sempre in Italia, uno dei più avanzati d'Europa, con un DBMS di 1.5 PTB su tecnologie Big Data e Private Cloud di ultima generazione di HP e Oracle. Il DPCT riceve tutte le osservazioni di Gaia, inclusi i pixel del piano focale astrometrico. Per operare, in particolare la pipeline GSR-AVU, il DPCT utilizza, via specifico MOU, le macchine HPC del CINECA. Inoltre, **Telespazio** e **SERCO** sono coinvolti nell'engineering dell'**SSDC** che opera uno dei 4 GaiaPortal.

**A cura di:** Mario G. Lattanzi, INAF-Osservatorio Astrofisico di Torino, Torino

<b>Missione: HST - Hubble Space Telescope</b>	<a href="https://www.media.inaf.it/tag/hst/">https://www.media.inaf.it/tag/hst/</a>
---	---

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa/post-operativa, tempistica per le missioni in fase di studio e di realizzazione.</b></p> <p>L'Hubble Space Telescope (<b>HST</b>) è un telescopio spaziale in orbita ad un'altezza relativamente modesta (circa 570 Km), finanziato e costruito da NASA e ESA. Fu lanciato nel 1990 ed è tuttora perfettamente funzionante, dopo una serie di missioni Shuttle che hanno consentito di sostituire, migliorare o ricaricare gli strumenti presenti a bordo. <b>HST</b> è l'unico telescopio spaziale finora concepito per essere raggiunto e mantenuto da astronauti. Nel 2020 NASA e ESA devono rinnovare l'accordo per sostenere la missione nei prossimi 5 anni. Osservazioni e sfruttamento scientifico sono gestiti dallo Space Telescope Science Institute di Baltimora (USA), mentre il Goddard Space Flight Center della NASA controlla il satellite. <b>HST</b> ha uno specchio primario di 2.4 m ed opera nelle lunghezze d'onda dall'ultravioletto al vicino infrarosso; è quindi l'unico telescopio operativo in grado di lavorare nell'ultravioletto. Gli strumenti attualmente operativi sono ACS (Advanced Camera for Surveys), WFC3 (Wide Field Camera 3), STIS (Space Telescope Imaging Spectrograph) e COS (Cosmic Origin Spectrograph), tutti installati al telescopio in tempi successivi al lancio (WFC3 e COS durante l'ultima missione Shuttle del 2009). Gli FGS (Fine Guidance Sensors), deputati al controllo del puntamento preciso del telescopio, possono essere usati anche per osservazioni di alta precisione astrometrica.</p> <p>Le immagini e gli spettri acquisiti con <b>HST</b> sono a tutt'oggi i migliori possibili per chi abbia bisogno contemporaneamente di alta sensibilità (per raggiungere oggetti deboli) e di alta risoluzione spaziale (per distinguere le diverse componenti). Questo record non è destinato a cambiare nel prossimo futuro, dato che le previste imprese tecnologiche che potranno fornire efficienze maggiori opereranno tutte solo a lunghezze d'onda maggiori del visibile (JWST, ELT). Pertanto HST rimane il telescopio di punta per lo studio di tutti gli oggetti astrofisici emittenti prevalentemente nel visibile e nell'ultravioletto.</p> <p><b>HST</b> ha rivoluzionato e continua a rivoluzionare la nostra comprensione dell'universo, consentendo di vedere oggetti e fenomeni prima inimmaginabili, dal sito lunare dell'atterraggio degli astronauti dell'Apollo 17, alle tempeste su Giove, alla scoperta di nuovi satelliti e dei pianeti extra-solari, alle stelle appena nate o appena morte, alle galassie vicine o lontanissime, ai confini dell'universo e del tempo. <b>HST</b> fornisce sensazionali immagini dei campi iper-profondi dove miriadi di galassie di tutte le forme, dimensioni, età e distanze riempiono uno spazio che a un altro telescopio sembrerebbe vuoto. Tre astrofisici hanno ricevuto il Nobel per la Fisica grazie alle osservazioni <b>HST</b> di supernove di tipo Ia che hanno fornito un'evidenza incontestabile dell'accelerazione dell'universo. <b>HST</b> è ormai molto più di uno strumento scientifico: è un'icona culturale riconosciuta, con un enorme successo mediatico in tutto il mondo.</p>
-----------	---

<b>b.</b>	<p><b>Principale contributo Italiano alla missione (e.g. hardware, software, etc.).</b></p> <p><b>Principale contributo INAF</b></p> <p>Dei 5 strumenti presenti a bordo di <b>HST</b> quando fu lanciato, la Faint Object Camera (FOC, lo strumento di <b>HST</b> a più alta risoluzione spaziale, dedicato a osservazioni ultraviolette e ottiche) fu interamente finanziata da ESA e costruita in Europa con il contributo importante di numerosi scienziati italiani (alcuni dei quali diventarono successivamente dipendenti INAF, non ancora istituito all'epoca del lancio di <b>HST</b>, altri operanti nelle Università italiane, altri direttamente alle dipendenze di ESA). Italiano era il Project Scientist della FOC, italiano lo scienziato che ne guidò lo sfruttamento scientifico nei 12 anni di attività in orbita.</p>
-----------	--

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)</b>
<p>Gli Italiani hanno dato un contributo di primo piano, spesso in posizione di leadership, alle scoperte di Hubble, soprattutto nello studio delle regioni di formazione stellare, delle popolazioni stellari risolte, dell'evoluzione delle galassie vicine e lontane, nello sfruttamento delle lenti gravitazionali. Questa leadership culturale ha favorito il nascere di numerose collaborazioni internazionali e lo sviluppo di un'ormai consolidata sinergia fra lo STScI di Baltimora che gestisce tutto lo sfruttamento scientifico di <b>HST</b> e le istituzioni astrofisiche italiane. Sono moltissimi i postdoc italiani che ricevono borse americane per passare da 2 a 3 anni presso lo STScI (taluni decidendo purtroppo di rimanere negli USA a causa della nostra ridotta offerta di posizioni di ricerca), molti gli studenti di dottorato di Università italiane e dell'INAF che trascorrono presso quell'istituto lunghi periodi di formazione. Molti anche gli Italiani che hanno fatto parte dei più importanti comitati deputati al controllo della gestione di STScI (Visiting Committee, Users Committee, Time Allocation Committee), anche con ruoli di vertice.</p> <p>Per mantenere questo ruolo di leadership della comunità astrofisica italiana in un settore di massima competitività internazionale quale è <b>HST</b> è tuttavia indispensabile un supporto istituzionale e finanziario adeguato e continuativo. La NASA finanzia regolarmente i progetti osservativi degli Statunitensi con finanziamenti proporzionali al tempo di osservazione assegnato. L'ESA invece demanda questo compito alle Agenzie nazionali e questo ha purtroppo lasciato senza supporto i progetti italiani, a causa del mancato allineamento di vedute tra ASI ed INAF su questa fondamentale missione spaziale. Si auspica che i due Enti trovino un accordo che consenta di finanziare i programmi italiani su HST per tutta la durata della vita futura del telescopio.</p>	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Dopo la fine del programma Shuttle della NASA non sono possibili ulteriori aggiunte alla strumentazione di bordo e dunque non esistono attività industriali.</p>	

**A cura di:** Monica Tosi, INAF-Osservatorio di Astrofisica e scienza dello Spazio, Bologna.



## **Missione: INTEGRAL - INTERnational $\gamma$ -Ray Astrophysics Laboratory**

<https://www.media.inaf.it/tag/integral/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** operativa

### **a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative/post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

**INTEGRAL** è la seconda Missione ESA nel dominio dei raggi  $\gamma$  dopo Cos-B (1975), lanciata con successo con un Proton dalla base di lancio dell'agenzia spaziale Russa il 17 Ottobre 2002, caratterizzata da un'orbita altamente ellittica (~72 hrs) con 58 hrs continue dedicate ad osservazioni scientifiche (dal 2015, leggermente inferiori). INTEGRAL osserva il cielo nella banda di energia 3 keV - 10 MeV con: Alta sensibilità (mai raggiunta ancor oggi); lunghe e non-interrotte osservazioni; largo campo di vista (100 gradi<sup>2</sup> totalmente codificati, 900 gradi<sup>2</sup> parzialmente codificati); risoluzione temporale <0.1ms e risoluzione spettrale dell'ordine del keV; capacità di ripuntare molto rapida per ToO (recentemente aggiornata a 3 ore per eventi transienti quali GWs, neutrini e FRBs); sensibilità per energie > 75 keV virtualmente omni-direzionale grazie agli schermi di anticoincidenza intorno allo SPI e ad IBIS e la capacità di collezionare dati scientifici con duty cycle dell'85%. Gli strumenti di bordo principali sono lo SPI, dedicato alla spettroscopia fine e operativa tra 20 keV e 8 MeV ( $\Delta E = 3 \text{ keV} @ 1.7 \text{ MeV}$ ) e IBIS, dedicato all'imaging e operativo tra 20 keV e 10 MeV (risoluzione angolare 12'). Un monitor X (Jem-X, operativo tra 3-35 keV) e un Monitor Ottico (banda V) che sono complementari ad IBIS e SPI. Tutti gli strumenti sono ancora nello stato nominale. Per i prossimi 10 anni non sono programmate Missioni che possano compensare le caratteristiche uniche di INTEGRAL nell'intervallo X e  $\gamma$  dello spettro elettromagnetico. Il programma è sotto la guida di ESA supportato da i teams che hanno fornito gli strumenti e dallo INTEGRAL Science Data Centre, in tutto 5 grandi consorzi Europei con contributo anche da parte della Russia per il lancio con il Proton e dagli U.S.A. che hanno messo a disposizione una stazione di terra della NASA. L'ASI ha supportato la Missione soprattutto per quanto riguarda la realizzazione e il mantenimento in orbita di IBIS e, in misura minore, SPI e Jem-X.

La spettroscopia ad alta risoluzione e la accurata localizzazione delle sorgenti celesti hanno permesso e permettono di raggiungere le finalità della Missione. Infatti la spettroscopia "fine" su una larga banda di energia permette di identificare senza dubbi le caratteristiche spettrali così come identificarne righe e profili di sorgenti e di regioni specifiche del cielo mentre con controparti in altre lunghezze d'onda le caratteristiche di IBIS permettono di identificare le sorgenti che emettono in banda hard X e  $\gamma$  e quindi di distinguere all'interno delle regioni osservate le singole sorgenti che contribuiscono all'emissione totale. INTEGRAL esplora i fenomeni celesti più energetici e permette di studiare alcuni dei problemi fondamentali in fisica e astrofisica che comprendono emissioni di radiazione continua e di righe  $\gamma$ : eccitazione nucleare, radioattività, annichilazione di positroni e scattering Compton. Inoltre osserva una gran varietà di oggetti astrofisici e di fenomeni altamente energetici: nucleo-sintesi, esplosioni di nove e Supernove, mezzo interstellare, interazioni raggi cosmici e sorgenti, stelle di neutroni, buchi neri,  $\gamma$ -ray bursts, nuclei galattici attivi e radiazione cosmica di fondo  $\gamma$ . Dopo più di 17 anni in orbita, INTEGRAL ha rivelato oltre 1000 sorgenti (più che quintuplicando il numero di quelle conosciute precedentemente). Esse appartengono a tutti i tipi di emettitori in raggi  $\gamma$  e di cui almeno il 70% sono nuove sorgenti: la maggior parte transienti, di cui circa 300 sono state poi identificate e caratterizzate in classi di appartenenza diverse, incluse le due nuove classi di binarie di alta massa: i sistemi fortemente oscurati e le transienti veloci supergiganti. INTEGRAL ha difatti rivoluzionato il campo della ricerca di stelle di grande massa in sistemi binari con la rivelazione di sorgenti fortemente assorbite e con le Supergiant Fast X-ray Transient. Entrambe difficili da catturare in quanto elusive (assorbimento in banda soft-X e durata breve dell'emissione) ma fondamentali per comprendere il meccanismo di accrescimento, la popolazione nella Galassia e l'evoluzione temporale. Tra i risultati più importanti elenchiamo: prodotto la prima mappa del cielo a larga scala dell'emissione a 511 keV che è generata dall'annichilazione di positrone mostrando quindi la presenza di larga quantità di antimateria nella parte centrale della galassia; rivelazione per la prima volta delle linee di decadimento del <sup>44</sup>Ti dal "core-collapse" della supernova SN1987A; scoperto la polarizzazione (variabile) dell'emissione  $\gamma$ -ray dalla Crab Nebula, dal buco nero Cygnus X-1 e V404 Cyg nonché da  $\gamma$ -ray bursts; dimostrato l'origine dalla Galaxy-wide dello <sup>26</sup>Al dal quale si deriva il rate di core-collapse supernovae nella Milky Way; comprensione del feedback da stelle massicce basato sulle cinematica Doppler del decadimento della linea <sup>26</sup>Al, e nella fisica delle supernove basata sul rapporto <sup>26</sup>Al/<sup>60</sup>Fe osservato; prima misura della frazione di nuclei galattici attivi in un campione completo di AGN e prima misura di QSOs

ad elevato red-shift. Infine, INTEGRAL, insieme al Fermi/GBM, ha avuto un ruolo cruciale nello scoprire l'emissione prompt in  $\gamma$ -ray (GRB 170817A) dopo l'arrivo delle onde gravitazionali come risultato della collisione di due stelle di neutroni. Il 17 Agosto i due Osservatori hanno registrato infatti un GRB di tipo "short" che era stato preceduto di 1.72s dalla rivelazione di un evento GW, GW170817. INTEGRAL continua a contribuire a questo topic chiave che lega le nuove astronomie non elettromagnetiche all'Universo elettromagnetico di alta energia in un dominio, 10 KeV-10 MeV, ancora poco coperto. In vero la Missione ha fornito copertura istantanea e completa di larghe regioni localizzate della maggior parte dei più di 60 eventi rivelati dalla collaborazione LIGO/Virgo di cui la maggior parte (~75%) sono stati associati con buchi neri binari per i quali la maggior parte dei modelli non predicono segnale elettromagnetico rivelabile. Rispetto a GW170817, gli eventi GW che coinvolgono una o due stelle di neutroni nella collisione erano molto più lontani. Questo risultato oltre a essere consistente con la teoria sottolinea anche l'importanza di coprire interamente le regioni di localizzazione degli eventi GW per non perdere i (pochi) mergers a distanze sufficientemente "piccole" e con cono di emissione dei raggi  $\gamma$  prompt nella direzione della terra con la possibilità di rivelare nuovi eventi quando l'orizzonte della di osservazione in GW sarà ampliato (LVC O4 e seguenti). Naturalmente, oltre all'importanza nella astrofisica multi-messaggera, INTEGRAL continua a produrre risultati "unici" anche dopo più di 17 anni in orbita e per questo motivo nel 2018 è stato deciso dallo SPC di ESA di estendere la missione fino a Dicembre 2020 con una indicazione per futura estensione. Che avverrà nel settembre 2020, con una raccomandazione formale dall'INTEGRAL User Group di estensione al 2025! Fino al dicembre 2019 sono stati pubblicati 1679 articoli con processo di referaggio di cui circa il 20% da italiani come primo autore e altrettanti che coinvolgono almeno un coautore italiano. Sono state fatte finora più di 125 "press release" e innumerevoli GCNs e Atels di alert pubblici per la comunità scientifica. Nel 2007, finito il l'attività relativa al CORE Program e l'ISWT (INTEGRAL Science Working Team) della Missione prevista (per 2+3 anni), come per XMM, ESA ha formato l'INTEGRAL User Group (IUG) approvato dall'Astronomy Working Group, che oltre ai PIs, Mission Scientist (G. Palumbo per Italia) e ESA staff include "external scientists" (L. Piro, T. Belloni, A. Bazzano, A. Malizia, S. Mereghetti).

**b. | Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) .**  
**IBIS** (PiCsIt, Veto, Hopper, Meccanica, Sorgente di calibrazione, Calibrazioni, Operazioni e Mantenimento del modello di Volo, IUG, OCG: INAF/IAPS, IASF-Bologna, Milano e Palermo); **IBIS/ISDC** (IBAS: IASF-Milano e supporto iniziale con personale a contratto da vari Istituti); **SPI** (Anticoincidenza al Plastico, IASF-Milano); **Jem-X** (Facility di calibrazione (UNI Ferrara+ contributi INAF/IAPS, IASF IASF-Bologna e Palermo); **Mission Scientist** : G. Palumbo selezionato da ESA dimesso dal 2015.  
 Per quanto riguarda i ritorni scientifici, **tutti con un impatto INAF rilevante:** **a)** Supergiant Fast X-ray Transient; **b)** Ha contribuito molto allo studio degli AGN alle alte energie (~300 unicamente identificati e spettralmente caratterizzati); **c)** Survey e suoi prodotti (spettri e light curves per 1000 sorgenti dal 2003 al 2015); **d)** Correlazioni  $\gamma$ /Radio per oggetti "hard-X selected"; **e)** Sinergia con altre missioni (XMM, SWIFT e NuSTAR e ora HXMT ) sia nel processo di identificazione che per lo studio delle transienti; **f)** Trigger GRBs nel FOV IBIS: IBAS, attività 24h/24 e 7gg/7, alert riportati con GCN (in media 6/anno); **g)** Nuove finestre di investigazione: iniziando con il primo evento, GW 150914 , INTEGRAL ha avuto un ruolo determinante per 5 dei 6 GWs riportati ponendo u.l. stringenti sulle caratteristiche delle possibili controparti; **h)** Rivelazione di controparti elettromagnetiche di eventi GW (emissione prompt da GW170817) e neutroni con osservazioni di follow-up e partecipazione come burst advocate di 3 componenti del team italiano

**c. | Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**  
**Italia:** INFN/Universita' "Sapienza" -- Istituti e Osservatori INAF. **Europa:** CEA, IRAP, ESOC, ESTEC, Universities: Southampton, College Dublino, Erlangen-Nuremberg, ISDC, DTU, MPE, IKI, CSIC-INTA, SRON **USA:** Goddard NASA, Georgia College and State University, GA **IKI-Mosca, Roscosmos**

**d. | Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**  
 Non in questa fase. L'industria italiana e' stata responsabile della realizzazione del telescopio IBIS ed in caso di degradazione dell'HW potrebbe essere necessario un intervento specifico per attivare le parti di bordo in ridondanza 'fredda' e sinora mai utilizzate.



**Missione:** Neil Gehrels Swift Observatory <https://www.media.inaf.it/tag/swift/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica attesa per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b></p> <p>Il Neil Gehrels Swift observatory è una missione della classe MIDEX della NASA dedicata all'astrofisica delle alte energie, realizzata in collaborazione con Italia e Regno Unito. Swift è un osservatorio multi-banda il cui scopo principale è determinare l'origine e le caratteristiche dei Gamma Ray Burst (GRB) e usarli per studiare l'Universo vicino e lontano. Col tempo Swift è diventata la missione di riferimento per la Time-Domain Astronomy, producendo importanti scoperte in ogni ambito, dai GRB alle supernovae alle controparti elettromagnetiche di sorgenti di onde gravitazionali, alle distruzioni mareali, ai nuclei galattici attivi, alle binarie X, magnetar, novae, flare stellari, comete, esopianeti e altro ancora.</p> <p>Swift è un osservatorio multi-banda molto versatile che combina una camera per i raggi gamma (BAT) con un telescopio per i raggi X (XRT) e per l'ottico/ultravioletto (UVOT). La capacità di rispondere in tempo reale a diversi alert e la disseminazione istantanea e pubblica dei dati (notevolmente aumentata negli ultimi anni, fino a rispondere in media a 4 nuovi alert al giorno), ne fanno lo strumento principe per lo studio non solo dei GRB ma di tutti i fenomeni transienti in generale. Ulteriori modifiche apportate al software di bordo ed alle procedure delle operazioni stanno producendo una continua evoluzione nella versatilità di utilizzo del satellite, compresa la capacità di scandagliare grandi aree di cielo alla ricerca delle controparti elettromagnetiche di sorgenti di onde gravitazionali. Migliaia di ricercatori utilizzano Swift attraverso il programma di Guest Investigator e attraverso la continua richiesta di puntamenti di tipo Target of Opportunity (ToO). Questa capacità di risposta immediata con tempi scala di ore-giorni a qualsiasi richiesta di un puntamento ToO (se giudicata scientificamente valida) ha reso Swift uno strumento sempre più utilizzato e indispensabile alla comunità scientifica internazionale, soprattutto per gli studi di oggetti variabili o appena scoperti. Questo permette a Swift di continuare a fare nuove scoperte di primaria importanza a un tasso che rimane invariato se non addirittura in aumento negli anni.</p> <p>Nonostante sia stato lanciato nel Novembre 2004, Swift funziona ancora superbamente con un limite di vita dovuto al momento solo al decadimento dell'orbita, cioè a dopo il 2030. Dal punto di vista scientifico Swift continua ad essere una fucina di nuove scoperte. Un ottimo indicatore della salute di un satellite è il numero di lavori scientifici che riesce a produrre e il numero di citazioni che la comunità scientifica gli attribuisce. Il numero di articoli scientifici attribuibili a Swift è in continua crescita, (&gt;4400 articoli con referee, ben 24 articoli su Nature/Science nel solo biennio 2016-2018), in continua crescita anche il numero di citazioni (&gt;100.000 su articoli con referee).</p> <p>Spesso Swift viene usato in sinergia con altri satelliti ed è l'unica missione che garantisce la copertura nella banda soft-X e UV per la ricerca di controparti di sorgenti di onde gravitazionali trovate da LIGO/VIRGO (Swift è l'unico satellite ad aver osservato GW170817 in UV). Per il follow-up di queste sorgenti Swift ha capacità uniche che nessun'altra missione presente o futura (nel breve periodo) ha grazie alla capacità di ripuntarsi molto velocemente. Il satellite per il resto gode di ottima salute con un team di gestione piccolo ma ben rodato cui l'Italia dà un contributo fondamentale.</p>
-----------	--

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>In data 25 luglio 2003 è stato firmato un Memorandum of Understanding (MoU) tra ASI e NASA per la cooperazione su Swift e definisce le reciproche responsabilità nell'ambito della missione, per le quali ASI, tramite l'Osservatorio Astronomico di Brera, ha fornito le ottiche per lo strumento XRT (sviluppate con la ditta Media Lario), il supporto all'integrazione dell'XRT ed ha garantito una partecipazione qualificata al team scientifico. L'Italia ha inoltre la responsabilità delle calibrazioni di XRT da terra e dallo spazio. La partecipazione vede coinvolti diversi istituti INAF (IASF-Palermo, IASF-Milano, OA Roma) coordinati da OA Brera. ASI inoltre fornisce il software di analisi dati per lo strumento XRT, la base di Malindi come stazione primaria di terra ed il centro SSDC come centro italiano per la ricezione, analisi, distribuzione e archiviazione dei dati della missione.</p>	
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Il team italiano partecipa alla gestione scientifica del satellite, assieme ai colleghi americani e inglesi, svolgendo le attività di XBS (XRT Burst Scientist) e BA (Burst Advocate), che prevedono turni di 24 ore su 24, 7 giorni su 7, per 2 settimane su 5 a carico dell'Italia. Rappresentanti del team italiano fanno parte dello Steering Committee di Swift.</p>	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Oltre alla ditta Media Lario, che ha fabbricato gli specchi del telescopio X, al momento il coinvolgimento industriale italiano è attraverso la gestione della stazione di Malindi dell'ASI, che è usata da Swift come stazione di terra.</p>	

**A cura di:** Gianpiero Tagliaferri, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, Milano

## Missione: XMM-Newton X-ray Observatory

<https://www.media.inaf.it/tag/xmm/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
	<p>XMM-Newton, missione “cornerstone” del programma “Horizon 2000” di ESA, è stata lanciata il 10/12/1999 ed è, insieme a Chandra della NASA, uno dei due grandi osservatori per astrofisica X oggi disponibili, e tuttora pienamente funzionante. La missione, tuttora pienamente funzionante, continuerà è stata recentemente estesa dall’ESA almeno fino alla fine del 2022, e non si intravedono al momento problemi tecnici per un suo possibile funzionamento almeno fino al 2028 18. A bordo di XMM sono collocati tre telescopi: ognuno di essi è dotato di un rivelatore di tipo CCD nel piano focale (EPIC), per la raccolta di immagini e lo studio spettrale e temporale a bassa risoluzione nella banda di energia 0.2-10 keV. Inoltre sono presenti in due spettrometri a reticolo (RGS), per la spettroscopia ad alta risoluzione, e un monitor ottico (OM).</p> <p>La missione è concepita come un Osservatorio aperto a tutta la comunità scientifica, che ogni anno è invitata a sottoporre proposte di osservazioni in risposta ad uno specifico “Announcement of Opportunity”; le proposte sottomesse vengono in seguito valutate con un sistema di “peer review”, tramite appositi comitati nominati da ESA. A distanza di oltre 2017 anni dal lancio la richiesta di tempo osservativo è ancora molto estremamente elevata: in seguito all’AO (#19) più recente, dello scorso anno, sono pervenute ad ESA 4642 proposte di osservazione (50 delle quali con PI italiano), che richiedevano un tempo osservativo di 9291 Ms a fronte di 14,512 Ms di tempo disponibile. Il fattore di <i>oversubscription</i> pari a 7,76,3 conferma che la missione è ancora pienamente rispondente alle esigenze della comunità scientifica.</p> <p>Fino ad ora quasi 5 più di 6000 articoli basati su dati XMM sono stati pubblicati su riviste referate, con un tasso medio negli ultimi 5 anni pari a quasi 400 articoli/anno. Tali articoli riguardano pressoché tutte le classi di oggetti celesti: pianeti e comete del Sistema Solare; stelle di grande e piccola massa ed esopianeti; mezzo interstellare e resti di supernova; oggetti compatti; nuclei galattici attivi, galassie ed ammassi di galassie. In ciascuno di questi ambiti le osservazioni effettuate da XMM hanno fornito un contributo fondamentale alla caratterizzazione delle proprietà X delle sorgenti studiate ed alla comprensione dei processi di emissione termici e non termici in tale banda di energia.</p>

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Principale/i contributo/i INAF</b>
	<p>Il contributo delle strutture INAF a questa missione è stato molto significativo fin dall’inizio, con contributi fondamentali nel proporre e realizzare il piano focale, ma che sono poi “evoluiti” negli ultimi anni in un contributo di calibrazione in volo, ed utilizzo e sfruttamento dei dati scientifici da parte dell’intera comunità astrofisica italiana. ed è tuttora elevato.</p> <p>IASF-Milano, IASF-Bologna e OA Palermo sono stati membri del Consorzio internazionale che ha proposto, progettato e realizzato i tre strumenti del rivelatore di piano focale EPIC: in particolare, IASF-Milano ha avuto la responsabilità di coordinare tutte le attività fino al lancio della missione, attraverso un System Team che ha agito da interfaccia tra gli HW teams dei vari Istituti ed il Project Office di ESA; IASF-Bologna ha fornito il Ground Support Equipment necessario per le partecipate alle fasi di verifica, calibrazione ed integrazione dello strumento a bordo del satellite; OA Palermo si è occupato dei test e delle calibrazioni dei filtri ottici. Anche dopo il lancio tali Istituti hanno continuato a fornire supporto ad ESA durante le fasi di collaudo, calibrazione e verifica delle performance. Infine, durante la fase operativa della missione IASF-Milano ha collaborato con ESA</p>

per la calibrazione dello strumento e l'aggiornamento delle procedure operative, mentre OA Palermo ha monitorato lo stato delle copie a terra dei filtri ottici.  
OA Brera ha sviluppato la tecnologia necessaria alla realizzazione degli specchi, che poi sono stati prodotti, sotto la responsabilità dell'Osservatorio stesso, da una ditta esterna.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Il Consorzio EPIC prevedeva la partecipazione di vari Enti di ricerca di Italia, Francia, Germania e Regno Unito. Pertanto, in questo ambito gli Istituti INAF membri del Consorzio stesso hanno collaborato con:

- Francia: CEA/SAP di Saclay, CESR di Tolosa, IAS di Orsay
- Germania: MPE di Garching, IAAT di Tübingen
- Regno Unito: Università di Leicester, Università di Birmingham

All'interno del Consorzio sono stati membri della componente italiana il Program Manager del progetto e, fino al 1997, anche il Principal Investigator.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Due industrie italiane hanno avuto un ruolo fondamentale nella realizzazione della missione XMM:

- La Media Lario s.r.l. di Bosisio Parini (LC) ha progettato e realizzato gli specchi dei tre telescopi
- La LABEN S.p.A. di Vimodrone (MI) ha realizzato la Central Data Management Unit (CDMU) del satellite ed il Data Handling dei tre strumenti EPIC; inoltre, è stata responsabile dell'Assemblaggio, Integrazione e Verifica (AIV) di tali strumenti.

**A cura di:** Nicola La Palombara, INAF-Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica cosmica, Milano;  
Massimo Cappi, INAF-Osservatorio di Astrofisica e scienza dello Spazio, Bologna

**Progetto: Sistema GNSS (Galileo for Science)**

**Area:** Fisica Fondamentale; **Fase:** operativa

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

Questa scheda si riferisce agli esperimenti del progetto Galileo for Science 2.0 (G4S\_2.0) che si prefiggono di eseguire misure di fisica fondamentale riguardanti l'interazione gravitazionale della Terra con alcuni satelliti della costellazione GNSS europea Galileo. I principali obiettivi scientifici sono la misura del redshift gravitazionale e delle principali precessioni relativistiche della relatività generale con possibili vincoli a teorie alternative della gravitazione. Una ulteriore attività del progetto è lo studio dei possibili obiettivi scientifici che si potrebbero raggiungere dotando i satelliti GNSS con accelerometri per la misura delle accelerazioni non gravitazionali. La durata prevista del progetto è di 3 anni.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

Il progetto, che si avvale di finanziamenti ASI, è svolto in collaborazione tra ASI-CGS (Matera), INAF-IAPS (Roma), INAF-OATO (Torino) e Politecnico (Torino). Il gruppo di ricerca dello IAPS-INAF (coordinato da D. M. Lucchesi) è responsabile delle attività volte a migliorare il modello delle forze non-conservative, a partire dalla radiazione solare diretta, la principale sorgente di perturbazione non-gravitazionale. Verrà sviluppato un nuovo modello Box-Wing del satellite, rispetto a quelli attualmente disponibili in letteratura, e, se possibile, un modello agli elementi finiti del satellite per il ray-tracing. Tramite una determinazione orbitale di precisione, usando i residui orbitali sarà possibile misurare le precessioni relativistiche e porre vincoli alle teorie alternative della gravitazione. Il miglioramento dei modelli e la determinazione orbitale di precisione saranno inoltre usati dai responsabili delle attività di ASI-CGS, POLITO e INAF-OATO per portare a termine le loro attività. Verrà inoltre svolta una attività di analisi dati degli orologi atomici dei satelliti per la misura del redshift gravitazionale. Verrà svolta infine una attività sperimentale per individuare e analizzare gli aspetti critici per potrebbero limitare l'utilizzo delle misure di un accelerometro di bordo per misure di carattere scientifico.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Non ci sono al momento collaborazioni internazionali.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Non è contemplato un coinvolgimento industriale.

**A cura di:** David Lucchesi, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

**Missione: ABCS - AstroBio-CubeSat**

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** realizzazione

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

AstroBio-CubeSat (ABCS) è una missione italiana finalizzata alla ricerca astrobiologica. L'obiettivo primario di questo progetto è la progettazione e la realizzazione di un satellite cubesat 3U con a bordo una piattaforma analitica altamente integrata basata su un dispositivo lab-on-chip originale per condurre rivelazione di biomolecole organiche nello spazio.

In particolare, il progetto propone l'utilizzo combinato di una matrice di micro sensori, posti su lab-on-chip nel quale è realizzata una rete micro-fluidica in grado di condurre test analitici immunologici. La tecnica di rivelazione che verrà usata è quella del *lateral flow assay* a chemiluminescenza. Il lancio del satellite permetterà la convalida in orbita di una tecnologia innovativa mai utilizzata fino ad oggi e rappresenta un importante passo avanti per l'esecuzione autonoma di esperimenti bioanalitici nello spazio con potenziale applicazione nell'esplorazione planetaria per la rivelazione di biomarcatori, ma anche per l'assistenza sanitaria degli astronauti in orbita e il monitoraggio ambientale della stazione spaziale.

Nel marzo 2019 è stata pubblicata la call ESA "Announcement of Opportunity for the Launch of Small Satellites on VEGA-C Maiden Flight" Ref.VG-AO-0-D-30001-ESA con l'obiettivo di avviare il processo per identificare e selezionare payload secondari per il volo inaugurale Vega-C per il lancio di LARES-II e in risposta a tale avviso il progetto ABCS AstroBio CubeSat è stato selezionato da ESA. Il lancio di ABCS è previsto a settembre 2020, si prevede un'operatività di ABCS maggiore di 6 mesi.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

La missione ABCS è interamente italiana e finanziata attraverso un accordo ASI-INAF. Il team scientifico è coordinato da INAF-OAA che è responsabile del progetto e coinvolge la Scuola di Ingegneria Aerospaziale di Roma con il supporto dei Dipartimenti di Chimica dell'Università di Bologna e di Torino. Le responsabilità sono elencate nella seguente WBS.

WP	Descrizione	Responsabile
WP1100	ASI Coordination, Management, Engineering and Quality	Simone Pirrotta, ASI
WP1100	Management	John Robert Brucato, INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Firenze
WP1200	Development, fabrication and test of pumping system, development chemiluminescence assay, analytical protocol development, payload chamber and deploying system development	John Robert Brucato, INAF Astrophysical Observatory of Arcetri, Firenze
WP1300	Design, Fabrication and Test of cubesat and lab-on-chip payload	Augusto Nascetti, Scuola di Ingegneria Aerospaziale "Sapienza" Università di Roma

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Nessuna

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Kayser Italia si occupa della realizzazione di un sistema di pompe per l'alimentazione microfluidica

**A cura di:** John Robert Brucato, INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri



## **Missione: CSES-02/Limadou-2**

<https://www.media.inaf.it/tag/cses/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** realizzazione:

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p><b>Finalità:</b> Il programma spaziale cinese CSES (CNSA-ASI) prevede la messa in orbita di una costellazione di satelliti alle quote LEO (i primi due satelliti in orbita eliosincrona (14-02 LT) a circa 500 km di altezza) per il monitoraggio di osservabili dell'ambiente ionosferico ad ampio spettro. Il payload comprende infatti, due magnetometri, due Langmuir probes, tre strumenti di plasma, un misuratore di campo elettrico e due strumenti di particelle energetiche.</p> <p><b>Obiettivi scientifici:</b> Le tematiche principali del programma sono lo Space Weather e lo studio degli accoppiamenti Litosfera-Ionosfera-Magnetosfera. La varietà e le prestazioni degli strumenti a bordo conferiscono alla missione lo status di massima avanguardia e riferimento per le suddette tematiche. Le misure effettuate da ogni singolo strumento costituiscono lo stato dell'arte in termini di qualità (range esplorati, risoluzione, sensibilità) che di quantità (data budget, multi-S/C observation).</p> <p><b>Principali risultati:</b> A due anni dal lancio del primo satellite CSES-01, l'analisi dei vari strumenti ha permesso lo studio e la caratterizzazione di varie strutture di plasma e sistemi di correnti nella ionosfera e la loro variabilità in relazione al forcing solare. Grazie alle performances degli strumenti di plasma e campi è stato possibile effettuare una caratterizzazione dei layer aurorali con una migliore risoluzione spaziale. Alle latitudini più basse sono state rilevate peculiari depletion delle densità di plasma in range scarsamente esplorati. Con le misure di campi magnetici ed elettrici (DC-3.5 MHz) è stato sviluppato il calcolo del fondo ambientale e strumentale ad alta risoluzione geografica allo scopo di valutare opportunamente l'entità delle anomalie osservate per studi di accoppiamento Litosfera-Ionosfera. Il lancio del secondo satellite CSES-02 è attualmente previsto per Aprile 2022.</p>	
<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Per il <b>CSES-01</b> (Limadou-1 fasi B/C/D) il contributo italiano è consistito nella fornitura del modello di volo dello strumento di particelle energetiche HEPD (INFN), i test e la calibrazione degli strumenti cinesi di plasma (Lp, IDM, ICM, RPA) e campo elettrico (EFD-01) presso la facility IAPS Camera a Plasma (INAF), e lo sviluppo di un modello ingegneristico dell'EFD (INFN-INAF). Nell'ambito di un programma Scienza (ASI-INFN-INAF-INGV) il personale INAF (WP 7000) ha effettuato la calibrazione/validazione delle misure degli strumenti cinesi di plasma e campi anche in collaborazione col personale ESA e CNSA (Cal/Val Swarm-CSES, ISSI).</p> <p>Per <b>CSES-02</b> (Limadou-2 fasi B/C/D) è previsto lo sviluppo e la realizzazione anche dello strumento di campo elettrico EFD-02 oltre che quello di particelle energetiche HEPD-02. La guida per la realizzazione dell'EFD-02 è stata affidata all'INAF-IAPS, istituto PI, con una collaborazione dell'INFN. Sono previsti tre modelli (EM, QM, e FM). Lo strumento è stato completamente riprogettato rispetto ai predecessori (modello di volo cinese e ingegneristico italiano) incrementando la performance, l'informazione scientifica ottenibile e i range di funzionamento.</p>	
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Il programma nasce dal MoU firmato dai presidenti delle agenzie spaziali cinese e italiana nel 2019. INFN è la capofila del programma italiano denominato Limadou mentre INAF è partner con responsabilità per lo sviluppo strumentale (EFD-02) e la calibrazione di strumenti cinesi (Lp, IDM, ICM, RPA).</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
-----------	--

Il coinvolgimento di aziende italiane operanti nel settore spazio viene valutato in corso di sviluppo di singoli sottosistemi dello strumento EFD-02 nella modalità di assegnazione tramite gara pubblica.
--

A cura di: Pietro Ubertini e Piero Diego, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

## Missione: ExoMars 2022

<https://www.media.inaf.it/tag/exomars/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** Realizzazione.

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>Il programma ExoMars, guidato dall'ESA in collaborazione con Roscosmos, ha la finalità di stabilire se la vita sia mai esistita su Marte. Il programma ha lo scopo di studiare l'ambiente marziano e di dimostrare la fattibilità di nuove tecnologie per le missioni di Sample return programmate per gli anni 2020.</p> <p>ExoMars 2022 è la seconda missione del programma. Il lancio è previsto nella tarda estate del 2022. La missione è costituita da un rover con mobilità orizzontale e verticale e da una piattaforma di superficie.</p> <p>I principali obiettivi di natura tecnologica/operativa si focalizzano sulla dimostrazione di tecnologie abilitanti, quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atterraggio su Marte di un payload scientifico.</li> <li>▪ Mobilità con un rover</li> <li>▪ Campionamento dal sottosuolo</li> <li>▪ Acquisizione, preparazione, distribuzione e analisi del campione.</li> </ul> <p>I principali obiettivi scientifici sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ricerca di indizi di vita (fossile o presente)</li> <li>▪ Studio del ruolo dell'acqua e della geochimica associata</li> <li>▪ Studio dell'atmosfera (gas in traccia e sorgenti, interazione superficie-atmosfera)</li> <li>▪ Monitoraggio del clima a lungo termine</li> </ul> <p>La missione è in fase realizzativa. Tutti gli strumenti sono pronti ed attualmente integrati sulle due piattaforme della missione (Rover e Surface Platform).</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..). Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>L'Italia è il contributore principale del programma, avendo finanziato oltre il 30% del costo dell'intero programma, e fornendo importanti contributi sia a livello industriale (Prime Contractor) che scientifico. Uno degli elementi caratterizzanti la missione del 2022 è, ad esempio, il DRILL. Questo è stato sviluppato e costruito in Italia. La missione vede anche diversi scienziati coinvolti nei vari strumenti. Gli strumenti/esperimenti a responsabilità italiana sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ma_MISS, lo spettrometro incluso nel DRILL del Rover, PI: M.C. De Sanctis, Istituto Nazionale di Astrofisica, IAPS Roma;</li> <li>• MicroMED, il sensore di polvere incluso nella suite Dust Complex sulla Surface Platform, PI-ship MicroMED e Co-PIship Dust Complex: F. Esposito, Istituto Nazionale di Astrofisica, Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Napoli.</li> <li>• AMELIA (Atmospheric Mars Entry and Landing Investigations and Analysis), PI: F.Ferri- CISAS - Università di Padova</li> </ul>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Il programma ExoMars è frutto di una collaborazione internazionale che vede coinvolte le agenzie nazionali, l'ESA e Roscosmos. Molti planetologi italiani sono coinvolti a vario titolo nelle due missioni, sia con responsabilità di strumenti che di sottosistemi. Come riportato in precedenza l'INAF ha la PI-ship e/o Co-PIship di due strumenti della missione 2022. Inoltre, molti ricercatori sono coinvolti in vari altri strumenti come, CLUPI, WISDOM, PanCAM e MOMA.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>L'industria italiana è coinvolta nella realizzazione delle sonde, del rover, del drill e di diversi strumenti scientifici. Il Programma è sviluppato da un consorzio europeo guidato da Thales Alenia Space Italia e che coinvolge circa 134 aziende spaziali dei Paesi partner dell'ESA. Thales Alenia Space Italia è Prime Contractor, occupandosi dell'intera progettazione delle due missioni ExoMars. Per quella del 2016 ha realizzato il modulo EDM per l'ingresso e discesa su Marte e il modulo orbitante (Trace Gas Orbiter). Leonardo-Finmeccanica ha sviluppato, realizzato ed integrato il Drill, lo strumento che perforerà il terreno marziano nella missione 2020. Inoltre sia Thales che Leonardo sono coinvolte nella realizzazione di vari strumenti scientifici.</p>	

**A cura di:** Francesca Esposito, INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Napoli; Maria Cristina De Sanctis, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

**Missione: JUICE - JUpiter ICy moons Explorer** <https://www.media.inaf.it/tag/juice/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>La missione <b>JUICE</b> (JUpiter ICy moons Explorer) è la prima missione europea diretta verso il sistema solare esterno. L’obiettivo primario della missione è lo studio dettagliato del sistema di Giove, espletato attraverso varie fasi temporali dedicate all’esplorazione di Giove, di Europa, di Callisto e di Ganimede. Il sistema di Giove è considerato una sorta di mini sistema solare sotto vari aspetti all’interno del nostro sistema solare. Ad esempio, l’energia delle forze mareali indotte da Giove sui satelliti galileiani, in particolare Europa e Ganimede, possono sostenere al loro interno temperature sufficientemente alte da sostenere un vasto oceano sotto superficiale di acqua liquida e salata, molto probabilmente simile ad un oceano terrestre. Le condizioni potrebbero essere persino favorevoli per avere un ambiente potenzialmente abitabile per forme di vita capaci di ambientarsi nei cosiddetti <i>deep habitat</i>. I satelliti galileiani, pur essendo collocati in una zona relativamente ristretta dello spazio cosmico, di pochi milioni di chilometri, presentano tra loro delle diversità incredibilmente spiccate. Dal satellite più vulcanicamente attivo del sistema solare, Io, con le sue altissime temperature superficiali e l’enorme quantità di Zolfo presente, ai satelliti ghiacciati di Europa e Ganimede, con una crosta superficiale estremamente dinamica e grandi oceani di acqua liquida sotto la loro crosta, fino a Callisto, più moderatamente stabile avente la superficie più antica di tutti i corpi del sistema solare. Infine la misteriosa atmosfera di Giove e la sua notevole dinamica, con i fenomeni aurorali ed il suo enorme campo magnetico che interagisce con i suoi satelliti in modo dinamico, guidando in parte il trasporto del materiale da un corpo ad un altro.</p> <p>Il payload scientifico presente a bordo della missione <b>JUICE</b> è perfettamente in grado di studiare il sistema di Giove in modo molto interdisciplinare, con i suoi spettrometri, camere, magnetometri, radar, strumenti di radio scienza, sensori di plasma ed atomi neutri e laser altimetro. La missione è di lungo termine ed attualmente in fase di sviluppo, con consegna dei modelli da volo tra il 2020 e la prima metà del 2021, con lancio previsto per il 2022. Dopo un viaggio di circa 7 anni e mezzo e diversi fly-bys di Terra, Marte e Venere, la sonda si inserirà inizialmente in orbita gioviana nel 2030, quando inizierà la missione operativa scientifica. Dopo le varie fasi, il programma scientifico terminerà nel 2033 a meno di ulteriori estensioni, qualora il carburante e le condizioni fisiche molto stringenti lo permettano.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Il contributo italiano alla missione è sostanziale, in quanto ben 4 strumenti su 10 sono a PI-ship o co-PI-ship italiana, con un contributo all’hardware significativo. I 4 strumenti sono la camera JANUS (Jovis, Amorum ac Natorum Undique Scrutator; PI: P. Palumbo, Uni Parthenope, Napoli e INAF-IAPS, Roma), lo spettrometro ad immagini MAJIS (Moons And Jupiter Imaging Spectrometer; CoPI: G. Piccioni, INAF-IAPS, Roma), il radar RIME (Radar for Icy Moons Exploration; PI: L. Bruzzone, Uni. Trento, Trento) e lo strumento di radio scienza 3GM (Gravity &amp; Geophysics of Jupiter and Galilean Moons; PI: L. Iess, Uni. “Sapienza”, Roma). Il contributo INAF, in preponderanza scientifico e di infrastrutture di laboratorio, riguarda soprattutto il coinvolgimento maggioritario del team su MAJIS e JANUS, mentre è più limitata la partecipazione a RIME e 3GM. Per quest’ultimo tuttavia, l’INAF è coinvolto nello sviluppo di HAA (High Accuracy Accelerometer, responsabile F. Santoli-IAPS) e in tutti gli aspetti relativi alle prestazioni scientifiche, alla calibrazione e all’utilizzo</p>	

dei dati nell'ambito di 3GM. L'accelerometro HAA, pur non essendo annoverato tra la strumentazione scientifica, fornirà misure della dinamica del satellite indispensabili per le operazioni dell'esperimento di radio-scienza.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Come riportato nel punto precedente, al programma partecipano 3 PI e 1 co-PI sui 4 strumenti a guida interamente italiana o con significativa partecipazione all'hardware di sviluppo. Su questi strumenti partecipano molti gruppi di varie nazioni dai vari team internazionali, con guida a responsabilità totale o parziale di INAF. La selezione dell'accelerometro HAA per supportare l'esperimento 3GM, rafforza inoltre la leadership italiana negli esperimenti di radio-scienza. Per citare alcuni gruppi coinvolti negli strumenti a guida italiana:

- Institut d'Astrophysique Spatiale, Orsay, France
- Bear Fight Center, WA, United States
- DLR, Berlin, Germany
- Dpto Física Aplicada, Universidad del Pais Vasco, Bilbao, Spain
- NASA/JPL, Pasadena, CA, United States
- LESIA, Observatoire de Paris/Meudon, France
- Max Planck Institute for Solar System Research, Lindau, Germany
- NASA/GSFC, Greenbelt, MD, United States
- Southwest Research Institute, San Antonio, TX, United States
- University of Oxford, Oxford, United Kingdom
- University of Muenster – Germany
- IAA-CSIC, Granada – Spain
- ICNRS, LATMOS/IPSL, Université Versailles, Paris – France
- MSSL, Holmbury St. Mary, Dorking – United Kingdom
- University of Colorado Boulder – USA
- ISAS-JAXA, Kanagawa – Japan
- Royal Observatory of Belgium, Brussels, Belgium
- Laboratoire de Planetologie, Grenoble, France
- IRAP, Toulouse, France
- University of Bern, Switzerland
- NOA, Athens, Greece

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

L'industria italiana partecipa sia allo sviluppo degli strumenti, che alla realizzazione di sottosistemi della sonda. Tra le principali industrie coinvolte abbiamo Leonardo Company e Thales Alenia Space Italia per MAJIS, JANUS, RIME, 3GM, l'accelerometro HAA ed altri sottosistemi di JUICE.

A cura di: Giuseppe Piccioni, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma



## Missione: LICIACube

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>LICIACube è una missione italiana finanziata da ASI e realizzata da Argotec.</p> <p>Si tratta di un cubesat 6U (heritage Argomoon) che verrà imbarcato sullo spacecraft della missione NASA DART (Double Asteroid Redirection Test).</p> <p>Il target di DART è il corpo secondario del Near Earth Asteroid binario 65803 Didymos, sul quale DART impatterà per effettuare la prima dimostrazione di deflessione asteroidale via impatto cinetico. L'obiettivo primario di DART rientra negli obiettivi di <i>planetary defense</i> ed è la determinazione della quantità di momento trasferito al target dall'impatto cinetico, che dipenderà dalle caratteristiche fisiche del target, come coesione e porosità, così come dalla struttura della sua superficie, nonché dalla geometria dell'impatto.</p> <p>LICIACube, che sarà rilasciato da DART circa cinque giorni prima dell'impatto con Didymos, effettuerà un flyby subito dopo la collisione ed è equipaggiato con due fotocamere, con due FoV diversi, al fine di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• testimoniare l'impatto della sonda americana;</li> <li>• studiare la <i>plume</i>, generata in seguito all'impatto, e la sua evoluzione temporale;</li> <li>• studiare la dimensione e morfologia del cratere prodotto;</li> <li>• studiare l'emisfero non impattato, in modo da aumentare l'accuratezza della determinazione di forma e volume del corpo impattato, nonché della struttura e composizione della sua superficie.</li> </ul> <p>Il lancio della missione DART è al momento previsto per luglio 2021. LICIACube verrà alloggiata come piggyback durante i 15 mesi di crociera interplanetaria, l'impatto al momento è pianificato per ottobre 2022. Dopo il flyby, LICIACube effettuerà il downlink dei dati direttamente a Terra. Il ground segment sarà gestito quasi totalmente dall'Italia dove SSCC ospiterà il Science Control Center e Argotec ospiterà il Mission Control Center.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>La missione LICIACube è interamente italiana e finanziata da ASI.</p> <p>Il cubesat è costruito da Argotec.</p> <p>Il team scientifico è coordinato da INAF e coinvolge diversi Osservatori e Istituti: INAF-OAR (PI), INAF-IAPS (ci-PI), INAF-OAA, INAF-OAPd, INAF-OATs, con il supporto di IFAC-CNR e dell'Università Parthenope di Napoli. Sono inoltre coinvolti il Politecnico di Milano per le attività legate all'analisi di missione e l'Università di Bologna per le attività di determinazione orbitale e navigazione satellitare.</p> <p>L'attività scientifica, come mostrato nella WBS di Fig. 1 è articolata in 4 nodi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nodo 1000: Management e data management (ASI)</li> <li>- Nodo 2000: Coordinamento scientifico (INAF)</li> <li>- Nodo 3000: Analisi di missione (PoliMI)</li> <li>- Nodo 4000: Determinazione orbitale (UniBO)</li> </ul> <p>In particolare, l'attività del Nodo 2000, di cui l'INAF è responsabile, è articolata in diversi WP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ WP2110 e WP2120 - Modelli di Impatto e dinamica degli ejecta: la dinamica dell'impatto e della nube di frammenti prodotti viene modellizzata sia per pianificare le osservazioni previste da LICIACube sia, principalmente, per interpretare correttamente i risultati dell'esperimento d'impatto</li> </ul>	

- WP2200 - Osservazioni in remoto e proprietà fisiche: sono previste sia osservazioni da Terra che esperimenti di laboratorio per studiare e modellizzare le proprietà fisiche della superficie e di conseguenza del materiale eiettato.
- WP2300 - Operazioni in prossimità: in stretta collaborazione con i colleghi del Politecnico di Milano, si definisce la traiettoria di LICIACube nel caso di missione considerata “baseline”, che nelle varie opzioni “out-of-plane” con diversi angoli di inclinazione rispetto al piano di rotazione di Didymos B rispetto a Didymos A.
- WP2400 - Definizioni delle performances del payload: valutazione delle condizioni operative e dei parametri primari di disegno dei due payload, in considerazione della matrice di Science Compliance per LICIACube, elaborando quindi una serie di parametri per la configurazione ottimale (configurazione ottica, detector, profilo di traiettoria, calibrazioni in volo, etc.).

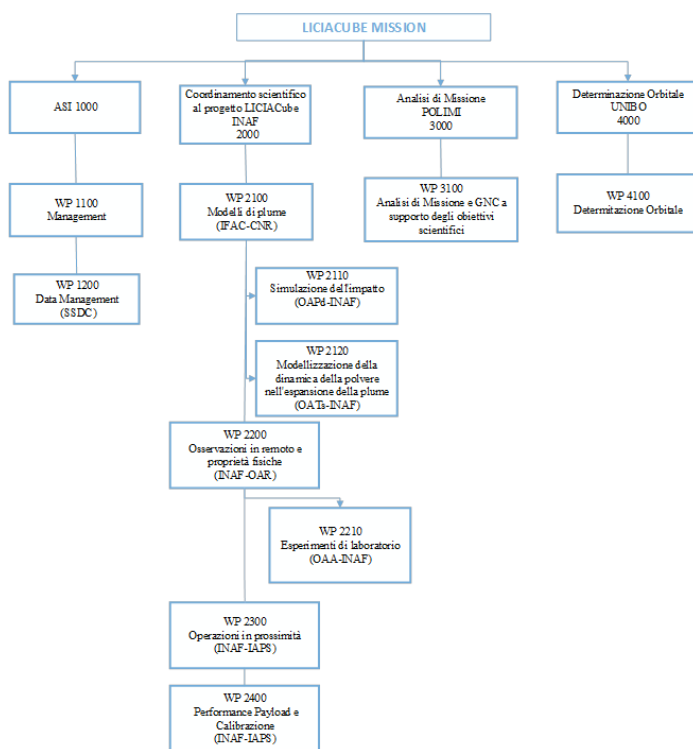


Fig.1. WBS di LICIACube.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**

Il team LICIACube collabora con enti e istituti statunitensi coinvolti nella missione DART. Leader della missione DART è Applied Physics Laboratory (APL) coadiuvata da diversi centri NASA: Jet Propulsion Laboratory (JPL), Goddard Space Flight Center (GSFC), Johnson Space Center (JSC), Glenn Research Center (GRC), and Langley Research Center (LRC).

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Argotec per disegno, sviluppo, funzionamento del cubesat. Assemblaggio e funzionamento degli strumenti.

A cura di: Elisabetta Dotto, INAF-Osservatorio Astronomico di Roma, Roma

## Missione: PROBA-3/ASPIICS

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
	<p>PROBA-3 è la prima missione dimostrativa delle tecnologie per la formazione in volo di satelliti. Il suo “payload” scientifico è un coronografo solare: ASPIICS. La missione è parte della serie PROBA, sviluppate dal “<i>Directorate of Technology</i>” dell’ESA. Nel PROBA-3 è anche una “<i>Mission of Opportunity</i>” nello “<i>Science Programme</i>” dell’ESA. La missione avrà due anni di vita operativa dopo il lancio previsto per il 2022.</p> <p>Dopo il lancio, due satelliti in un’orbita terrestre molto ellittica (perigeo 600 km, apogeo 60,000 km), e della durata di venti ore, acquisiranno la formazione di volo mantenendola per 6 ore ad ogni orbita. In questo intervallo di tempo, un primo satellite occulterà il Sole creando un’eclisse artificiale sul secondo satellite a 150 m di distanza e con a bordo il coronografo ASPIICS. Questo permetterà al coronografo di osservare ad ogni orbita la corona solare per un intervallo di tempo, e con un’estensione del campo di vista vicino al lembo solare (da 1.08 a 3 raggi solari dal centro del disco solare), senza precedenti rispetto alle osservazioni da Terra della corona rese possibili durante le brevi eclissi naturali.</p> <p>I due maggiori obiettivi scientifici sono</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ la comprensione dei meccanismi fisici che governano l’accelerazione del vento solare veloce (velocità di flusso &gt; 800 km/s) dalle regioni polari e del vento lento da quelle equatoriali, e</li> <li>▪ in che modo si evolve la corona e come genera le enormi espulsioni di massa coronale caratteristiche dell’attività solare.</li> </ul> <p>Per raggiungere questi obiettivi, ASPIICS acquisirà immagini ad alta risoluzione spaziale (&lt; 6 arcsec) dell’emissione continua in una larga banda spettrale (580-640 nm) della luce visibile polarizzata per diffusione dagli elettroni coronali. Inoltre, il coronografo osserverà con filtri ad alta risoluzione spettrale (FWHM=0.5 nm) l’emissione radiativa di ioni Fe altamente ionizzati (Fe<sup>+13</sup>) e dell’elio neutro in corona.</p> <p>Lo sviluppo di ASPIICS è attualmente nella fase realizzazione dei modelli ingegneristici e di volo (Fase C/D). La consegna dello strumento è prevista nel 2021 e il lancio di PROBA-3 nel 2022.</p>

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Principale/i contributo/i INAF</b>
	<p>Il <i>Centre Spatiale de Liege</i> (CSL), Belgio, guida il consorzio europeo per lo sviluppo di AXPIICS finanziato dall’ESA tramite i contributi di diverse agenzie spaziali europee, tra cui anche l’Agenzia Spaziale Italiana (ASI). L’INAF-Osservatorio Astrofisico di Torino è il capofila del contributo italiano per ASPIICS (Lead Co-I Silvano Fineschi). Questo contributo consiste nella realizzazione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ del sistema di sensori e di algoritmi per la metrologia in “tempo reale” della formazione di volo,</li> <li>▪ dei filtri ad alta risoluzione spettrale (Fe XIV, 530.4 nm; 587.7 nm, He I D3 line) e</li> <li>▪ dello studio numerico e sperimentale della diffrazione dall’occultatore che fa da schermo al coronografo ASPIICS per minimizzarne gli effetti di disturbo del segnale coronale.</li> </ul>

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>ESA finanzia lo sviluppo di ASPIICS nell'ambito del General Support Technology Programme (GSTP). Per la Fase C/D/E1, ESA ha selezionato nel 2014 un consorzio industriale europeo (B, CZ, GR, I, IRL, PL, RO) guidato dal Belgio attraverso il Centre Spatiale de Liege (CSL). L'Italia fa parte del consorzio attraverso l'INAF (OA-Torino, OA-Arcetri, OA-Bologna, OA-Capodimonte, OA-Catania) che nel 2015 ha ricevuto un contratto ESA attraverso il CSL per lo sviluppo delle tecnologie in ASPIICS per la metrologia della formazione di volo e per lo sviluppo dei filtri ad alta risoluzione spettrale del telescopio.</p> <p>Nell'ambito del progetto ASPIICS, OA-Torino e gli altri osservatori INAF del consorzio PROBA-3 collaborano in particolare con il <i>Royal Observatory of Belgium</i> (ROB) per gli aspetti scientifici della missione. Per gli aspetti tecnologici, INAF collabora con ditte e istituti irlandesi (SensL) e rumeni (Istituto di Micro-Tecnologia - IMT).</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>I filtri ad alta risoluzione spettrale sono sviluppati in collaborazione con Optec (Parabiago, MI). Inoltre, nel progetto ASPIIC è coinvolta Altec (Torino) che ospita la <i>Optical Payload Systems</i> (OPSys) <i>facility</i> dell'INAF. Nella INAF OPSys facility verranno eseguiti i test sperimentali sulla diffrazione dello schermo occultatore di PROBA-3 e le calibrazioni del modello di volo del coronografo ASPIICS.</p>	

**A cura di:** Silvano Fineschi, INAF-Osservatorio Astrofisico di Torino, Torino

## Missione: Athena

<https://www.media.inaf.it/tag/athena/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** studio e realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per quelle in fase di studio e di realizzazione....</b>
	<p><b>Obiettivi Scientifici.</b> The “Hot and Energetic Universe” è la tematica scientifica selezionata da ESA nel 2013, che ha in seguito selezionato Athena, il grande osservatorio per raggi X come missione L2 per realizzarli. Per fornire delle risposte la missione prevederà due strumenti: XIFU e WFI sul fuoco di un ottica per raggi X; lo X-IFU aprirà una nuova finestra osservativa, la spettroscopia X ad altissima risoluzione spettrale con imaging. Con questa operazione l’ESA e i member states europei conquistano la leadership internazionale del settore per i prossimi venti anni. La maggior parte della materia ordinaria dell’Universo infatti risiede in gas caldo, misurabile solo in raggi X. Su grandi scale cosmologiche tale gas, sotto forma di ammassi di galassie e filamenti cosmologici, traccia le strutture di materia oscura. Tuttavia la loro formazione ed evoluzione è pesantemente determinata da flussi di energia e arricchimento di metalli su scale inferiori, come per esempio gli outflows di materia/energia prodotti da buchi neri supermassicci al centro di galassie e dalla espulsione di metalli da venti galattici prodotti da esplosioni di supernovae. Il meccanismo che lega la presenza di buchi neri a galassie, anche ordinarie, è una delle scoperte degli ultimi anni che ci spinge “indietro” nel tempo all’epoca della formazione dei primi oggetti stellari. I modelli ci indicano che le prime stelle erano molto massicce, e che sono quindi evolute ed esplose rapidamente, forse in forma di Gamma-ray Bursts, iniettando i primi metalli nell’ambiente circostante e formando i primi buchi neri dell’Universo. I risultati ottenuti dalla sola osservazione effettuata con Hitomi con il microcalorimetro in raggi X, pubblicata nel 2016 in Nature sul cluster di galassie in Perseo, sono strepitosi e confermano le potenzialità di questa tecnica osservativa. Con Athena lo strumento X-IFU, il primo X-ray Integral Field Unit, basato sulla nuova generazione di microcalorimetri a transizione dei fase superconduttiva (TES) con 2.5 eV di risoluzione spettrale, coniugato alla grande ottica per raggi X con un area di 1.4 metri quadri, garantirà un salto quantico, con fattore &gt;100 di area rispetto a strumenti con risoluzione simile (grating) e possibilità di fare imaging su un campo di vista di 5’, fornendo simultaneamente circa 4000 spettri su tutto il campo di vista. In sostanza Athena offre per l’astronomia X il salto che offre JWST rispetto a HST e SPITZER. Allo X-IFU si affiancherà uno strumento di campo largo (WFI – Wide Field Imager), 40’ di FoV, che permetterà di effettuare survey in raggi X con una survey speed 100 volte superiore a quella disponibile con Chandra e XMM. Athena offrirà alla comunità at large un osservatorio con prestazioni uniche, affiancandosi alle grandi infrastrutture osservative del futuro, come SKA, ELT, CTA, etc. e giocherà un ruolo fondamentale nella nuova astronomia multimessenger. <b>Programmatica.</b> Attualmente Athena è in fase B, avendo passato con successo sia la I-PRR che la MFR nel 2019, con studio supportato sia dai consorzi dei due strumenti che da ESA, con due contratti industriali (competitivi) per le fasi A-B1 di studio missione. In parallelo sono già in corso le attività di sviluppo tecnologico della strumentazione scientifica, con l’obiettivo di raggiungimento del TRL=5 entro l’Adozione (Autunno 2021). Le attività italiane sono supportate da un contratto ASI. Il lancio è previsto nel 2031. E’ in particolare richiesta da ESA una vigorosa attività di sviluppo tecnologico, che include la realizzazione di un demonstration model dello strumento con più alto tasso di innovazione tecnologica, lo X-IFU (basato su microcalorimetri criogenici TES).</p>

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
	<p>Il contributo italiano è fondamentale per la missione. I ricercatori italiani, INAF in particolare, hanno fin dall’inizio guidato la scelta su un profilo scientifico di missione che offrisse da un lato un salto scientifico trasformatore con tecnologie di punta, come quella dei microcalorimetri TES, ma che rimanesse sostenibile e fattibile. Grazie alla lunga esperienza nel settore dei microcalorimetri criogenici e delle tecnologie ad esso connesse, INAF ha la co-PIship dello strumento XIFU (CoPI: L. Piro INAF-IAPS, Roma), ed è in questo ambito responsabile di elementi che sono fondamentali per abilitare la gran parte della scienza di Athena. L’impegno e le responsabilità italiane sono prioritariamente concentrate sullo strumento principale della missione, lo X-ray Integral Field Unit (X-IFU). Il team Italiano è uno dei membri fondanti del consorzio dello strumento. Gli items di responsabilità italiana comprendono elementi ad elevato impatto scientifico, con la</p>

leadership dei seguenti items: **a)** il controllo e la riduzione del background di strumento, la cui parte attiva è un rivelatore criogenico TES di grande area dedicato (CryoAC), operante alla stessa temperatura (50mK) del TES array, sviluppato per la prima volta al mondo in Italia. La capacità di effettuare misure spettroscopiche di sorgenti deboli (distanti) o diffuse, che richiedono l'abbattimento del fondo strumentale di circa due ordini di grandezza, è fondamentale per abilitare la parte più pregiata degli obiettivi scientifici di Athena. Per questo è di intera responsabilità italiana un WP sulle simulazioni del fondo strumentale. Dal punto di vista h/w questo ha impatto sia sul design di tutto lo strumento, con una responsabilità italiana nel team di sistema, che nella realizzazione di un sistema attivo di reiezione del fondo, la CryoAC; **b)** I filtri criogenici, la cui ottimizzazione definisce la risposta alle basse energie (<1 keV), cruciale per osservazioni spettroscopiche come ad esempio sui WHIM; **c)** la Instrument Control Unit, di cui ci siamo fatti carico grazie alla esperienza maturata nel settore e avendo in mente una ottimizzazione strategica delle risorse in sinergia con analoghe attività in corso per Euclid; **d)** il Science Innovation Center, parte pregiata del ground segment dello strumento legata allo sviluppo di tools di alto livello per lo sfruttamento scientifico dei dati dello XIFU. E' anche rilevante sottolineare come, sulla base di accordi preliminari, i partners della NASA contribuiscono alla baseline del TES array, pertanto l'unica tecnologia TES europea che volerà su Athena è quella dell'Italia. Abbiamo deciso di investire un limitato impegno nel WFI, facendoci carico di due attività (Filtri e Background simulations) che sono già di competenza italiana su X-IFU. Questa sinergia permette di farsi carico di queste attività con un limitato investimento addizionale, garantendo alla comunità scientifica italiana l'ingresso nel consorzio del WFI (attività guidate da A. Comastri, INAF-OaS), e quindi un ritorno scientifico. Le attività di carattere più legate agli strumenti sono fortemente intrecciate con quelle scientifiche, necessarie per declinare il flow-down che a partire dai requirements scientifici di alto livello della missione si traducano in requirement sugli strumenti e infine sulle specifiche strumentali. INAF è fortemente coinvolto in questi aspetti. Elemento cruciale al successo della missione sono le ottiche di ultima generazione, che dovranno raggiungere grandi aree (circa 1.4 mq su 12m di focale) garantendo nel contempo una elevata risoluzione angolare. La responsabilità delle ottiche è di ESA. Il consorzio scientifico segue lo sviluppo delle ottiche tramite un WG, in cui INAF ha la co-lead (G. Pareschi INAF-OABrera, Milano), il cui scopo è la definizione dei requisiti e il controllo delle prestazioni scientifiche. Riguardo alle collaborazioni di INAF con altri enti, università, circa 160 (su 800 partecipanti internazionali) ricercatori e tecnologi italiani sono ad oggi coinvolti in tutti gli aspetti della missione, provenienti da molte sedi dell' INAF, dell'Università, INFN e CNR (in particolare: IAPS, IASF-MI, OABo, OAPa, OABrera, OABo, OATo, OAPd, OARoma, OaTs, OAArcetri, , OANa) dell'INAF, dall' Univ. & INFN Genova, dalle Università di Rm1, Rm2, Rm3, Bologna, Palermo e Milano, e dal CNR, INFN-RM. Rappresentanti italiani sono presenti in tutti i boards programmatici e working groups tematici, a partire dallo Athena Science Study Team nominato da ESA (2/13), e condividono la chairships dei working groups ad alto livello scientifici e di missione/strumenti (3 su 5) e di 6 su 21 topical teams. INAF ha recentemente acquisito anche la chairship del Science Advisory Team dello XIFU. Fondamentale è il supporto sia finanziario che al team dell'ASI.

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>INAF ha la Co-PIship (L. Piro, INAF-IAPS) dello strumento XIFU, con PI IRAP (Francia) e altro Co-PI SRON (Olanda). Sul WFI INAF è Co-I, con lead del MPE (Germania). Altri principali partners di Athena e dei suoi strumenti: UK (Università Leicester, MSSL), Spagna (CSIC, Univ Alicante, ...), Belgio, Finlandia, Polonia, Svizzera, e sul fronte extra europeo la NASA e la JAXA con un contributo di circa il 20% alla missione. Ricordiamo anche come i ricercatori italiani, in particolare INAF, siano responsabili o partecipanti a numerosi contratti ESA sui microcalorimetri, il background, le ottiche, i filtri criogenici di Athena</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>L'industria italiana è presente con prospettive di ritorno industriale elevatissimo. Thales Alenia Space è uno dei prime ESA e la componente italiana (Torino/Milano) sta seguendo lo studio di allocazione degli strumenti e delle ottiche. Attraverso contratti dedicati, Thales Alenia Space (Milano) è coinvolta da tempo nello sviluppo della elettronica criogenica e calda per i microcalorimetri, inoltre OHB (Milano) ha eseguito uno studio per l'integrazione meccanica e termica del rivelatore per anticoincidenza di X-IFU, Medialario è coinvolta in diversi contratti ESA per le ottiche, SWHARD (Genova) supporta le simulazioni Geant4. E' in via di finalizzazione una gara predisposta dall'ASI per un contratto industriale di Fase B, durata 24 mesi.</p>	

**A cura di:** Luigi Piro, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma



## Missione: EUCLID

<https://www.media.inaf.it/tag/euclid/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** realizzazione

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

La missione Euclid è la missione M2 del programma Cosmic Vision dell'ESA. È stata adottata dall'SPC il 4/10/2011. Il suo obiettivo scientifico primario è lo studio della natura dell'energia oscura e materia oscura e la loro evoluzione con il redshift, realizzato mediante la produzione di una mappa a grande scala della struttura tridimensionale dell'Universo negli ultimi dieci miliardi di anni. Due diversi metodi diagnostici, il weak lensing (cioè l'apparente distorsione dell'immagine delle galassie causata dalla presenza di concentrazioni di massa che deflettono la luce) e il clustering delle galassie che include le oscillazioni acustiche della materia barionica, che sono ritenute uno dei metodi più accurati per porre vincoli sull'equazione di stato dell'energia oscura e sulla sua eventuale evoluzione cosmica.

Euclid osserverà 15.000 gradi quadrati di cielo, puntando in zone non contaminate dalla luce proveniente dalla nostra galassia e dal nostro Sistema Solare. Inoltre verranno effettuati anche tre cosiddetti "Euclid Deep Fields", coprendo complessivamente 20 gradi quadrati di cielo per estendere lo scopo della missione anche all'osservazione dell'universo ad alto redshift.

L'intera survey comprenderà centinaia di migliaia di immagini e alcune decine di Petabytes di dati. Euclid osserverà circa 10 miliardi di sorgenti. Di queste più di 1 miliardo saranno usate per il weak lensing. Saranno misurati i redshift di alcune decine di milioni di galassie per far luce sul galaxy clustering. L'analisi scientifica e l'interpretazione di questi dati sarà guidata dagli scienziati dello Euclid Consortium.

Lo schema ottico di Euclid prevede un telescopio Korsch a tre specchi, anastigmatico, con specchio primario in Carburo di Silicio (SiC) dal diametro di 1.2 m e  $f=24.5$ . Nel fuoco del telescopio ci saranno due strumenti con un campo di vista comune di 0.54 gradi quadri, VIS (Visible Instrument) e NISP (NIR Spectroscopy and Photometry Instrument), realizzati dallo Euclid Consortium: un imager panoramico di alta qualità (VIS), un fotometro nel vicino infrarosso a tre filtri (bande Y, J e H; NISP-P) e uno spettrografo slitless (NISP-S). Il satellite ha una massa di circa 2100 kg, margini inclusi.

A aprile 2020, i due strumenti di bordo hanno completato la fase di test e sono pronti per l'integrazione sul payload. Il lancio è previsto entro il 2022 con un vettore Soyuz-Fregat dalla base ESA di Kourou. Il satellite orbiterà intorno al punto L2 del sistema Terra-sole per una vita operativa nominale di 6.5 anni.

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche di missione.

Capability	Visual Imaging	NIR Imaging Photometry			NIR Spectroscopy
Wavelength range	550– 900 nm	Y (9201146nm),	J (1146-1372 nm)	H (13722000nm)	1250-1800 nm
Sensitivity	24.5 mag 10 $\sigma$ extended source	24 mag 5 $\sigma$ point source	24 mag 5 $\sigma$ point source	24 mag 5 $\sigma$ point source	2 10 <sup>-16</sup> erg cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> 3.5 $\sigma$ unresolved line flux
Detector Technology	36 arrays 4k×4k CCD	16 arrays 2k×2k NIR sensitive HgCdTe detectors			
Pixel Size Spectral resolution	0.1 arcsec	0.3 arcsec			0.3 arcsec R=250

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>L'Italia è il secondo contributore alla missione, sia in termini economici (cash, deliverables), sia in termini di personale (in kind) con circa 350 persone coinvolte tra ricercatori, tecnici, personale dell'industria. L'inviluppo economico globale è dell'ordine di diverse decine di MEuro su un intervallo temporale di 15 anni. INAF, insieme ad INFN e a diverse università (UniBo, Unimi, Roma TRE, "Sapienza", Roma Tor Vergata, UniFe, UniTo per citarne alcune) fornisce il personale scientifico e tecnico per la preparazione della missione. Le responsabilità italiane comprendono: la fornitura dell'unità elettronica calda (Command and Data Processing Unit – CDPU) dello strumento VIS (HW realizzato dall'industria italiana) e del SW applicativo di bordo; la fornitura delle due unità elettronica di processamento dati (Data Processing Unit – DPU) dello strumento NISP (HW realizzato dall'industria italiana) e del SW applicativo di bordo; la realizzazione della GRISM unit, per alloggiare e cambiare i dispersori. La responsabilità dell'Electrical Ground Support Equipment e della Instrument Workstation per la verifica a terra dello strumento NISP. La realizzazione di un Data Processing Center e di circa un quarto degli elementi della pipeline di riduzione dei dati. Ha ruoli fondamentali nella simulazioni delle performance spettroscopiche della missione. INAF fornisce circa i 3/4 del personale scientifico e tecnico al progetto Euclid, attraverso i suoi dipendenti e associati e la maggior parte delle infrastrutture tecniche (laboratori e HW) per la realizzazione dei prodotti da consegnare a ESA e al consorzio.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>La missione Euclid è una collaborazione di 14 paesi europei (Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Italia, Paesi Bassi, Norvegia, Portogallo, Romania, Spagna, Svizzera e Regno Unito). Canada e USA attraverso NASA and alcuni laboratori in USA sono membri del Consorzio. L'Italia ha decine di posizioni di coordinamento nei Science Working Group per lo sfruttamento scientifico della missione; ha la guida dello Science Ground Segment e di molte delle Organisation Units che realizzano la pipeline di riduzione dati; le operazioni in volo degli strumenti hanno coordinamento italiano; il team di operazioni e manutenzione in volo di NISP è basato in Italia.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>L'industria italiana contribuisce alla realizzazione sia degli strumenti che del satellite. Il contributo agli strumenti, finanziato da ASI, ha visto coinvolta la OHB-Italia di Milano per la realizzazione delle unità di elettronica calda e della ruota porta grism (GWA). E' in corso la gara per l'assegnazione del contratto per la realizzazione del Data Processing Center italiano. Il prime industriale del satellite è la ThalesAlenia Spazio di Torino. Numerose altre ditte hanno fornito elementi HW, SW e servizi per la realizzazione di elementi della missione (infrastrutture di laboratorio, etc)</p>	

**A cura di:** Luca Valenziano, INAF-Osservatorio di Astrofisica e scienza dello Spazio, Bologna

<b>Missione: HERMES</b>	<a href="https://www.media.inaf.it/tag/hermes/">https://www.media.inaf.it/tag/hermes/</a>
-------------------------	---

**Area:** Alte Energie; **Fase:** Realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>HERMES Technologic and Scientific Pathfinder è una costellazione di sei nano-satelliti 3U che ospitano rilevatori di raggi X semplici ma innovativi per il monitoraggio di transitori cosmici ad alta energia come i lampi di raggi gamma e le controparti elettromagnetiche di Gravitational Wave Events. L'obiettivo principale di HERMES-TP/SP è dimostrare che la posizione accurata dei transienti cosmici di alta energia può essere ottenuta usando hardware miniaturizzato, con un costo di almeno un ordine di grandezza inferiore a quello degli osservatori spaziali scientifici convenzionali, e tempi di sviluppo di pochi anni. La posizione del transiente viene ottenuta studiando il tempo di ritardo dell'arrivo del segnale a diversi rivelatori ospitati da nano-satelliti su orbite terrestri basse. A tal fine, particolare cura è prestata nel raggiungere la migliore risoluzione e accuratezza temporale possibile, con l'obiettivo di raggiungere una precisione complessiva di una frazione di micro-secondo. Il detector system di HERMES è anche il precursore dello strumento XGIS di Theseus, basato su identiche tecnologie.</p> <p>Il progetto HERMES-TP è finanziato dal Ministero italiano dell'istruzione, dell'Università e della ricerca e dall'Agenzia Spaziale Italiana (<a href="http://www.dsf.unica.it/hermes">www.dsf.unica.it/hermes</a>). Il progetto HERMES-SP è finanziato dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione europea nell'ambito della convenzione di sovvenzione n. 821896 (<a href="http://www.hermes-sp.eu">www.hermes-sp.eu</a>). HERMES-TP/SP coinvolge un gran numero di istituti, Università e piccole e medie imprese in Italia e Europa, tra cui INAF, Politecnico di Milano, Università di Cagliari, Palermo, Udine, Pavia, Ferrara, Federico II, Fondazione Bruno Kessler, INFN Trieste, Università di Tubingen, Budapest, Nova Goriza, DEIMOS, SKYLABS, C3S, AALTA. Il progetto è in una avanzata fase di realizzazione, la Critical Design Review di payload e spacecraft è prevista per i mesi di maggio/giugno 2020. La costellazione dovrebbe essere testata in orbita a partire dall'inizio del 2022.</p> <p>HERMES-TP/SP è intrinsecamente un esperimento modulare che può essere espanso in modo naturale per fornire un monitor globale a cielo aperto sensibile per transitori ad alta energia.</p>	
<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc...,Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>INAF è responsabile dello sviluppo implementazione e test del payload. Lo sviluppo del payload vede coinvolti anche Fondazione Bruno Kessler, Università di Udine, INFN Trieste, Politecnico di Milano. Politecnico di Milano è responsabile dello sviluppo implementazione e test dello spacecraft e dell'integrazione e test di spacecraft e payload. Università di Cagliari è responsabile dello sviluppo del Science Operation Center che sarà poi ospitato da ASI SSCDC e dello sviluppo del software di alto livello per la determinazione delle posizioni dei transienti. ASI è responsabile per l'iniezione in orbita della costellazione.</p>	
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Università di Tubingen, Budapest, Nova Goriza. DEIMOS Spagna, SKYLABS Slovenia, C3S Ungheria, AALTA slovenia e IHEP-CAS Cina sono coinvolti nei progetti HERMES-TP e HERMES-SP. Collaborazioni sono in via di definizione con Università di Melbourne e Agenzia Spaziale Australiana nell'ambito dei progetti SkyHopper e Spirit.</p>	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
Nessuno.	

**A cura di:** Fabrizio Fiore, INAF-Osservatorio Astronomico di Trieste

## **Missione: IXPE - Imaging X-ray Polarimeter Explorer**

<https://www.media.inaf.it/tag/ixpe/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** realizzazione

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione.</b></p> <p>IXPE (Imaging X-ray Polarimeter Explorer) è una missione SMEX che volerà nel novembre 2020 a valle di una recente selezione della NASA e che si propone di realizzare misure del grado e dell'angolo di polarizzazione risolte in tempo, in energia ed in angolo. Infatti, in astronomia in raggi X, ci si aspetta che la polarizzazione possa fornire un contributo essenziale alla comprensione dei meccanismi di emissione e della geometria delle sorgenti su scale angolari non accessibili ai migliori telescopi. L'ultima misura positiva è stata effettuata negli anni '70 a bordo di un satellite dedicato ed ha permesso di estendere l'ipotesi di emissione di sincrotrone sino ai raggi X nel caso della Nebulosa del Granchio. Oggi, grazie alle tecnologie a larga scala di integrazione, è possibile sviluppare rivelatori di migliore sensibilità per ordini di grandezza. Questi rivelatori sono i Gas Pixel Detector (GPD), sviluppati dell'INFN di Pisa, con il contributo dello INAF/IAPS, con la finalità di fornire la polarizzazione e l'immagine e, in aggiunta, simultaneamente, lo spettro e le curve di luce. Questa capacità permette di aprire una nuova finestra nell'universo a raggi X. Al fuoco di ogni specchio viene posta una 'Detector Unit' in cui il GPD e la ruota porta-filtri sormontano l'elettronica di Back-End. Un payload computer serve le unità di rivelazione. Un boom estensibile permette di raggiungere la lunghezza focale di 4 metri e di includere il satellite entro il vano del lanciatore Pegasus. La valutazione competitiva della NASA ha poi selezionato il Falcon 9 (SpaceX) come lanciatore per IXPE. Le caratteristiche del GPD e l'area degli specchi permettono di studiare diverse classi di sorgenti, dalle binarie X brillanti agli AGNs deboli permettendo di comprendere i meccanismi di accelerazione nei jet, nelle Pulsar Wind Nebulae e nei Resti di Supernovae, di studiare la propagazione in campi magnetici forti in binarie X che ospitano stelle di neutroni e nane bianche e di sondare i processi di diffusione negli 'AGN radio-quiet' e nelle nubi del Centro Galattico. Inoltre questa missione permetterà, in modo nuovo, di rispondere a domande di fisica fondamentale per mezzo della misura della birifrangenza del vuoto nelle magnetars, con lo studio del possibile effetto su lunghe distanze della granularità dello spazio-tempo inoltre sarà possibile misurare gli effetti di Relatività Generale in buchi neri galattici. Grazie alle capacità di misurare una polarizzazione risolta spazialmente, si potranno studiare le diverse regioni delle Pulsar Wind Nebulae e delle Supernovae Remnants. La fase A si è conclusa a luglio 2016 mentre a novembre 2016 c'è stata la 'Site Visit' della NASA la quale il 3 gennaio 2017 ha annunciato che IXPE è stato selezionato per l'implementazione. La fase B di missione è iniziata il 3 Aprile 2017 e si è conclusa il 9 novembre 2018. Mentre la fase C/D di missione è iniziata il 13 novembre 2018 e si concluderà con il volo a Maggio 2021, la fase C/D di payload, che riguarda lo sviluppo degli items di cui è responsabile l'Italia, si è conclusa il 31 Marzo 2020 a valle della calibrazioni dei modelli da volo presso lo IAPS. La data della consegna dello strumento al MSFC è legata agli eventi del Covid-19.</p>
<b>b.</b>	<p><b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b></p> <p>Presso l'INAF c'è la PI-ship italiana mentre presso l' INFN c'è la co-PI-ship italiana. Il contributo italiano ha visto la realizzazione e la calibrazione dei rivelatori sensibili alla posizione, i Gas Pixel Detectors. L'Italia inoltre ha realizzato l'elettronica di back-end, che gestisce il rivelatore, e le filter wheels, incluse le sorgenti entrambi progettati dall' INAF ed il Payload Computer. Questi elementi sono stati integrati nello strumento di IXPE presso lo IAPS. L'Università "Roma Tre" partecipa alla definizione del piano osservativo e alla valutazione dei modelli teorici. Presso l'INAF sono state</p>

realizzate accurate calibrazioni di tutte le unità di rivelazione con l'equipaggiamento che è stato predisposta nel corso degli anni e che è stato riadattato per ospitare i modelli da volo (Instrument Calibration Equipment). Questo equipaggiamento produce radiazione monocromatica di polarizzazione nota incluso sorgenti di polarizzazione quasi nulla e nulla. Inoltre l'INAF partecipa allo sviluppo del software per la determinazione dei parametri che permettono la misura del grado e dell'angolo di polarizzazione e che verranno integrati nella pipeline per l'analisi dei dati di volo. Inoltre l'INAF partecipa alla realizzazione delle simulazioni Monte Carlo dell'esperimento e direttamente nella valutazione del fondo in orbita

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

La PI-Ship della missione è del Marshall Space Flight Center/USA (Martin Weisskopf). La collaborazione vede anche la presenza del LASP (Colorado, USA). La PI-ship italiana di IXPE è dell'INAF (Paolo Soffitta) mentre dell'INFN c'è la coPI-ship italiana (Luca Baldini). Roma Tre (Giorgio Matt) è tra i coordinatori del contributo alla teoria.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

L'industria italiana (OHB-Italia) e' stata coinvolta nella realizzazione della elettronica che gestisce l'ASIC, (elettronica di Back-End), nella realizzazione della ruota porta filtri e della sua elettronica di gestione. Le unità da produrre saranno un modello ingegneristico, un modello di qualifica, tre unità da volo ed una unità spare. L'industria italiana ha poi realizzato il Payload Computer per cui e' stato realizzato un modello ingegneristico ed un modello proto-flight.

**A cura di:** Paolo Soffitta, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma.

## Missione: JWST - James Webb Space Telescope

<https://www.media.inaf.it/tag/jwst/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** Realizzazione

### a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa/post-operativa, tempistica per le missioni in fase di studio e di realizzazione.

Il James Webb Space Telescope (**JWST**) è un telescopio spaziale finanziato ed operato da NASA, ESA e Canadian Space Agency, che osserverà nel vicino e medio infrarosso (da 0.6 a 28 micron). Verrà lanciato nella primavera del 2021 da un razzo Ariane 5 dell'ESA e verrà collocato nel punto Lagrangiano L2. Una volta in L2, osservazioni e sfruttamento scientifico saranno gestiti dallo Space Telescope Science Institute di Baltimora (USA). **JWST** sarà la più importante missione della NASA del decennio. Con uno specchio primario di 6.5 m di diametro sarà anche il più grande telescopio spaziale mai realizzato e sarà disponibile per tutta la comunità astronomica mondiale. La sua realizzazione ha richiesto lo sviluppo di tecnologia altamente innovativa, anche per rendere l'intero telescopio di peso e dimensioni compatibili con i vettori disponibili. Ad esempio, lo scudo che deve proteggere il telescopio dalla radiazione solare è costituito da 5 strati di materiale leggerissimo, ciascuno delle dimensioni di un campo da tennis, che durante il lancio saranno ripiegati su se stessi e si apriranno solo in prossimità della meta. L'ottica di **JWST** consta di tre specchi di berillio (materiale particolarmente leggero) ricoperti d'oro. Lo specchio primario è costituito da 18 segmenti esagonali; tali segmenti voleranno ripiegati su se stessi e si apriranno per assumere forma e posizione finale solo quando il telescopio arriverà a destinazione. Il telescopio è dotato di 4 strumenti, che consentono sia fotometria che spettroscopia dal vicino (NIRCam, NIRSpec, NIRISS) al medio (MIRI) infrarosso. Tutti gli strumenti consentono una vasta gamma di modi osservativi, dall'imaging ad alta risoluzione, alla coronografia, alla spettroscopia di oggetti singoli e multipli.

La durata della missione è legata al consumo di carburante necessario a mantenersi nella posizione desiderata in L2 ed eseguire le procedure osservative, ma anche ai tempi di esaurimento dei sistemi di criogenia necessari per mantenere telescopio e strumenti alle basse temperature indispensabili per operare in infrarosso. La durata prevista è pertanto di 5 anni, con la possibilità di arrivare a 10 anni se criogenia e carburante non subiranno consumi superiori alle previsioni.

**JWST** è stato concepito per quattro tematiche scientifiche principali: First Light and Reionization, Assembly of Galaxies, Birth of Stars and Proto-planetary Systems, Planets and Origin of Life.

**First Light and Reionization.** Operando nell'infrarosso **JWST** potrà vedere oggetti con età pari a quella dell'universo, 13.5 miliardi di anni; potrà quindi finalmente mostrarci le prime stelle formatesi nell'universo ancora completamente buio del dopo-Big Bang. Solo allora capiremo quando esattamente si sono formate le prime fonti di luce dell'universo e come erano fatte.

**Assembly of Galaxies.** La sensibilità nell'infrarosso consentirà di misurare le galassie più remote (quindi viste ad età giovanissime). Dal confronto con quelle intorno a noi sarà pertanto possibile ricostruire la storia della loro formazione ed evoluzione per miliardi di anni. **JWST** sarà in grado di dirci come si sono formate le galassie e per quali cause sono diventate così diverse fra loro, spirali e ellittiche, grandi e piccole, attive o ormai spente; quali sono i meccanismi che provocano la formazione delle stelle, quali sono le connessioni fra le galassie e i buchi neri al loro interno.

**Birth of Stars and Proto-planetary Systems.** **JWST** sarà in grado di vedere attraverso e all'interno delle grandi nubi di polvere dove si formano stelle e pianeti e che sono totalmente opache nel visibile. Ciò consentirà di vedere in atto i processi della nascita di stelle e pianeti che finora sono stati completamente nascosti dietro le cortine di polvere che li circonda.

**Planets and Origin of Life.** **JWST** ha a bordo speciali apparecchiature (coronografia e fotometri per i transiti di oggetti debolissimi in movimento sullo sfondo di stelle molto più brillanti) in grado di vedere deboli pianeti ruotanti intorno ad altre stelle e di studiarne le atmosfere mediante spettroscopia,



con la concreta possibilità di individuarne eventuali tracce biologiche. Inoltre potrà studiare in dettaglio oggetti del nostro sistema solare, pianeti (inclusi Plutone e Eris che hanno pochissime immagini già disponibili), comete, asteroidi e corpi minori. Contribuirà a meglio interpretare le tracce organiche trovate nell'atmosfera di Marte e quelle fornite dai vari robot atterrati sul suo suolo e a meglio comprendere le variazioni stagionali del clima dei grandi pianeti gassosi.

**b. | Principale contributo Italiano alla missione (e.g. hardware, software, etc..) .  
Principale contributo INAF**

Al momento nessuno. Nonostante l'iniziale coinvolgimento di vari ricercatori italiani, in particolare dell'INAF, a seguito della decisione dell'allora dirigenza ASI di non partecipare al progetto, gli Enti italiani sono dovuti uscire da tutti i consorzi abilitati a sviluppo e realizzazione di strumenti e componenti per **JWST**.

**c. | Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)**

**JWST** è il frutto della collaborazione internazionale fra NASA, ESA e CSA, dunque coinvolge istituzioni e industrie americane, canadesi ed europee che hanno aderito al progetto. A livello individuale molti Italiani, che sono pur sempre membri dell'ESA, sono coinvolti nella realizzazione di **JWST**, o perché dipendenti di Enti di Paesi partecipanti al Progetto o come membri di Comitati internazionali (ad esempio il **JWST** Science and Technology Advisory Committee o lo Users Committee).

A seguito di un bando emesso nel 2017 sono stati selezionati 13 programmi scientifici denominati Early Release of Science che saranno eseguiti appena il telescopio terminerà il suo commissioning. I dati di questi programmi ERS (che coprono tutte le principali tematiche di interesse) saranno resi pubblici a tutta la comunità non appena le osservazioni verranno eseguite. Ricercatori italiani sono coinvolti in 5 di questi programmi con ruoli di co-I o partecipante. Ci si aspetta inoltre che molti ricercatori e associati INAF facciano domanda per tempo di osservazione **JWST** con programmi GO (General Observer). Sarebbe fortemente auspicabile che ASI e INAF trovassero un accordo per partecipare allo sfruttamento scientifico dei dati dato il notevole interesse della comunità nazionale in questa missione e dei diritti dell'Italia in qualità di stato membro ESA.

**d. | Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Nessuno al momento.

**A cura di:** Monica Tosi, INAF-Osservatorio di Astrofisica e scienza dello Spazio, Bologna; Adriano Fontana, INAF-Osservatorio Astronomico di Roma, Roma

**Progetto: LSPE / STRIP - Large Scale Polarization Explorer**

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** realizzazione

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

Il LARGE SCALE POLARIZATION EXPLORER (LSPE) è un progetto scientifico e tecnologico finanziato da ASI, dedicato alla misura ad altissima sensibilità della polarizzazione della radiazione di fondo cosmico a microonde (CMB) a grandi scale angolari. L'obiettivo è quello di raggiungere un'elevata sensibilità grazie all'uso di mosaici di rivelatori di nuova concezione, sfruttando la possibilità di combinare il risultato di misure effettuate in un volo di pallone stratosferico con osservazioni da terra in bande elettromagnetiche complementari. La missione segue coerentemente lo "Studio di pre-fase-A per il progetto B-Pol" nel quale la comunità scientifica di riferimento individuò in un esperimento su pallone l'attività prioritaria per questo settore, al fine di acquisire dati di polarizzazione CMB a grande scala, e validare le tecnologie italiane in vista di una futura missione spaziale internazionale.

Lo strumento ad alta frequenza, SWIPE, un mosaico di bolometri a tre canali (100, 150 e 220GHz), sviluppato sotto la responsabilità dell'Università di Roma "Sapienza", è destinato ad almeno un volo su pallone stratosferico circumpolare di lunga durata durante la notte artica. Un volo della durata di 2 o 3 settimane dovrebbe consentire la scansione di più del 20% del cielo, con una sensibilità di circa un fattore 3 superiore a quella del satellite Planck ad una scala angolare dell'ordine di circa 1°.

Lo strumento coerente a bassa frequenza, STRIP, sarà installato presso l'Osservatorio del Teide a Tenerife (a 2400 m di quota), nell'ambito di una collaborazione con l'Istituto de Astrofisica de Canarias (IAC). STRIP è un array di circa 50 polarimetri a 40GHz con un canale addizionale a 90GHz a sensibilità limitata, usato principalmente per il controllo degli errori sistematici e dell'emissione atmosferica. Lo strumento, nel corso della lunga campagna osservativa prevista (al momento > 1 anno), resa possibile dall'installazione a terra, osserverà l'emissione polarizzata di un'ampia regione del cielo, incluse anche quella osservata da SWIPE, permettendo la misura e rimozione delle emissioni di fore-ground, principalmente sincrotrone e free-free, ad una scala angolare di circa 1°. Il numero e le performance dei radiometri di nuova generazione usati per STRIP, insieme alla durata delle osservazioni, consentirà di raggiungere una sensibilità nelle bande in oggetto superiore di un fattore 2-3 a quella di Planck. Le osservazioni saranno condotte mediante un telescopio in configurazione "crossed Dragone", fuori asse con specchio parabolico primario di 1.8 m ed un secondario iperbolico di dimensioni comparabili, capace di generare un'ampia superficie focale con aberrazioni e componenti di cross-polarizzazione particolarmente basse. Durante le osservazioni il telescopio, che alloggerà sulla sua struttura sia lo strumento che buona parte dei sistemi di supporto (compressori, chiller, elettronica etc.), dovrà costantemente ruotare attorno al suo asse verticale con una velocità di circa 1 rpm per permettere una scansione del cielo tale da facilitare la riduzione dati e l'analisi combinata con quelli che saranno prodotti dallo strumento ad alta frequenza. L'integrazione e l'installazione al sito osservativo del telescopio, una struttura di circa 5 m di altezza per circa 5 t di peso, costituiscono una delle sfide tecniche e programmatiche principali del progetto.

Lo strumento SWIPE è in attesa della organizzazione del volo circumpolare di pallone che dovrà svolgersi nell'inverno artico mentre l'inizio delle osservazioni di STRIP è al momento programmato per la seconda metà del 2021, in modo da aver accumulato, al tempo del volo su pallone, una quantità sufficiente di dati da consentire un'ottimale analisi scientifica combinata con i risultati di SWIPE.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc.. Principale/i contributo/i INAF**

LSPE è un progetto italiano, a guida nazionale, finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana tramite un contratto cofinanziato dagli Enti di Ricerca che vi partecipano. La missione, sia per quanto riguarda gli obiettivi scientifici che per i principali sistemi hardware e software, è stata progettata e viene realizzata completamente in Italia. Le osservazioni, le operazioni dello strumento e l'analisi

dei dati, saranno condotte sotto la guida italiana mediante software e pipeline di riduzione dati realizzate in Italia. In ambito nazionale, la missione è costruita sui contributi di un'ampia collaborazione costituita, oltre che dall'INAF, dalle Università di Roma "Sapienza", Milano Statale, Milano Bicocca, con contributi fondamentali da parte di altri enti di ricerca quali il CNR (IFAC, IEIIT) e dell'INFN, più un certo numero di partner internazionali.

L'INAF è fortemente coinvolto nello sviluppo dello strumento a bassa frequenza STRIP. Le due strutture INAF che partecipano al progetto, l'OAS di Bologna (coordinatore: G. Morgante) e l'Osservatorio Astronomico di Trieste (coordinatore: A. Zacchei), hanno la responsabilità dello strumento a livello ingegneristico, dell'implementazione di buona parte dell'hardware e del software e guidano un buon numero di pacchetti di lavoro. In particolare:

- *system engineering* dello strumento;
- *system engineering* del telescopio;
- progettazione, realizzazione e test del criostato e di tutto il sistema criogenico;
- progettazione, realizzazione e test del calibratore polarizzato;
- AIV *management* dello strumento (integrazione e test a livello di sistema dello strumento);
- AIV *management* del telescopio (integrazione e test a livello di sotto-sistema e di sistema);
- progettazione delle antenne a *feed-horn*;
- analisi elettromagnetica dell'intero sistema ottico (antenne + telescopio),
- *pipeline* di acquisizione, *storage* ed analisi dati;
- *software* di controllo dello strumento;
- progettazione e realizzazione dell'EGSE.

Inoltre, dopo la consegna ad ASI del sistema strumento – telescopio, l'INAF gestirà a livello di progetto il nuovo contratto per il supporto all'installazione, al *commissioning*, alle operazioni ed osservazioni al sito.

#### **c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**

Pur essendo un progetto a guida italiana, LSPE si basa su un'ampia una collaborazione internazionale. La partecipazione estera è costituita principalmente da contributi strumentali (polarimetri, componenti del telescopio di STRIP) e dalla disponibilità del sito osservativo ed è composta dai seguenti partner:

USA (JPL – Caltech), UK (Università di Oxford, Cardiff, Manchester e Cambridge), Spagna (Istituto de Astrofisica de Canarias), Chile (Universidad de Chile)

#### **d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Nello sviluppo di LSPE non c'è un *prime contractor* che guida la realizzazione hardware o software. Gli strumenti sono, come detto, direttamente integrati presso le *facility* degli Istituti scientifici, inclusi sistemi di grandi dimensioni e di punta come i criostati, il telescopio, l'elettronica o il software. Per questi sistemi, come per un certo numero di soluzioni tecnologiche, anche innovative, si è chiesto e si sta chiedendo un importante contributo industriale ad una serie di piccole e medie imprese sparse sul territorio nazionale.

Elenco dei principali contributi industriali:

- Criostato dello strumento: MORI Meccanica srl, Parma.
- Cavi, connettori e passanti elettrici criogenici: Allectra Italy, Roma.
- Criostato del calibratore polarizzato: MORI Meccanica srl, Parma.
- Studio strutturale e meccanico del telescopio: BCV ingegneria srl, Milano.

**A cura di:** Gianluca Morgante, INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio, Bologna.

## **Missione: PLATO - PLANetary Transits and Oscillations of stars**

<https://www.media.inaf.it/tag/plato/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** realizzazione

### **a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione**

PLATO – acronimo di PLANetary Transits and Oscillations of stars - è una missione di classe media, la M3 del programma Cosmic Vision dell'ESA. Selezionata per farne uno studio di fattibilità nel 2008, la missione è stata approvata nel febbraio del 2014. La sua principale ambizione è fornire un catalogo completo di pianeti con massa, dimensione ed età misurate con grande precisione, includendo anche pianeti di tipo terrestre in orbita nelle regioni abitabili delle stelle di tipo solare. Per ottenere questo risultato, PLATO dovrà osservare stelle brillanti, perché, solo per esse si può determinare anche la massa misurandone le variazioni di velocità radiale con gli spettrografi ad alta risoluzione al fuoco dei grandi telescopi terrestri.

PLATO è stato progettato quindi per osservare un'ampia regione di cielo in modo da poter raccogliere la luce di un gran numero di stelle brillanti. Il progetto ottico è estremamente innovativo. La necessità di avere un grande campo di vista e contemporaneamente un'area di raccolta relativamente grande non possono essere soddisfatti da un telescopio tradizionale. Per questo si è scelto di segmentare il telescopio in tanti piccoli telescopi, tutti con lo stesso campo di vista, che, osservando le stesse sorgenti, forniscono l'apertura equivalente di un telescopio più grande. Ogni telescopio, di apertura 12 cm, ha un campo di vista di circa 1100 gradi quadrati. In totale 24 telescopi, montati sul satellite in 4 gruppi lievemente disallineati tra loro, forniscono un campo di vista di quasi 2400 gradi quadrati e un'apertura equivalente che varia nel campo di vista in modo da avere un numero sufficientemente elevato di stelle per ogni tipo che si vuole osservare con la sensibilità di misura richiesta dagli scopi scientifici della missione. Altri 2 telescopi sono ottimizzati per osservare stelle molto brillanti (magnitudine 4-8), ognuno dei due specializzato in luce blu e rossa, rispettivamente.

Nel piano focale di ogni telescopio i dati sono raccolti da un CCD con 4510 x 4510 pixels che viene letto con cadenza 25 s (2.5 s per i due telescopi dedicati alle stelle brillanti). Due regioni del cielo saranno monitorate per periodi lunghissimi, dell'ordine di 2-3 anni ciascuna, per cercare anche i pianeti che come la Terra hanno periodo orbitale dell'ordine dell'anno, mentre altre regioni saranno osservate per diversi mesi.

A fine missione PLATO avrà così scandagliato oltre metà del cielo. I dati disponibili saranno costituiti da serie temporali della luminosità di oltre un milione di stelle più brillanti della magnitudine visuale 13. Per circa ventimila di queste simili al Sole i dati raccolti da PLATO permetteranno di misurare, con precisione mai raggiunta prima, massa, raggio ed età dei pianeti, anche di quelli in orbite simili a quella terrestre.

L'informazione sull'età permetterà per la prima volta di tracciare l'evoluzione dei sistemi planetari, seguendo i possibili percorsi che portano alla formazione dell'atmosfera, e alle sue trasformazioni, per diversi tipi di stelle e per diverse configurazioni ambientali (es., presenza di compagni stellari, composizione chimica).

PLATO è programmato per essere lanciato nel 2026 dalla base di Kourou dell'ESA con un razzo Soyuz 2-1b (il satellite è sviluppato in modo da essere anche compatibile con il lanciatore Ariane 6). Dopo una fase di crociera, entrerà in orbita attorno al punto Lagrangiano L2 del sistema Terra- Sole a circa 150 milioni di km dalla Terra. Da lì inizieranno le osservazioni per 4 anni (goal 6.5 anni), fornendo dati scientifici per almeno il 95% del tempo. Il satellite PLATO è stabilizzato su tre assi e ha una massa di circa 2000 kg. Il satellite è progettato e costruito per l'Agenzia Spaziale Europea da un pool di imprese europee guidate dal PLATO Core Team (OHB, ThalesAlenia e RUAG).

PLATO ci fornirà un importante censimento dei sistemi esoplanetari vicini nella Galassia, completando la catalogazione stellare iniziata con la missione Gaia. Il catalogo finale di PLATO sarà l'atlante di riferimento da cui partire per studiare in modo sistematico le atmosfere planetarie dei pianeti di tutti i tipi, e per trovare mondi simili al nostro, dove eventualmente scoprire indizi dello sviluppo della vita.

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Il payload di PLATO è costituito dal sistema Camere, un insieme di 26 telescopi compresi di piano focale ed elettronica, e dal Data Processing System, che comprende l'elettronica di bordo. Alla sua progettazione e costruzione contribuiscono l'Agenzia Spaziale Europea e undici paesi europei che fanno parte del PLATO Mission Consortium, i cui membri si occupano anche della definizione e verifica dei requisiti scientifici, del supporto alla realizzazione dello strumento e della preparazione delle procedure di acquisizione e analisi dati.</p> <p>L'Italia è responsabile <i>i</i>) del coordinamento delle attività di MAIV (svolte in undici paesi europei) e della consegna del sistema Camere; della fornitura: <i>ii</i>) di 26 Telescope Optical Units (TOUs); <i>iii</i>) dell'Instrument Control Unit (ICU); e <i>iv</i>) del PLATO Input Catalog (PIC), che include la selezione dei campi stellari e delle specifiche stelle da osservare. Inoltre il team Italiano contribuisce alle attività di preparazione scientifica e a quelle concernenti il segmento di terra, queste ultime gestite in ambito ASI Space Science Data Center (SSDC).</p> <p>Il coordinamento del <i>Camera System</i> vede coinvolti i ricercatori e tecnologi dell'INAF di Catania, Bologna (OAS), Roma (IAPS), e Padova, che lavorano in stretto coordinamento con il team PLATO dell'ESA. I telescopi di PLATO (<i>Telescope Optical Units</i>) sono stati progettati in Italia dai ricercatori e tecnologi dell'INAF di Padova, Catania e Milano (OAB), e sono rifrattori che impiegano 6 lenti, una delle quali asferica. La realizzazione è affidata, con contratto ASI dedicato, a un raggruppamento di imprese costituito da Leonardo SrL, TAS-IT, Media Lario, con il supporto scientifico del team INAF. Il computer di bordo, l'<i>Instrument Control Unit</i>, è stato progettato da ricercatori dell'INAF di Firenze, Roma (IAPS) e della sede di La Palma presso il Telescopio Nazionale Galileo, sia per quanto riguarda l'architettura HW che SW. Le attività per il <i>PLATO Input Catalog</i> (PIC) sono coordinate da UNIPd con la partecipazione di INAF, e di ASI SSDC che ne cura l'implementazione nel PLATO Data Center di cui è parte. INAF-OACT gestisce la pagina web e l'account twitter del PLATO Mission Consortium.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Diverse centinaia gli scienziati europei che a diverso titolo collaborano alla preparazione della missione, coordinati in un consorzio (<i>PLATO Mission Consortium</i>, PMC) che contribuisce alla costruzione del Payload, alla preparazione scientifica della missione (PLATO Science Management), e al PLATO Data Center. I Paesi membri del Board del Consorzio PLATO sono: Austria, Belgio, Brasile, Danimarca, Francia, Germania, Italia, Portogallo, Spagna, Svezia, Svizzera e UK. Partecipano alla missione anche Norvegia, Repubblica Ceca, e Danimarca.</p> <p>Il Consorzio PLATO è guidato da un PI (Heike Rauer, DLR Berlino) e due co-PI (Isabella Pagano, INAF, e Miguel Mas-Hess, INTA).</p> <p>L'Italia ha la leadership del sistema Camere, coordinando i contributi di 11 nazioni e di ESA; la leadership dei TOU (cui collaborano L'Univ. di Berna e l'Università di Stoccolma), e la leadership dell'ICU (cui contribuisce l'IWF di Graz, Austria).</p> <p>Tra i principali contributori al consorzio, l'Italia è rappresentata nei comitati di alto livello che coordinano la missione da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isabella Pagano (INAF-OACT): membro del PLATO Mission Board</li> <li>• Giampaolo Piotto (UNIPD): membro del PLATO Mission Board e del PLATO Working Science Team.</li> <li>• Roberto Ragazzoni (INAF-OAPD) membro del PLATO Working Science Team.</li> </ul> <p>Sono coinvolti in PLATO ricercatori e tecnologi delle sedi INAF di Arcetri, Bologna (OAS), Cagliari, Capodimonte, Catania, Milano (OAB), Padova, Palermo (OAPA), Teramo, Torino, Roma (OAR, IAPS); da ricercatori e docenti delle Università di Catania, Milano, Padova e Palermo; da ricercatori dell'ASI.</p>	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Un raggruppamento temporaneo di imprese composto da Leonardo SpA (Campi Bisenzio, Firenze), Thales Alenia Space (Torino) e Media Lario (Bosisio Parini, LC) si occupa della realizzazione dei <i>Telescope Optical Units</i>. Kayser Italia (Livorno) si occupa della realizzazione dell'<i>Instrument Control Unit</i>.</p>	

**A cura di:** Isabella Pagano, INAF-Osservatorio Astrofisico di Catania



## Missione: Comet Interceptor

<https://www.media.inaf.it/tag/comet-interceptor/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** studio, realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>“Comet Interceptor” è stata selezionata da ESA nel giugno 2019 come missione di classe F (Fast). Comet interceptor è costituita da un set di sonde spaziali compatte e agili che hanno l’obiettivo di studiare in dettaglio un oggetto “incontaminato”, una cometa oppure un oggetto interstellare, che entrano per la prima volta nel Sistema Solare interno. Alessandra Rotundi dell’Università “Parthenope” di Napoli è CoPi della Missione.</p> <p>Comet Interceptor è composto da più elementi che comprendono una piattaforma primaria (S/C A), che funge anche da hub delle comunicazioni, e da due sub-spacecraft (S/C B1 e B2) che consentiranno l’osservazione del target da più punti di vista.</p> <p>La sonda Comet Interceptor sarà lanciata insieme alla missione ARIEL di ESA nel 2028 e portata fino al punto Lagrangiano L2 del sistema Sole-Terra, dove risiederà fino all’identificazione dell’obiettivo; una volta scelto il target, le sonde S/C A, B1 e B2 si muoveranno unite verso esso e una volta raggiunto si separeranno per cominciare la fase scientifica.</p> <p>L’INAF-IAPS coordina e fornisce supporto scientifico e tecnico alla missione Comet Interceptor, in collaborazione con il CNR-IFN di Padova, l’INAF-OAPD e con l’Università degli Studi di Napoli “Parthenope”.</p> <p>Il supporto alle attività di Fase 0 e Fase A da parte dei team italiani, fino al secondo trimestre del 2021, include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Definizione preliminare del HW (requisiti e capacità di misura).</li> <li>● Interazione con esperti tecnici dell’ESA nell’ambito della definizione della missione di fase 0 ed A.</li> </ul>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>L’INAF-IAPS di Roma insieme all’INAF-OAPD, al CNR-IFN di Padova e all’università Parthenope con il contributo dell’ASI parteciperà alla missione Comet fornendo il sensore DISC (Dust Impact Sensor and Counter) PI: Vincenzo Della Corte (INAF-IAPS) e la testa ottica della fotocamera EnVisS (Entire Visible Sky) co-PI: Vania Da Deppo (CNR-IFN).</p> <p>In particolare, l’INAF-IAPS insieme all’Università degli Studi di Napoli Parthenope sono responsabili dello strumento DISC facente parte del pacchetto di strumenti DFP (di cui Vincenzo Della Corte è CoPI)</p> <p>Lo scopo di DISC, uno dei sensori che costituiscono lo strumento DFP, che sarà installato a bordo di S/C A e S/C B2, è quello di studiare e caratterizzare l’ambiente di polvere della chioma cometaria. In particolare, è dedicato alla misura di particelle con dimensioni comprese nell’intervallo da 1 a 100 micron, di cui fornirà il numero e la massa di ognuna, e quelle con dimensioni &gt; 100 micron, di cui si effettuerà il conteggio.</p> <p>Il sensore DISC presenta un alto livello di eredità dallo strumento GIADA, parte del payload della missione ESA/Rosetta.</p> <p>Il CNR-IFN di Padova con INAF-OPAD è responsabile di EnVisS.</p> <p>EnVisS è una camera dotata di un sistema ottico fish-eye, quindi con un campo di vista molto ampio, che permetterà di acquisire l’immagine di tutta la chioma della cometa. Grazie ai filtri di cui sarà dotata la camera, EnVisS <i>coma mapper</i> potrà mappare la distribuzione di alcuni elementi presenti nella chioma della cometa e anche fare analisi polarimetriche per caratterizzare la distribuzione della polvere.</p>	



<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Entrambi gli strumenti fanno parte di consorzi internazionali che coinvolgono Istituti europei. Per quanto riguarda DISC che fa parte del dello strumento DFP il consorzio è costituito da istituti che provengono da: Polonia, Repubblica Ceca, Germania, Francia, Svezia, Austria.</p> <p>Per quanto riguarda EnVisS il consorzio è costituito da istituti che provengono da: Gran Bretagna, Spagna e Finlandia.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Per entrambi i contributi Hardware Leonardo SpA sarà prime industriale durante la fase A supportata direttamente da ESA ma in stretta collaborazione con gli Istituti</p>	

**A cura di:** Vincenzo Della Corte, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma; Alessandra Rotundi, Università “Parthenope”, Napoli; Vania Da Deppo CNR-IFN; Claudio Pernechele, INAF-Osservatorio Astronomico di Padova, Padova.

## Missione: Solar-C EUVST

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** studio e realizzazione:

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

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 2025 uno spettrografo con capacità di produrre simultaneamente immagini e spettri del Sole denominato *Extreme UltraViolet High-Throughput Spectroscopic Telescope (EUVST)*.

La missione è stata approvata all'inizio del 2020 dalla JAXA come “*Competitively Chosen M-class #4*”. Il lancio è attualmente previsto con razzo Epsilon della JAXA per la seconda metà del 2025 in un'orbita eliosincrona all'altezza di 650 km e inclinazione di 98°. La durata nominale della missione è di 24 mesi.

Si tratta di uno degli strumenti di prossima generazione per lo studio dallo spazio del Sole, i cui obiettivi scientifici primari sono:

- comprendere come processi fondamentali di plasma portano alla formazione dell'atmosfera e del vento solare, e
- comprendere come l'atmosfera solare diviene instabile, rilasciando l'energia che produce eruzioni e brillamenti solari.

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

- 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.

EUVST potrà perseguire tali obiettivi scientifici grazie alle più complete osservazioni spettroscopiche dell'atmosfera solare finora ottenute, combinando una copertura simultanea di temperatura dei plasmi solari senza precedenti ( $5 \times 10^4$  -  $2 \times 10^7$  K, quasi tre ordini di grandezza), un'elevatissima risoluzione spaziale (0.4 arcsec o 300 km sul Sole) e temporale (con cadenze fino a 0.1 s), prestazioni ottenute anche grazie a un aumento di almeno un ordine di grandezza della sua area efficace rispetto ai suoi predecessori. Infine, la capacità di ottenere immagini di contesto attraverso un sistema di “*slit-jaw imaging*” renderà più efficace il coordinamento con altri strumenti e osservatori di punta previsti in operazione nella metà di questa decade, come Solar Orbiter e DKIST (*Daniel K. Inouye Solar Telescope*).

Pertanto, EUVST potrà osservare per la prima volta l'atmosfera solare come un unico sistema: dalla fotosfera, attraverso la cromosfera, fino alla corona, e includendo i plasmi più caldi osservabili durante i brillamenti solari, e risolvendo allo stesso tempo le strutture a piccola scala spaziale e temporale, oltre che naturalmente ottenendo informazioni spettroscopiche sulla dinamica dei processi elementari in gioco, arrivando a risolvere per esempio fluttuazioni di velocità di 2 km/s.

È opportuno sottolineare che gli obiettivi scientifici di questa missione sono complementari e tuttavia strettamente connessi agli obiettivi scientifici delle missioni Solar Orbiter e Proba-3,

progetti in cui la comunità eliofisica italiana è fortemente coinvolta. In particolare, Solar-C\_EUVST indagherà sui processi alla base della corona, mentre i fenomeni di propagazione e deposito di massa ed energia nella corona esterna e nel vento solare sono invece gli obiettivi primari del coronografo Metis su Solar Orbiter.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc..Principale/i contributo/INAF**

Il contributo italiano alla missione è principalmente hardware: si tratta di fornire il sistema di fenditure dello spettrografo, incluso il meccanismo di cambio delle varie fenditure. Questo tipo di contributo s'innesta nella tradizione dell'industria spaziale italiana di meccanismi di precisione e spettroscopia.

I tre principali istituti italiani coinvolti della missione sono:

- INAF/Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Napoli;
- Università di Padova, Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”;
- CNR/Istituto Fotonica e Nanotecnologie, Padova.

A questi istituti, ciascuno con un co-I nella missione, si uniscono ricercatori di altri istituti INAF (Torino, Roma, Catania) e delle Università di Palermo, Catania e Roma “Tor Vergata”.

La collaborazione degli istituti italiani coinvolti è guidata da INAF/OAC Napoli.

Nel 2019 l'INAF ha finanziato la fase A del contributo italiano.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Solar-C\_EUVST è una missione di collaborazione internazionale guidata dalla agenzia del Giappone, JAXA. Gli altri paesi partecipanti alla collaborazione sono:

- USA: NRL (*Naval Research Laboratory*), LMSAL (*Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory*);
- Italia: INAF, Univ. Padova, CNR/INF Padova;
- Germania: MPS (*Max-Planck Institut für Sonnensystemforschung*);
- Francia: IAS (*Institut d'Astrophysique Spatiale*);
- UK: RAL (*Mullard Space Science Laboratory*), UCL, MSSL (*Mullard Space Science Laboratory*);
- Svizzera: PMOD/WRC (*Physical Meteorological Observatory in Davos/World Radiation Centre*).

Inoltre, Solar-C\_EUVST verrà probabilmente proposta come *Mission of Opportunity* nello *Science Programme* dell'ESA.

Il contributo italiano hardware proposto, il sistema di fenditure, è un sottosistema cruciale, e le interazioni e le interfacce sono in pratica richieste con tutti gli altri enti internazionali della collaborazione Solar-C\_EUVST.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Le attività di Fase A sono state finanziate da INAF nel 2019 e, a seguito di un bando di gara, sono state portate avanti da Thales Alenia Space Italia.

A cura di: Vincenzo Andretta, INAF - Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Napoli

**Missione: ARIEL** - Atmospheric Remote-Sensing Infrared Exoplanet Large survey  
<https://www.media.inaf.it/tag/ariel/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** studio e realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>ARIEL è stata selezionata nel marzo 2018 da ESA come quarta missione di classe media (M4) del Programma Cosmic Vision, per un lancio nel 2028.</p> <p>Durante i 4 anni di missione nominale ARIEL studierà la composizione degli esopianeti, la loro formazione ed evoluzione, osservando le atmosfere di un campione accuratamente selezionato di circa un migliaio di pianeti extrasolari, simultaneamente in ottico e in infrarosso. Si tratta della prima missione interamente dedicata alla misura della composizione chimica e della struttura termica delle atmosfere di un grande numero di esopianeti transitanti, che porterà la scienza planetaria oltre i limiti del nostro sistema solare.</p> <p>ARIEL avrà un telescopio di classe 1m che sarà realizzato in Italia e osserverà, simultaneamente nella banda da 0.5 a 7,8 micron, con un sistema misto di fotometria e spettroscopia, principalmente pianeti transitanti. ARIEL consentirà di passare dalla fase di scoperta a quella di studio della fisica e della chimica degli esopianeti e delle loro atmosfere, rispondendo ad alcune domande fondamentali, tra cui:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ qual è la composizione degli esopianeti;</li> <li>▪ quanto diverse possono essere le atmosfere dei pianeti;</li> <li>▪ come si formano e si evolvono gli esopianeti;</li> <li>▪ come l'atmosfera e la sua evoluzione dipende dalle proprietà del pianeta, della stella ospite e dell'ambiente.</li> </ul> <p>ARIEL utilizzerà una strategia osservativa a 4 livelli (Tier):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tier 1 (Survey): include un migliaio di esopianeti per i quali sarà possibile verificare l'esistenza o meno di un'atmosfera di elementi leggeri e la presenza di nubi; questi esopianeti potranno essere classificati dal loro colore in popolazioni con differenti proprietà;</li> <li>▪ Tier 2 (Deep Survey): circa la metà dei pianeti della Survey saranno osservati con un rapporto segnale rumore maggiore per determinarne la composizione chimica, la struttura termica e caratterizzarne le eventuali nubi;</li> <li>▪ Tier 3 (Benchmark): per un centinaio di pianeti sarà possibile studiarne il clima, anche in termini di variabilità temporale e spaziale.</li> <li>▪ Tier 4 (Curve di fase): si tratta di un campione di pianeti non necessariamente transitanti per i quali sarà possibile studiare la riflessione e l'emissione termica in posizioni diverse lungo la loro orbita.</li> </ul>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>L'Italia è uno dei maggiori contributori della missione, avendo la responsabilità di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• telescopio,</li> <li>• elettronica di bordo,</li> <li>• coordinamento contributo di Consorzio al Science Ground Segment.</li> </ul> <p>Relativamente al telescopio l'Italia ne fornirà il disegno, la struttura, il banco ottico e gli specchi. Si tratta di un progetto innovativo, per la cui realizzazione si sta costruendo e qualificando il prototipo dello specchio primario a dimensioni finali. Infatti, lo specchio sarà realizzato interamente in</p>	

alluminio, così come la struttura, con una tecnologia che non è mai stata utilizzata per strumenti da volo di queste dimensioni.

L'Italia è inoltre responsabile dei componenti hardware e software dell'elettronica degli strumenti di bordo e dell'analisi termica del sistema.

Infine l'Italia è responsabile dell'ARIEL Instrument Operations and Data Centre, il contributo del Consorzio al Science Ground Segment della Missione, per l'analisi dei dati e delle performance della missione, fornendo anche, attraverso l'ASI SSDC, l'infrastruttura per la produzione dei dati di Livello 3 (dati scientifici finali).

L'Italia ha anche un ruolo importante per la preparazione scientifica della missione, incluso la determinazione delle proprietà delle stelle ospiti, la definizione del campione di target da osservare, la definizione delle osservazioni di supporto e l'analisi delle effettive capacità scientifiche della missione.

Il contributo italiano, finanziato dall'ASI, è coordinato da INAF, che esprime i 2 Co-PI nazionali, e vede la partecipazione dell'Università di Firenze, dell'Università di Roma "Sapienza" e del CNR.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

ARIEL è un Consorzio Europeo (guidato da UK) composto da 17 nazioni, a cui si aggiunge USA (NASA/JPL). L'Italia esprime ruoli di alti livelli per la missione, tra cui:

- i 2 Co-PI nazionali (INAF),
- Mission Scientist (Università di Roma "Sapienza"),
- Italy Program Manager (Università di Firenze)
- Telescope Assembly Lead (Università di Firenze)
- Thermal System Lead (INAF)
- Electrical System e ICU Lead (INAF)
- IOSDC Lead (INAF)

Infine, ricercatori italiani coordinano alcuni dei working group scientifici della missione.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

L'Italia fornirà il telescopio di ARIEL e l'elettronica di bordo. Questi elementi saranno realizzati con contratti industriali in Italia e plausibilmente affidati a industrie nazionali.

Già in fase A e B1 ESA ha richiesto la realizzazione di un prototipo dello specchio primario con le dimensioni finali per la messa a punto del processo di lavorazione al livello richiesto TRL 6. La realizzazione del prototipo, con la forma prevista e con una parte di alleggerimento, è stata realizzata in fase A dalla società Media Lario s.r.l., che attualmente sta sviluppando il processo di stabilizzazione del materiale, di polishing e di coating in argento.

In generale le attività industriali previste dal contributo italiano corrispondono a competenze presenti nel territorio nazionale dove, soprattutto per alcuni temi specifici, esiste un'esperienza importante sviluppata per altre missioni spaziali

**A cura di:** Giuseppina Micela, INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo, Palermo; Giuseppe Malaguti, INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio, Bologna

## **Missione: eXTP - enhanced X-ray Timing and Polarimetry**

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** studio e realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
	<p>eXTP (enhanced X-ray Timing and Polarimetry) è un osservatorio in raggi X in fase di sviluppo da parte della Chinese Academy of Sciences (CAS), con un importante contributo da parte di un largo consorzio europeo che include Italia, Spagna, Germania, Svizzera, Francia, Repubblica Ceca, Polonia, Danimarca, Olanda. Una possibile partecipazione dell'ESA, attraverso una Mission of Opportunity, è in corso di studio. La missione si trova attualmente in Fase B, per un lancio in orbita bassa equatoriale ad oggi previsto per la fine del 2027.</p> <p>Gli obiettivi scientifici primari della missione riguardano lo studio del comportamento della materia e della radiazione in condizioni estreme di gravità (studio dell'accrescimento su oggetti compatti e delle previsioni della Relatività Generale in regime di campo gravitazionale forte), di densità (studio dell'equazione di stato della materia ultradensa all'interno delle stelle di neutroni e delle previsioni della cromo-dinamica quantistica) e di magnetismo (gli effetti di elettro-dinamica quantistica in presenza di campi magnetici ultracritici). Questi obiettivi principali - che verranno raggiunti attraverso l'osservazione di buchi neri stellari e supermassicci, stelle di neutroni isolate e binarie, pulsar X e magnetars - saranno complementati da osservazioni ad alta sensibilità di pressochè tutte le classi di sorgenti che popolano il cielo in raggi X. eXTP consentirà infatti per la prima volta osservazioni ad alta statistica (grazie alla sua grande area di raccolta), studiando simultaneamente le caratteristiche temporali, spettroscopiche e polarimetriche dell'emissione, nella banda 0.5 - 30 keV. Il breakthrough scientifico di eXTP sarà permesso da una suite di strumenti senza precedenti a bordo del payload scientifico: il Large Area Detector (LAD, 2-30 keV: 640 camere a deriva di silicio di grande area, campo di vista collimato a 1°, area effettiva complessiva &gt;3 m<sup>2</sup> a 6 keV, risoluzione energetica &lt;250 eV FWHM a 6 keV); lo Spectroscopy Focusing Array (SFA, 0.5-10 keV: 9 telescopi in raggi X con campo di vista 12', PSF &lt;1', area effettiva &gt;0.6 m<sup>2</sup> a 1 keV, risoluzione energetica &lt;180 eV FWHM a 6 keV); il Polarimetry Focusing Array (PFA, 2-10 keV: 4 telescopi con campo di vista 12', PSF &lt;30", rivelatore polarimetrico Gas Pixel Detector, area effettiva complessiva &gt;380 cm<sup>2</sup> a 3 keV); il Wide Field Monitor (WFM, 2-50 keV: 6 camere a maschera codificata con campo di vista complessivo &gt;3 steradiani, risoluzione angolare &lt;5 arcmin, risoluzione energetica &lt;500 eV FWHM a 6 keV).</p> <p>La responsabilità scientifica dei 4 esperimenti sarà suddivisa tra Cina ed Europa: la Cina ha la responsabilità primaria del SFA e PFA, mentre l'Europa ha la responsabilità del LAD (Italia) e del WFM (Spagna). Il satellite, il lancio ed i servizi di terra saranno forniti dalla Cina. Il ground segment scientifico sarà condiviso tra Cina ed Europa, con un Chinese Science Data Center ed uno European Science Data Center.</p> <p>La missione opererà come un osservatorio, con un Core Program ed un Guest Observer Program, per un minimo di 5 anni.</p>

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
	<p>Il contributo italiano alla missione eXTP vede coinvolti ASI, INAF, INFN, FBK e diverse università italiane. Il team scientifico è guidato dall'INAF. I contributi italiani riguardano tutti e 4 gli esperimenti che costituiscono il payload scientifico della missione (LAD, WFM, SFA e PFA), uno dei quali (il LAD) con responsabilità di PI-ship, nonché il ground segment scientifico. Sinteticamente, i contributi e le responsabilità principali per i 4 strumenti sono:</p>



<p>LAD - Large Area Detector:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PI-ship, Project Office and Prime contractor</li> <li>▪ Detectors (640x)</li> <li>▪ Module AIT (40x)</li> <li>▪ Ground calibrations (Detector e Module level)</li> <li>▪ Science simulations</li> <li>▪ Supporto AIT di satellite</li> </ul> <p>WFM - Wide Field Monitor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CoI-ship</li> <li>▪ Detectors (24x)</li> <li>▪ Front End Electronics and AIT Detector Assembly (24x)</li> <li>▪ Calibrations at Detector Assembly level</li> </ul> <p>PFA – Polarimetry Focusing Array</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CoPI-ship</li> <li>▪ Sviluppo design Gas Pixel Detector</li> <li>▪ Responsabilità ASIC (4x)</li> <li>▪ Supporto calibrazioni di terra</li> <li>▪ Supporto sviluppo software di terra e di bordo</li> <li>▪ Supporto design ottiche</li> <li>▪ Supporto ad AIT specchi (4x)</li> </ul> <p>SFA – Spectroscopy Focusing Array</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CoI-ship</li> <li>▪ Supporto design ottiche</li> <li>▪ Supporto ad AIT specchi (9x)</li> </ul> <p>Science Ground Segment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fornitura Malindi ground station (ASI)</li> <li>▪ Responsabilità sviluppo software scientifico LAD</li> <li>▪ Responsabilità European Science Data Center (TBC)</li> </ul>
---

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>La missione eXTP è sviluppata da una collaborazione internazionale composta dalla Cina e da molti paesi europei: Italia, Spagna, Germania, Svizzera, Francia, Repubblica Ceca, Polonia, Danimarca, Olanda. L'Italia ricopre un ruolo di leadership all'interno del consorzio europeo, in quanto PI dell'esperimento principale (Large Area Detector), e come leader del gruppo di coordinamento europeo.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>A livello nazionale il progetto attualmente prevede il coinvolgimento della Fondazione Bruno Kessler (Trento), responsabile per la fornitura di circa 650 modelli da volo delle camere a deriva di silicio di grande area per gli esperimenti LAD e WFM. Per gli esperimenti SFA e PFA, la Medialario (Lecco) sta sviluppando i prototipi degli specchi (13 telescopi ad incidenza radente, ciascuno con circa 45 shell) ed è candidata alla produzione dei modelli da volo, di responsabilità cinese. Infine, per le fasi B2/C/D è previsto il coinvolgimento di un Prime industriale per il LAD, che verrà selezionato attraverso una gara pubblica.</p>	

A cura di: Marco Feroci, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

**Missione: LiteBIRD** -Lite (Light) satellite for the studies of B-mode polarization and Inflation from cosmic background Radiation Detection- <http://www.media.inaf.it/LiteBIRD>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** Studio e realizzazione

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

**Finalità:** LiteBIRD - Lite (Light) satellite for the studies of B-mode polarization and Inflation from cosmic background Radiation Detection - è una missione spaziale a guida JAXA concepita per misurare accuratamente le anisotropie in polarizzazione del fondo cosmico a microonde a tutto cielo ad una risoluzione angolare maggiore di 20' mediante una copertura in frequenza con 15 canali da circa 40 a 450 GHz, che permetterebbe un controllo senza precedenti della contaminazione dell'emissione polarizzata di sincrotrone e polvere della nostra galassia.

**Principali Obiettivi:** Il principale obiettivo scientifico di LiteBIRD è la ricerca delle onde gravitazionali generate durante l'inflazione attraverso la loro impronta sulle anisotropie in polarizzazione di tipo B: LiteBIRD ridurrà di un fattore 30 le attuali incertezze sul rapporto tensoriale-scalare  $r$ , un livello non raggiungibile da esperimenti da terra in costruzione o in fase di proposta. Con questi requisiti, LiteBIRD potrà anche fornire la miglior caratterizzazione possibile delle anisotropie in polarizzazione di tipo E, e quindi del processo di reionizzazione, e fornirci un'immagine unica dell'emissione della polvere nella nostra galassia. La combinazione di LiteBIRD con i prossimi esperimenti da terra per le anisotropie di CMB in polarizzazione ad alta risoluzione in costruzione o in fase di proposta miglioreranno le attuali incertezze dei parametri cosmologici standard fino ad un fattore 4 portando la cosmologia della prossima decade oltre il modello attuale di concordanza LambdaCDM.

Il contributo tecnologico europeo alla missione è costituito dal telescopio a media ed alta frequenza (MHFT) che osserverà in combinazione con il telescopio a bassa frequenza (responsabilità JAXA) e dal disegno del segmento di terra europeo.

**Obiettivi raggiunti:** Nel Maggio 2019, LiteBIRD, a cui contribuiscono Giappone, Stati Uniti, il Canada e l'Europa, è stata selezionata dall'[Isas](#), l'Institute of Space and Astronautical Science dell'Agenzia spaziale giapponese JAXA, come missione strategica di tipo *large*, dopo aver concluso con successo la fase A. È attualmente in fase A1.

**Tempistica:** Il lancio è previsto per il 2027.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..). Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

**Contributo Italiano:** L'Italia è in una posizione di primo piano nell'analisi dei dati, nelle simulazioni e nelle attività scientifiche della missione e, a livello sperimentale, contribuisce con sotto-sistemi hardware (half wave plate rotator, warm electronics) e con responsabilità di rilievo nell'AIV e calibrazione di MHFT e nel Segmento Terra. Tale contributo è attualmente finanziato da ASI e INFN ed è coordinato dall'Università di Tor Vergata.

**Enti Partecipanti:**

- Dipartimento di Fisica – Università di Tor Vergata
- Dipartimento di Fisica – “Sapienza” Università di Roma
- Dipartimento di Fisica – Università di Milano
- Dipartimento di Fisica – Università di Milano Bicocca

- INAF-OAS (ex INAF-IASF) Bologna
- INAF-OATs
- INFN Sezione di Pisa
- Dipartimento di Fisica – Università di Ferrara
- Dipartimento di Fisica – Università di Padova
- SISSA

**Principali contributi INAF:**

- INAF-OAS
  - Studio delle implicazioni scientifiche della missione LiteBIRD per modelli inflazionari, reionizzazione e fisica fondamentale mediante simulazioni dedicate all'interno dei Joint Study Groups della collaborazione.
  - Studio della complementarietà di LiteBIRD con esperimenti da terra di prossima generazione -quali Simons Observatory e S4 - per la cosmologia e fisica fondamentale mediante simulazioni dedicate all'interno dei Joint Study Groups della collaborazione.
  - Misure RF a temperature criogeniche di materiali e componenti ottici del telescopio a media ed alta frequenza (MHFT) nella banda 90 – 450 GHz.
  - Contributo alla calibrazione a livello di sistema e sotto-sistema di MHFT.
- INAF-OATs → Disegno e sviluppo del segmento di terra europeo mirato all'analisi dei dati e alle simulazioni, a partire dal livello 1. Si dovrà interfacciare al segmento di terra giapponese responsabile dell'acquisizione dei dati grezzi (livello1).

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**

L'Italia ha le posizioni di chair dello European Steering Committee, di leadership in diversi Joint Study Groups e Working Groups.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

In Fase A non è previsto un finanziamento specifico da parte ASI per un eventuale contributo industriale.

**A cura di:** Fabio Finelli, INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio, Bologna; Gianluca Morgante, INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio, Bologna; Andrea Zacchei, INAF-Osservatorio Astronomico di Trieste, Trieste.

**Missione: SPICA - SPace Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics**  
<https://www.media.inaf.it/tag/spica/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** studio

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>SPICA (SPace Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics) è stato selezionato come una delle tre missioni candidate per la 5a missione di medie dimensioni dell'ESA Cosmic Vision. È un progetto congiunto europeo-giapponese con una partecipazione internazionale agli strumenti del piano focale. SPICA è un osservatorio spaziale a raggi infrarossi con uno specchio primario da 2,5 m raffreddato a meno di 8 K e tre strumenti sul piano focale: SAFARI (PI: P. Roelfsema, NL), uno spettrometro da 35-230 <math>\mu\text{m}</math> con un modulo a reticolo in bassa risoluzione (<math>R \sim 300</math>) e un modulo FTS a risoluzione spettrale media (<math>R = 3000-11000</math>); SMI (PI: H. Kaneda, J), uno spettrometro da 17-36 <math>\mu\text{m}</math> con una fotocamera spettrofotometrica a bassa risoluzione a campo largo (<math>12' \times 10'</math>), un modulo a reticolo a media risoluzione (<math>R \sim 2000</math>) e un modulo echelle 12-18<math>\mu\text{m}</math> ad alta risoluzione (<math>R \sim 28000</math>); B-BOP (PI: M. Sauvage, F), una fotocamera polarimetrica a grande campo (<math>2'.6 \times 2'.6</math>), a tre canali, (70<math>\mu\text{m}</math>, 220<math>\mu\text{m}</math> e 350<math>\mu\text{m}</math>). SPICA sarà una facility unica nel suo genere, progettata per realizzare survey profonde ad ampio campo a sensibilità senza precedenti in spettroscopia, fotometria e polarimetria. Per la spettroscopia avrà sensibilità cento volte migliore sia di Spitzer che di Herschel, consentirà un'esplorazione "fisica" dell'Universo nascosto e fornirà una visione tridimensionale (3-D) dell'evoluzione delle galassie nel medio IR.</p> <p>Le principali domande scientifiche a cui SPICA risponderà includono: Quali sono i ruoli della formazione stellare, dell'accrescimento e del feedback dei buchi neri centrali nel modellare l'evoluzione della galassia nel tempo cosmico? Come vengono prodotti e distrutti metalli e polvere nelle galassie? In che modo la materia scorre all'interno delle galassie e tra i dischi galattici, gli aloni e il mezzo intergalattico? Qual è il ruolo dei campi magnetici all'inizio della formazione stellare nella Via Lattea? Quando e come si evolve il gas dai dischi primordiali ai sistemi planetari emergenti? Come si evolvono ghiacci e minerali nell'era della formazione del pianeta, come seme per i sistemi solari?</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Universita', etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>La partecipazione italiana è guidata da IAPS-INAF e finanziata da ASI e comprende tecnologia e scienza.</p> <p>Le attività tecnologiche includono lo sviluppo delle unità di controllo degli strumenti e del software di bordo per i due strumenti europei SAFARI e B-BOP. Nel caso dello strumento SAFARI, la instrument control unit sarà un sottosistema molto complesso che integrerà al proprio interno 6 sottounità per il controllo dei sottosistemi dello spettrometro, tutte prodotte da partner stranieri. L'Italia dovrà quindi produrre il sistema di controllo di tutto lo strumento, il sistema di alimentazione di tutte le sottounità e avrà la responsabilità della loro integrazione e accettazione finale. Nel caso di B-BOP l'Italia ha la responsabilità della produzione della unità di controllo e data processing dello strumento e della sua relativa alimentazione. In entrambi i casi il Software di controllo e data preprocessing a bordo sarà a responsabilità italiana. Questo ruolo all'interno dei consorzi per la costruzione degli strumenti permetterà di acquisire una conoscenza dettagliata del loro funzionamento e garantirà una partecipazione attiva agli Instrument Control Centers che verranno creati per entrambi gli strumenti all'interno del ground segment della missione.</p>	

<p>Le attività scientifiche includono il coordinamento del SPICA Galaxy Evolution Working Group e la partecipazione ai gruppi di lavoro ISM e Star Formation, Planetary Disks e Solar System. In Italia la collaborazione tecnologica e scientifica include, oltre allo IAPS-INAF, l'OATO-INAF di Torino, lo OAS-INAF di Bologna, e le Università di Padova, Bologna, Roma ("Sapienza" e Roma-tre), oltre alla Scuola Normale Superiore di Pisa.</p>
--

<p><b>c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b></p> <p>L'Italia coordina lo SPICA Galaxy Evolution Working Group e partecipa attivamente agli ISM e Star Formation WG, Planetary Disks WG e Solar System WG.</p>
---

<p><b>d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b></p> <p>Non in questo momento</p>
---

**A cura di:** Luigi Spinoglio, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

## **Missione: THESEUS - Transient High-Energy Sky and Early Universe Surveyor**

<https://www.media.inaf.it/tag/theseus/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia, Alte Energie; **Fase:** studio

### **a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

THESEUS (Transient High-Energy Sky and Early Universe Surveyor) è un concetto di missione sviluppato da una grande collaborazione Europea coordinata dall'Italia e selezionato da ESA nel 2018 per uno studio di Fase A come candidata futura missione M5 (lancio nel 2032) nell'ambito del programma Cosmic Vision. Grazie ad una combinazione unica e senza precedenti di strumenti scientifici e profilo di missione, THESEUS effettuerà un salto enorme nella rivelazione, identificazione e caratterizzazione dei *Gamma-Ray Burst* (GRB) ad alto redshift ( $>6$ ), permettendo così di sfruttarne finalmente le grandi potenzialità per lo studio dell'Universo primordiale (evoluzione del tasso di formazione stellare e della metallicità, re-ionizzazione cosmica, funzione di luminosità e di massa delle galassie primordiali, stelle di popolazione III). Al tempo stesso, questa missione fornirà un contributo fondamentale alla neonata astrofisica *multi-messenger* e, più in generale, alla *time-domain astronomy*, settori entrambi in fortissima espansione, avendo la capacità senza precedenti di rivelare, localizzare, identificare numerose classi di GRB e transienti nel cielo X-gamma, tra cui le controparti elettromagnetiche associate a segnali di onde gravitazionali e neutrini, inclusa, per una parte di esse, la caratterizzazione nell'infrarosso, la localizzazione a qualche arcsec e la misura del *redshift*.

Sotto tutti questi aspetti, di enorme interesse per numerosi campi dell'astrofisica e della cosmologia, THESEUS fornirà informazioni sia uniche che complementari a quelle da altre grandi osservatori del futuro, sia nel dominio elettromagnetico (es., ELT, TMT, SKA, CTA, Athena, LSST) che multi-messaggero (es., advanced LIGO e Virgo, KAGRA, ILIGO, e possibilmente ET e CE per le onde gravitazionali, Km3Net per i neutrini). Le sinergie saranno dunque un suo grande punto di forza, garantendo il massimo coinvolgimento della comunità scientifica e l'ottimizzazione del ritorno scientifico dei grandi investimenti a livello nazionale/internazionale in queste future grandi *facilities*. Queste capacità senza precedenti di THESEUS saranno possibili grazie alla combinazione di:

- un *Soft X-ray Imager* (SXI), ovvero set di camere a *micro-channel plate* (MCP) in configurazione ad occhio di aragosta (*lobster-eye*) capace di garantire una combinazione unica di campo di vista, sensibilità e capacità di localizzazione;
- un *X/Gamma-Ray Imaging Spectrometer* (XGIS), costituito da due camere a maschera codificata capaci di garantire, tramite una combinazione di rivelatori al Silicio e a cristallo, la copertura di una banda larghissima tra 2 keV e 10-20 MeV;
- un telescopio per il vicino infrarosso (*Infra-Red Telescope*, IRT), operante tra 0.7 e 1.8 micron, con ottime capacità fotometriche e moderate capacità spettroscopiche;
- agilità del satellite in grado di puntare autonomamente, con una velocità di  $10^\circ$  al minuto, il telescopio infrarosso sui GRB e transienti rivelate dai due monitor;
- capacità di inviare a terra entro poche decine di secondi le informazioni su rivelazione, posizione e caratteristiche principali dei GRB e delle transienti, tramite un trasmettitore VHF a bordo (Trigger Broadcasting Unit, TBU) e una serie di antenne a terra in grado di garantire copertura continua al satellite durante tutta l'orbita (equatoriale bassa, ovvero a circa 550-600 km).

Infine, THESEUS, a valle del conseguimento degli obiettivi principali, e in modo complementare ad essi, potrà funzionare anche da vero e proprio osservatorio, attraverso un modello di coinvolgimento della larga comunità scientifica simile a quello, di notevole successo, della missione Swift.



**b. | Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) .  
Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

Il Consorzio internazionale che ha sviluppato e proposto ad ESA la missione THESEUS è coordinato dall'Italia (Lorenzo Amati, di INAF – OAS Bologna, è “Lead Proposer” ed è stato nominato da ESA “Lead Scientist”), con contributi principali quello di Regno Unito, Francia, Germania e Svizzera. Contributi minori, ma rilevanti, sono forniti da Spagna, Danimarca, Belgio, Repubblica Ceca, Slovenia.

Oltre a questo ruolo fondamentale di coordinamento, che prevede dunque anche il coordinamento del project office), l'Italia (l'INAF) è responsabile di uno dei tre strumenti scientifici, l'XGIS (PI: Lorenzo Amati, responsabile tecnologico: Claudio Labanti, entrambi di INAF OAS Bologna), della trigger Broadcasting Unit (TBU), e, tramite ASI, della principale stazione di Terra (Malindi).

Per lo studio di Fase A, il supporto principale a questo fondamentale contributo italiano viene da un accordo ASI-INAF. Questo accordo, che include sia il supporto allo studio di XGIS che a quello della TBU, prevede, come partner di INAF – OAS Bologna, altre strutture INAF (IASF-Milano, Oss. Brera, IASF-Palermo) che Università ed enti (Univ. Bologna, Univ. Ferrara, Univ. Udine, Politecnico di Milano, Fondazione Bruno Kessler di Trieste). Altre fonti di finanziamento derivano dal progetto UE/H2020 AHEAD020 e dal contratto ESA - OHB-I per la prototipizzazione di un modulo di rivelazione di XGIS. Oltre al fondamentale supporto finanziario, ASI fornisce un contributo importante al coordinamento del progetto.

**c. | Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Come descritto sopra, l'Italia svolge un ruolo primario nel coordinamento del Consorzio Internazionale THESEUS, con Lorenzo Amati di INAF OAS Bologna Lead Proposer, Lead Scientist e di fatto PI del Consorzio. L'attività di coordinamento a livello più alto avviene in stretta sinergia con Univ. Leicester (UK, PI dello strumento SXI), CEA Saclay (FR, PI dello strumento IRT), Univ. Tubingen (D, responsabile del sistema di *data handling* del *payload*), e Univ. Ginevra (CH, responsabile della parte di segmento di terra fornito dal consorzio). L'interazione sia sugli aspetti scientifici che quelli tecnologici è continua ed efficiente, grazie anche all'*heritage* di collaborazioni consolidate su progetti e studi precedenti.

Il consorzio dello strumento XGIS, oltre al ruolo predominante e di responsabilità generale dell'Italia (PI Lorenzo Amati di INAF OAS Bologna), e al coinvolgimento delle altre strutture INAF e dei partner nazionali sopra elencati, coinvolge anche partner internazionali dalla Spagna (Univ. Granada, Univ. Valencia), dalla Danimarca (DTU Space Copenhagen), dalla Polonia (CBK e Copernicus Institute, Varsavia) e dalla Germania (Univ. Tubingen). Lo sviluppo della TBU, elemento del *payload system* pure di responsabilità italiana, implica una stretta collaborazione con i responsabili francesi del sistema di antenne VHF a terra (TBAGS), fornito dal CNES (Francia).

**d. | Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Il coinvolgimento industriale italiano in THESEUS, grazie anche al ruolo di leadership e di fondamentale contributo nel Consorzio, è notevole già nell'ambito dello studio di fase A. Innanzitutto, una delle due aziende europee selezionate e finanziate da ESA per lo studio di fase A industriale è Thales Alenia Spazio di Torino. Inoltre, OHB-Italia (Milano), tramite la collaborazione con il team coordinato da INAF OAS Bologna, ha ottenuto da ESA un contratto per lo sviluppo di un modulo del piano di rivelazione dello strumento XGIS (progetto nel quale OAS Bologna è partner). Infine, su contratto con INAF – OAS Bologna, la ditta GP Advanced Projects (Brescia), ha assunto la responsabilità tecnica dello studio della TBU e fornisce supporto alle attività di *system engineering* a livello di *payload*.

## Missione: Cassini-Huygens

<https://www.media.inaf.it/tag/cassini/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** post-operativa

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b></p> <p>La Missione Cassini-Huygens, realizzata in collaborazione tra NASA, ESA ed ASI, partita nell'ottobre 1997 ed entrata in orbita intorno a Saturno il primo luglio 2004, si è conclusa il 15 Settembre 2017 quando la sonda Cassini ha compiuto il suo ultimo avvicinamento a Saturno e si è tuffata nell'atmosfera del pianeta. La fase finale della missione (Cassini Grand Finale) ha contribuito con una gran messe di dati allo studio del sistema di Saturno, del suo sistema di anelli e dei suoi satelliti che era l'obiettivo principale della missione Cassini – Huygens.</p> <p>La fase nominale della missione Cassini-Huygens è stata completata il 30 luglio 2008 e per la missione è stato approvato dalla NASA un primo periodo di estensione denominato “Cassini Equinox” fino al Giugno 2010. La Cassini Equinox Mission ha permesso di osservare in dettaglio il sistema di Saturno durante l'equinozio avvenuto in agosto 2009. Il 3 febbraio 2010 la NASA ha approvato per Cassini-Huygens una nuova estensione, denominata “Cassini Solstice Mission”, che ha permesso di studiare il sistema di Saturno fino al 2017, momento in cui ha avuto luogo il solstizio d'estate per l'emisfero nord di Saturno. Questa estensione ha permesso di effettuare ulteriori 155 rivoluzioni intorno al pianeta, con 54 flyby dedicati allo studio di Titano e 11 flyby dedicati a quello di Encelado. Nel 2017 un incontro con Titano ha cambiato l'orbita della sonda in modo tale da ottenere una distanza di massimo avvicinamento a Saturno di soli 3000 km al di sopra del livello delle nubi e al disotto del confine interno dell'anello D. Questa sequenza di orbite prossimali è poi terminata quando un altro encounter con Titano ha fatto precipitare la sonda all'interno dell'atmosfera di Saturno il 15 Settembre 2017.</p>
<b>b.</b>	<p><b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.) .</b> <b>Principale/i contributo/i INAF</b></p> <p>La partecipazione italiana alla missione Cassini-Huygens è importante e qualificata, e l'ASI è uno dei principali partner della missione Cassini-Huygens: in base ad un accordo di collaborazione con la NASA ha sviluppato per la Cassini l'antenna ad alto guadagno con incorporata un'antenna a basso guadagno (che assicurano le telecomunicazioni con la Terra per l'intera durata della missione) ed i tre strumenti ai quali si riferisce il contratto di cui sopra: il canale visibile dello spettrometro ad immagine (VIMS-V), il sottosistema di Radioscienza (RFIS) e il Radar.</p> <p>Il contributo INAF consiste nell'aver fornito il canale visibile VIMS-V e di averne seguito nel tempo la analisi e la interpretazione scientifica dei dati. I principali campi di attività per VIMS sono lo studio degli anelli di Saturno, lo studio della superficie dei satelliti ghiacciati, lo studio della superficie di Titano utilizzando merging dei dati con il canale radar, lo studio delle atmosfere di Titano e di Saturno.</p> <p>Dal 2017 al 2019 l'attività e l'analisi dei dati relativamente a tutti i campi oggetto di analisi del personale IANF ha riguardato i satelliti regolari e minori, anelli, le regioni fluviali di Titano per mezzo di analisi statistica multivariata del data set integrato RADAR - VIMS, l'atmosfera di Saturno e di Titano. Le attività hanno portato a pubblicazioni su GRL che contengono le mappe dell'albedo equigonale nel range spettrale visibile e nell'infrarosso e gli indicatori spettrali ricavati dal data set completo, incluse spectral slopes e intensità delle bande del ghiaccio. Sono state messe in luce la variabilità compositiva di Dione, Tethys e Rhea su scala sia locale che globale mettendola in relazione alla dicotomia presentata dal satellite tra emisferi leading (bright) e trailing (dark), alla</p>

distribuzione di materiale fresco proveniente come ejecta dai crateri da impatto ed al resurfacing del materiale chiaro, riconducibile a processi tettonici.

I dati delle lune minori Pan, Daphnis, Atlas, Pandora, Epimetheus e degli anelli acquisiti durante il Cassini Gran Finale sono stati pubblicati su uno special issue di Science (copertina del numero dedicata alla luna Daphnis ed alla divisione di Keeler) al quale il team INAF ha contribuito partecipando a due lavori.

Le proprietà spettrofotometriche di regioni selezionate negli anelli principali (A, B, C) sono state investigate confrontando mosaici radiali prodotti dalle osservazioni di VIMS con simulazioni tramite ray-tracing Monte Carlo. Questo approccio ha permesso di caratterizzare l'albedo intrinseco degli anelli, disaccoppiando le proprietà spettrali dagli effetti di profondità ottica e geometria di osservazione. L'albedo spettrale è stato poi modellato mediante la teoria di Hapke per caratterizzare la composizione della regolite che ricopre le particelle degli anelli, derivando trend radiali dell'abbondanza di ghiaccio e dei contaminanti (carbone amorfo, silicati, toline). Questo lavoro è stato pubblicato nella rivista Icarus (Ciarniello et al., 317, 242-265, (2019).

Per l'atmosfera di Titano le attività hanno riguardato la valutazione dei coefficienti di estinzione dell'aerosol nella regione spettrale tra 4 e 5  $\mu\text{m}$  e l'abbondanza della CO nell'alta stratosfera e mesosfera nonché occultazioni solari

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

INAF IAPS fornisce il coordinamento per ASI di tutta la attività scientifica della missione Cassini. INAF contribuisce con 6 Team Members al Team di VIMS, lo spettrometro di bordo che è un Facility Instrument. Tali posizioni corrispondono ad aver presentato proposte di ricerca approvate dal Cassini Project Team e selezionate per far parte del Team dello spettrometro. Inoltre le seguenti ricerche sono state selezionate dalla NASA nell'ambito del Cassini Data Analysis Program; i PI di queste ricerche sono tre ricercatori INAF – IAPS

- Studio delle proprietà della atmosfera di Titano nell'ambito della proposal selezionata a Febbraio 2012 “ Seasonal variability of the chemical composition of Titan’s upper atmosphere” PI A. Adriani
- Studio degli anelli e dei satelliti ghiacciati di Saturno nell'ambito della proposal selezionata a febbraio 2012 “From rings to satellites: a VIS-IR spectrophotometric investigation of water ice and chromophores distribution on Saturnian system icy bodies” PI G. Filacchione
- Studio dei terreni fluviali di Titano nell'ambito della proposal selezionata a Febbraio 2014 “Characterization of Titan's high latitude fluvial terrains, including the lakes district, with VIMS and RADAR” PI F. Tosi

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Il canale visibile di VIMS è stato sviluppato e realizzato dalla Galileo Avionica sotto la direzione scientifica del Team dello IAPS

A cura di: Priscilla Cerroni, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

<b>Missione: Dawn</b>	<a href="https://www.media.inaf.it/tag/dawn/">https://www.media.inaf.it/tag/dawn/</a>
-----------------------	---

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** post-operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione</b>
<p>La missione DAWN è stata selezionata dalla NASA nel 2001 nell’ambito del Programma Discovery ed è stata lanciata nel 2007 per l’osservazione dettagliata degli asteroidi Vesta e Cerere con l’obiettivo scientifico di studiare le condizioni che regnavano durante le fasi iniziali dell’evoluzione del Sistema Solare. L’Italia ha contribuito alla missione con lo spettrometro VIR, uno dei 4 strumenti a bordo della missione NASA. La sonda, dopo aver completato le osservazioni di Vesta tra il 2011 e il 2012, si è diretta verso Cerere dove è arrivata ad inizio del 2015 ed ha osservato Cerere fino alla fine del 2018, ben oltre la durata nominale di 12 mesi. I risultati raggiunti sono stati un passo decisivo nella comprensione del nostro sistema solare e dell’importanza astrobiologica di Cerere, come testimoniano importanti articoli su Science e Nature. La produzione scientifica di questa missione, considerando che è una missione a basso costo, è eccezionalmente alta in termini di numero di articoli e di qualità. In particolare, i dati acquisiti dallo strumento italiano VIR sono stati oggetto di varie pubblicazioni su riviste di prestigio (Nature e Science) e hanno avuto un ottimo riscontro, collocandosi nei percentili più alti.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>L’Italia ha contribuito alla missione con lo spettrometro VIR, completamente finanziato da ASI, uno dei 4 strumenti a bordo della missione NASA. Ha inoltre contribuito con parte delle operazioni della missione (ASI). Lo spettrometro VIR ha leadership italiana, INAF. Molti ricercatori INAF sono CO-I di missione.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Lo spettrometro VIR ha leadership italiana, INAF. Inoltre altri ricercatori INAF sono CO-I di missione, ed alcuni sono team members di Missione. La Missione è NASA con contributo Italiano e Tedesco in termini di hardware. Varie collaborazioni con diverse nazioni ed enti in termini di collaborazioni scientifiche.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano:</b>
<p>Lo spettrometro VIR è stato interamente costruito in Italia dalla Selex-ES (attualmente Leonardo).</p>	

**A cura di:** Maria Cristina De Sanctis, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

## Missione: Rosetta/Philae

<https://www.media.inaf.it/tag/rosetta/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** post-operativa

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
	<p><b>Rosetta</b> è stata una missione spaziale sviluppata dall'Agenzia Spaziale Europea, lanciata nel 2004 e terminata nel 2016. Il compito primario della missione è stato l'osservazione dettagliata della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko (67P/CG) che Rosetta ha seguito per due anni durante il suo passaggio all'interno del Sistema Solare. La missione si è conclusa il 30 Settembre 2016. Il contributo italiano è stato e continua ad essere importante per quel che riguarda i principali obiettivi scientifici della missione: lo studio della composizione chimica e mineralogica del nucleo cometario, lo studio dei processi fisici e della struttura del nucleo a micro-scala ed a macro-scala che insieme determinano l'attività della cometa, lo studio delle fasi preliminari di formazione del nostro sistema solare. In questa fase post-operativa, <b>dal 2017 al 2019</b>, l'attività di interpretazione, data analysis, simulazioni di laboratorio ha prodotto <b>più di 280 articoli su riviste con referee</b>. I risultati principali prodotti dalla comunità italiana in questo periodo sono rilevanti e toccano tutti i temi scientifici menzionati in precedenza dimostrando come il contributo italiano, ed INAF, alla missione sia stato cruciale. Sono state identificate le firme spettrali di composti alifatici e, potenzialmente, anche di composti aromatici. La presenza di molecole alifatiche mette in evidenza come parte del materiale che forma un nucleo cometario non sia stato prodotto all'interno del disco proto-solare ma sia un'eredità della nube molecolare primigenia e quindi di origine pre-solare. È stata identificata la presenza di Sali, principalmente di ammonio, che potrebbe spiegare l'impoverimento di azoto nei nuclei cometari rispetto alle abbondanze solari. Entrambi i risultati sono di estrema importanza per la rilevanza che le molecole citate hanno nella chimica prebiotica e per le implicazioni sulla chimica che ha luogo in altri sistemi planetari in formazione. L'analisi della evoluzione del nucleo nel corso del suo avvicinamento, e successivo allontanamento, al Sole ha messo in evidenza notevoli variazioni morfologiche superficiali, ma quel che è più interessante ha permesso l'identificazione di zone di rimozione e ri-deposizione ciclica di materiale, associata ad una variabilità anch'essa ciclica nell'abbondanza relativa di acqua tra la coma di polvere e la superficie. L'evidenza del ciclo stagionale è stato interpretato descrivendo nel dettaglio la struttura microscopica dei grani cometari. Il ruolo competitivo tra l'erosione e la deidratazione dei grani determina l'evoluzione del nucleo e la sua attività. Sono state messe in evidenza ulteriori prove avvaloranti il processo di assemblaggio dei nuclei cometari, e potenzialmente di tutti i planetesimi, a partire da instabilità gravitazionali di nuvole di "pebbles". L'attività di analisi ed interpretazione continuerà ancora nei prossimi anni, con il supporto di simulazioni di laboratorio e modelli interpretativi.</p>

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Universita', etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
	<p>L'Italia ha contribuito con due strumenti PI ed uno strumento Co-PI sull'orbiter Rosetta ed uno strumento PI sul Lander Philae. Il contributo INAF è stato rilevante per gli strumenti dell'Orbiter: VIRTIS a guida diretta dell'INAF attraverso il suo PI, mentre durante tutta la fase operativa (dal 2014 al 2016) lo strumento GIADA è stato gestito presso l'IAPS da personale finanziato su fondi ASI dal PI Alessandra Rotundi che ha inoltre usufruito di una associazione INAF con incarico di ricerca. Lo strumento OSIRIS ha inoltre visto un rilevante coinvolgimento di ricercatori INAF per l'analisi</p>

scientificamente.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**

Il Principal Investigator dello strumento VIRTIS è Fabrizio Capaccioni dello INAF-IAPS. Lo strumento VIRTIS è il frutto di un consorzio formato con l'Institut für Planetenforschung del DLR di Berlino e l'Observatoire de Paris di Parigi che hanno contribuito insieme allo IAPS ed ad industrie private (italiane, tedesche e francesi) alla realizzazione dell'esperimento. Il team scientifico è composto da 45 CoI: 16 Italiani (di cui 11 presso IAPS), 13 francesi, 6 tedeschi, 4 USA, 2 ESA, 2 UK, 1 Polonia, 1 Taiwan; a questi si aggiungono 19 Associated Scientist principalmente giovani ricercatori Italiani, Francesi e Tedeschi, che hanno contribuito notevolmente alla fase di analisi dati.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Il coinvolgimento industriale italiano è stato rilevante sia per la strumentazione sopra elencata che per altri sottosistemi e strumentazioni di bordo. La ditta Leonardo Company (attuale marchio della Finmeccanica) ha contribuito in molti modi al successo della missione. Le ditte Officine Galileo e TechnoSpace, poi confluite in Leonardo Company, sono state le Prime Contractor degli strumenti VIRTIS, GIADA (Officine Galileo) ed SD2 (TechnoSpace); la Officine Galileo ha inoltre fornito le due Navigation Camera ed i due Star Trackers della sonda Rosetta. La fase di AIV (Assembly, Integration and Verification) della sonda Rosetta è stato effettuato sotto il controllo della Thales Alenia Space (quando ancora era Alenia Space) presso la sede di Torino.

A cura di: Fabrizio Capaccioni, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma.



<b>Missione: Venus Express</b>	<a href="https://www.media.inaf.it/tag/venus-express/">https://www.media.inaf.it/tag/venus-express/</a>
--------------------------------	---

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** post-operativa

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b></p> <p>La missione <b>Venus Express</b>, seconda missione interplanetaria di ESA, ha avuto come obiettivo lo studio del pianeta Venere, considerato il gemello della Terra. <b>Venus Express</b> è stata lanciata dal cosmodromo di Bajkonur il 9 novembre 2005 e dopo soli 153 giorni si è inserita con successo nell'orbita di Venere, l'11 Aprile del 2006. La missione operativa è terminata a dicembre 2014 a causa dell'esaurimento del carburante. La strumentazione a bordo della sonda ha permesso lo studio della superficie del pianeta, della sua densissima atmosfera e della sua interazione con lo spazio esterno. I risultati scientifici raggiunti sono stati tanti ed importanti, pubblicati su prestigiose riviste scientifiche internazionali tra cui uno speciale di Nature nel 2007. Giusto per citarne qualcuno vi è lo studio delle proprietà della superficie e l'identificazione di vulcanismo recente, lo studio della struttura termica e dinamica atmosferica con particolare riguardo ai vortici polari, la struttura delle dense nubi, la scoperta dell'ossidrile e dell'ozono, la mappatura ed evoluzione delle molecole traccianti (CO, SO<sub>2</sub>, NO, O<sub>2</sub>, ecc...), i meccanismi di dispersione dell'idrogeno ed ossigeno (e quindi dell'acqua) verso lo spazio profondo.</p> <p>Tra i tanti primati raggiunti da <b>Venus Express</b>, vi è quello tecnologico di essere stata la missione spaziale internazionale a sviluppo più rapido di sempre, con soli 3 anni di costruzione dalla sua approvazione. Ciò è stato reso possibile soprattutto grazie al riuso dell'hardware proveniente dalle missioni di ESA Mars Express e Rosetta. Il successo scientifico e tecnologico della missione è stato enorme, rappresentando un riferimento di lungo termine per la comunità internazionale venusiana verso nuovi studi di missioni future, sia da satellite che da sonde in situ. Al momento l'unica missione operativa presente a Venere è quella della sonda giapponese Akatsuki che, dopo il fallimento della sua inserzione in orbita, si è inserita con successo al secondo tentativo nel dicembre 2015. Numerose altre missioni a Venere sono in studio sia in Europa che negli Stati Uniti, Russia e Cina, grazie alla rivitalizzazione della scienza venusiana innescata da <b>Venus Express</b>.</p>
-----------	--

<b>b.</b>	<p><b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b></p> <p>L'Italia ha partecipato alla costruzione della sonda e del <i>payload</i> in modo significativo, attraverso il finanziamento dell'Agenzia Spaziale Italiana. Ben 2 dei 7 strumenti scientifici a bordo, VIRTIS (Visible and InfraRed Imaging Spectrometer; PI: G. Piccioni, INAF-IAPS, Roma) e PFS (Planetary Fourier Spectrometer; PI: V. Formisano), sono a responsabilità italiana (PI-ship), mentre un altro, ASPERA 4 (Analyser of Space Plasmas and Energetic Atoms), è con una importante partecipazione. L'integrazione di tutto il satellite è stata fatta presso gli stabilimenti dell'ex Alenia Spazio di Torino, mentre vari sottosistemi sono stati forniti dall'industria italiana attraverso sotto-contratti industriali di EADS Astrium-Tolosa, in particolare gli star trackers che sono stati forniti dalle ex Officine Galileo, ora Leonardo Company, ed alcuni sistemi di telecomunicazione da Thales Alenia spazio. Gran parte del team scientifico e tecnologico era formato da personale staff INAF che contribuì sia alla definizione dei requisiti di missione, sia allo sviluppo e supporto delle operazioni scientifiche, alla analisi dati, alla calibrazione ed archiviazione. Il team INAF sta tuttora lavorando alla fase di post-operazioni per l'archiviazione di lungo termine dei dati di primo e secondo livello degli strumenti a bordo.</p>
-----------	--

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Come riportato precedentemente, 2 dei 7 strumenti a bordo sono stati a PI-ship italiana INAF, pertanto il coordinamento scientifico del team internazionale, da oltre 10 nazioni tra cui F, ES, UK, D, RU, US, J, B, P, S, NL, è affidato ai responsabili PI presso INAF. Oltre al personale, il nostro istituto fornisce anche le infrastrutture che permettono il controllo delle operazioni in volo, la validazione dei dati scaricati a terra, la calibrazione e la successiva archiviazione per la distribuzione al team scientifico internazionale. Tutto ciò eseguito con il lavoro e l'esperienza sia di personale staff INAF che anche di personale formato ad hoc attraverso contratti a tempo determinato finanziati da ASI.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>L'industria italiana, tra cui la Leonardo Company e Thales Alenia Space, ha contribuito significativamente alla realizzazione del payload scientifico, dell'integrazione del satellite e di alcuni suoi sottosistemi.</p>	

A cura di: Giuseppe Piccioni, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma.

## Missione: HERSCHEL

<https://www.media.inaf.it/tag/herschel/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** Post-Operativa

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.</b></p> <p>Il satellite ESA <b>HERSCHEL</b> è stato il più grande telescopio monolitico orbitale, ed ha operato fra il 2009 ed il 2013 nel campo della fotometria e spettroscopia imaging nell'intervallo spettrale 70-500 micron. L'obiettivo era di studiare la nostra Galassia e le galassie esterne i) nella loro componente di polvere fredda (8-40K) e quindi essenzialmente nella loro componente di mezzo interstellare e formazione stellare, e ii) nella loro componente di ISM associata con regioni di fotodissociazione, shock e ionizzazione. Sono elencati alcuni dei risultati più importanti con rilevante contributo Italiano:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• è stato realizzato il censo completo, con determinazione di distanze eliocentriche, massa, luminosità e temperatura e stadio evolutivo, di più di 100000 siti di formazione stellare nella Galassia. La prima data release di Hi-GAL con immagini multibanda e cataloghi fotometrici di sorgenti compatte è stata pubblicata nel 2016, ed ulteriori estensioni sono in fase avanzata di preparazione per il 2017. Questo ha permesso di realizzare la prima mappa 3D del tasso di formazione stellare Galattico [Hi-GAL];</li> <li>• è stato realizzato il primo catalogo completo di strutture filamentari estese nel Piano Galattico, completo di determinazioni di distanza e parametri fisici; circa il 60% delle sorgenti compatte progenitori di protoclusters nella Via Lattea è associato con tali strutture estese, definendo un nuovo paradigma in cui i siti di formazione stellare vengono assemblati su filamenti in stadio già gravitazionalmente instabile. [Hi-GAL];</li> <li>• è stata determinata la funzione di massa dei "cores" pre-stellari e protostellari nelle regioni di formazione stellare vicine rivelando come essa sia simile alla IMF stellare, provando come i meccanismi che determinano la massa finale delle stelle debbano agire nelle primissime fasi della frammentazione delle nubi molecolari. E' stata anche rivelata la natura filamentare su scala relativamente più piccola anche delle regioni di formazione stellare vicine, mostrando come i "cores" compatti siano presenti solo quando si sia superata una soglia di colonna di densità corrispondente a circa <math>7 \text{ mag } A_V</math>. [Gould Belt, HOBYS];</li> <li>• è stata determinata la funzione di luminosità di galassie star-forming fino a <math>z=4</math>, derivando il loro contributo al tasso di formazione stellare cosmologico. Le osservazioni hanno anche permesso di determinare le differenti modalità di formazione stellare nelle galassie, e come queste modalità siano fortemente dipendenti dal tempo cosmico, ambiente e massa delle galassie: la maggior parte della formazione stellare ad alto <math>z</math> è dovuta a galassie massicce in ambienti molto ricchi e densi. [PEP, H-ATLAS, HerMES];</li> <li>• è stata determinata la connessione fra l'emissione di lontano infrarosso con quella ad altre lunghezze d'onda, provando che l'emissione ottica e UV dalle regioni di formazione stellare extragalattiche è fortemente oscurata da polvere. Le osservazioni hanno anche permesso di determinare l'importante interazione di feedback fra la formazione stellare e l'attività AGN nelle galassie, provando che queste due attività coesistono nella stessa galassia. [PEP, H-ATLAS, HerMES];</li> <li>• è stato possibile determinare l'abbondanza di acqua nei diversi stadi della formazione stellare: dai cores prestellari, alle protostelle giovani ai dischi. I ghiacci di acqua si formano nella nube prestellare e vengono rilasciati dai grani quando la temperatura supera i 100 K. L'acqua è inoltre prodotta dagli shocks causati dall'incontro tra il jet protostellare e il mezzo circostante. I dati hanno evidenziato come la grande ricchezza della chimica delle protostelle sia fortemente dipendente dalla massa dell'oggetto in formazione. Sono state rivelate migliaia di righe spettrali emesse da alcune decine di diverse specie chimiche organiche e inorganiche in protostelle giovani. Complessi network chimici sono stati utilizzati per riprodurre l'emissione delle varie specie osservate ricavando preziose informazioni sulla chimica delle stelle in formazione. [CHESS, WISH]</li> </ul>
<b>b.</b>	<p><b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. hardware, software, etc.) .</b></p> <p>Strumento PACS (Photodetector Array Camera and Spectrometer): *Digital Processing Unit (CGS S.p.A.)+Software di controllo dello strumento (CNR IFSI, ora INAF IAPS); *Laser FIR per Calibrazione spettrometro in laboratorio (laboratorio LENS, Univ. Firenze); *Partecipazione all'Instrument Control Center (INAF Osservatorio Bologna, INAF IAPS, UniPD) con: i) responsabilità della produzione del MIB di strumento (database dei Telecomandi e dei pacchetti di telemetria), ii) responsabilità della attività di On Board Software Maintenance, iii) sviluppo del simulatore di strumento, iv) partecipazione a user group per testing e</p>

validazione delle pipelines fotometrica e spettroscopica, v) contributo alle attività di calibrazione del fotometro, vi) contributo allo sviluppo della pipeline per la riduzione dei dati in modalità parallela PACS-SPIRE.

**Strumento SPIRE (Spectral and Photometric Imaging Receiver):** \*Digital Processing Unit (CGS S.p.A.)+Software di controllo dello strumento (CNR IFSI, ora INAF IAPS); \*Partecipazione all'Instrument Control Center (Univ. Di Padova, Dip.to Astronomia, INAF-IAPS) con: i) responsabilità della attività di On Board Software Maintenance, ii) contributo a sviluppo e mantenimento pipelines di Quality Control e Standard Product Generation, iii) contributo alle attività di calibrazione dello spettrometro FTS a bordo dello strumento e partecipazione allo sviluppo delle procedure per la creazione di mappe ad alta risoluzione per osservazioni FTS, iv) partecipazione ad attività di testing e validazione della pipeline di riduzione dei dati spettroscopici, v) contributo allo sviluppo della pipeline per la riduzione dei dati in modalità parallela PACS-SPIRE.

**Strumento HIFI (Herschel-Heterodyne Instrument for the Far-Infrared):** \*Instrument Control Unit (CGS S.p.A.)+Software di controllo strumento (CNR IFSI, ora INAF IAPS); \*Filtro Acusto Ottico dello strumento (Selex Galileo, ora Leonardo Finmeccanica); \*Partecipazione all'Instrument Control Center (INAF Osservatorio Arcetri, INAF-IAPS) con: i) responsabilità della attività di On Board Software Maintenance, ii) responsabilità dello sviluppo e manutenzione della pipeline per la riduzione dei dati del Wide Band Spectrometer (WBS), iii) partecipazione ad attività di testing e validazione di tutte le pipelines di riduzione dei dati, iv) contributo alle attività di sviluppo e manutenzione del software di Quick Look Analysis, v) contributo allo sviluppo e manutenzione dell'ambiente software integrato HCSS

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)**

I gruppi italiani hanno partecipato in posizione di Co-PI o Co-I a tutti i programmi internazionali di tempo garantito della missione, in particolar modo per i programmi di formazione stellare Galattica, ed osservazioni di galassie a redshift medio e alto. In particolare posizioni di Co-I altamente qualificate (con autorship di lavori di particolare rilievo) sono state ricoperte nei programmi GT con PACS e SPIRE di survey cosmologiche PEP, H-ATLAS ed HerMES da ricercatori INAF dell'Osservatorio di Arcetri, Bologna, Padova e Monteporzio, dello IAPS di Roma e dell'Università di Padova. Allo stesso modo, personale INAF dell'OAArcetri e dello IAPS di Roma sono stati attivi nei programmi osservativi incentrati sulle galassie dell'universo locale sviluppati dal gruppo SAG2 del consorzio SPIRE. Per la parte di formazione stellare si segnalano le partecipazioni a livello di Co-I con responsabilità di coordinamento di sottotematiche specifiche che sono state ricoperte da ricercatori INAF dello IAPS di Roma e degli Osservatori di Arcetri e di Monteporzio per le surveys spettroscopiche di jets ed outflows nei programmi WISH e CHESS con PACS ed HIFI. Ruolo di Co-PI è stato invece ricoperto da IAPS di Roma per i programmi di grandi surveys fotometriche delle regioni di formazione stellare vicine di massa bassa (Gould Belt Survey) e intermedia/alta (HOBYS), a cui hanno anche partecipato ricercatori dell'Osservatorio di Monteporzio. Relativamente ai programmi realizzati in tempo aperto INAF-IAPS di Roma è stato PI del programma Hi-GAL (PI: Sergio Molinari) che ha realizzato la survey fotometrica completa e multibanda del Piano Galattico; con 900 ore di tempo osservativo Hi-GAL è stato il più grande dei Key-Projects di **Herschel** e l'unico a guida Italiana dell'intera missione, con un consorzio di circa 100 ricercatori nel mondo che ha visto anche la partecipazione dell'Osservatorio di Arcetri, Catania e delle Università di Roma I-II e dell'Università del Salento. Si segnala anche il ruolo di Co-I altamente qualificato svolto dall'Osservatorio di Arcetri nel programma OT HEVICS per la survey del Virgo Cluster.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Il coinvolgimento industriale Italiano alla missione ha incluso contributi sia al Payload scientifico che al satellite stesso. In particolare: •CGS S.p.A. Milano (oggi OHB Italia): realizzazione delle elettroniche di controllo dei tre strumenti al piano focale del satellite (vedi punto b.); •Galileo Avionica (oggi Leonardo-Finmeccanica): realizzazione del filtro acusto-ottico per lo strumento HIFI; •Thales Alenia Space Italia, Torino: realizzazione del modulo di servizio del satellite, contenente il dispositivo di controllo d'assetto orbitale, i sistemi di alimentazione, di telemetria e di controllo termico del satellite e degli strumenti scientifici; • Thales Alenia Space Torino e SELEX Galileo: realizzazione dei due Star Tracker a bordo del satellite; • Thales Alenia Space Milano: realizzazione dei i sensori usati dal sistema di controllo orbitale; • SELEX Italia di Milano (ora Leonardo-Finmeccanica): realizzazione dei pannelli solari.

**A cura di:** Sergio Molinari e Anna Maria Di Giorgio, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma.

## Missione: Planck

<https://www.media.inaf.it/tag/planck/>

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** post-operativa

a.	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa/post-operativa, tempistica attesa per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
	<p>Planck è la missione ESA di cosmologia osservativa della Cosmic Microwave Background (CMB). Ha operato con grande successo per circa 4.5 anni dal momento del lancio (14 maggio 2009) fino allo spegnimento (23 ottobre 2013) deciso per esaurimento di liquidi criogenici. Il payload è costituito da un telescopio della classe 1.5m con due strumenti nel piano focale: LFI (PI: N. Mandolesi) raffreddato a 20 K e HFI (PI: J.L. Puget) raffreddato a 100 mK. Orbita: L2. I sensori nel piano focale ((ricevitori radio e bolometri) ricevono il segnale del cielo in 9 bande di frequenza tra 30 e 857 GHz e misurano temperatura e polarizzazione della CMB. La risoluzione angolare è di 5 arc min</p> <p>Planck ha collezionato dati da otto osservazioni complete del cielo. L'obiettivo principale di Planck è la misura delle anisotropie della radiazione di fondo cosmico (CMB), che ha un ruolo unico nella comprensione della cosmologia e nella fisica fondamentale. Il cielo osservato da Planck alle nove frequenze è il più completo e accurato set di dati della CMB in temperatura e Polarizzazione.</p> <p>Le osservazioni di Planck, delle anisotropie in temperatura della CMB costituiscono una misura definitiva alle scale angolari della missione con accuratezza dettata solo da limiti astrofisici e dalla varianza cosmica (quest'ultima è una incertezza intrinseca del modello cosmologico dovuta al fatto che possiamo osservare una sola realizzazione di universo). Per far meglio di Planck alle frequenze di interesse cosmologico occorrerebbe osservare altre realizzazioni di CMB possibili e accessibili solo da galassie sufficientemente lontane dalla nostra. Impresa del tutto irrealizzabile.</p> <p>Le immagini delle anisotropie in polarizzazione osservate da Planck hanno invece, per la prima volta, determinato le misure osservative più accurate tutt'ora esistenti su tutto il cielo. Anche se limitate da minuscoli effetti sistematici dell'ordine del microKelvin, le misure di polarizzazione di Planck hanno aperto la strada a nuove osservazioni future sia da terra sia dallo spazio. In ogni caso Planck rimarrà però unico come esperimento alle grandi scale angolari in polarizzazione fino a possibili nuove osservazioni dallo spazio. Grazie alle precise misure di Planck sui contributi alla polarizzazione dovuti alle polveri cosmiche è stato possibile individuare l'erroneità, pubblicata da altri gruppi sperimentali, della presunta scoperta dei modi B primordiali generati da fluttuazioni quantiche nella fase inflazionaria del Big Bang.</p> <p>Planck ha fortemente contribuito a rafforzare il modello cosmologico Lambda Cold Dark Matter, misurando i corrispondenti parametri con una precisione tipicamente minore del per cento, e con una punta di precisione dello 0.03% per la scala angolare acustica del plasma primordiale. Questo ha permesso di confermare, ancora una volta, che le componenti oscure (materia e energia) dominano il bilancio energetico dell'universo al tempo attuale. Altro primato delle misure di Planck:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lo spettro delle fluttuazioni primordiali in accordo con modelli inflazionari: la deviazione dalla perfetta invarianza di scala è stata ottenuta con una significatività attorno ad 8 sigma, dimostrando che è possibile caratterizzare la dinamica dell'inflazione.</li> </ul> <p>Inoltre Planck ha fornito limiti più stringenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sul numero di famiglie di neutrini e della loro massa complessiva;</li> <li>- sulla non-gaussianità primordiale, e in generale sulla statistica e sull'isotropia dell'Universo;</li> </ul> <p>Planck ha infine vincolato fortemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la birifrangenza cosmica, un effetto capace di tracciare deviazioni dall'elettromagnetismo classico;</li> <li>- il lensing gravitazionale fornendo una caratterizzazione precisa della distribuzione della materia su grande</li> <li>- la presenza delle onde gravitazionali primordiali tramite la ricerca dei modi B della polarizzazione</li> <li>- la topologia dell'Universo.</li> <li>- l'epoca della reionizzazione, dovuta alla formazione delle prime stelle nell'universo;</li> <li>- la nucleosintesi primordiale</li> </ul>

E' interessante notare come i limiti di Planck sulla costante di Hubble al tempo attuale,  $H_0$ , risultino incompatibili con alcune misure astrofisiche a basso redshift generando una interessante discussione nella comunità cosmologica mondiale. Questa inconsistenza, che si è rafforzata nel corso degli ultimi anni, potrebbe indicare nuova fisica nell'universo primordiale.

Ma Planck è anche un osservatorio astrofisico con le misure più complete e finora mai effettuate a tutte le frequenze di LFI e HFI (da 30 a 857 GHz) dell'emissione della nostra galassia: sincrotrone, free-free, polvere, spinning dust, CO ecc.

In definitiva Planck è stata una macchina perfettamente funzionante in grado di fornire misure di astrofisica, cosmologia e fisica fondamentale. I risultati sono già nei libri di testo e la sua legacy permarrà a lungo.

I Consorzi LFI e HFI hanno rilasciato nel 2013, nel 2015 e nel 2018 i dati analizzati e resi pubblici dal Planck Legacy Archive di ESA: dati calibrati, mappe di temperatura della CMB e di tutte le frequenze, software e supplementi esplicativi. Planck nella sua storia, iniziata nel 1993 con la proposta ad ESA per la missione M4 del programma Horizon 2000, ha prodotto più di 300 lavori pubblicati su riviste internazionali, in massima parte a firma "The Planck Collaboration" (seguita in ordine alfabetico da tutti i partecipanti attivi).

Le mappe di Planck e i suoi risultati hanno riempito le pagine delle principali riviste e riviste nazionali ed internazionali, quali ad esempio il NY Times, il Financial Times, Le Monde ecc. fino all'Osservatore Romano.

Il rilascio finale dei dati e mappe (di polarizzazione caratterizzati al meglio degli errori sistematici) e lavori pubblicati è stato effettuato nel 2018. I Consorzi, così come lo Science Team guidato da ESA e l'Editorial Board, con compiti di referaggio interno, sono sciolti dopo l'ultima pubblicazione in fase di finalizzazione nel 2020. Alcuni gruppi continuano a collaborare per continuare analisi più dettagliate e mirate dei dati pubblici.

**b. | Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.) .  
Principale/i contributo/i INAF**

Il contributo italiano alla missione è stato fondamentale: la guida INAF Bologna con il PI (N. Mandolesi) e PM (C. Butler) dello strumento LFI e del Consorzio Internazionale di cui fanno parte oltre 10 Paesi. Altro contributo fondamentale, sempre INAF, è stata la realizzazione e la gestione del Data Processing Centre a Trieste. Oltre a IASFBO (oggi OAS) e OATS hanno contribuito a livello italiano IASFMI, OAPD e le Università di Milano, Roma Tor Vergata, Padova, Ferrara e la SISSA. Occorre menzionare che l'Università di Roma "Sapienza" ha partecipato al Consorzio HFI.

**c. | Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**

Come già scritto la leadership dello strumento LFI è italiana (N. Mandolesi) e dello strumento HFI francese (J.L. Puget). Le due collaborazioni, che hanno lavorato sinergicamente insieme, sono state organizzate in Consorzi a guida dei rispettivi PI. Per la parte LFI hanno partecipato al Consorzio, con scienziati, tecnici, ingegneri e finanziamenti i seguenti paesi: Italia, Spagna, UK, Danimarca, Norvegia, Svizzera, Germania, Finlandia, Canada, USA oltre ad ESA. Prestigiosi istituti di ricerca hanno fatto parte del Consorzio LFI. Ne menzioniamo alcuni (oltre a quelli italiani): University of California at Berkeley, Santa Barbara, Stanford, JPL, Università di Cantabria, Univ. Ginevra, Max Planck Institute, Jodrell Bank, Univ of Vancouver, Univ. of Helsinki, Univ. of Oslo ecc.

**d. | Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Thales Alenia Space - Milano (ex Laben) è stata responsabile della costruzione di parte di LFI e della sua integrazione e test. L'altra Azienda italiana che ha realizzato le antenne e il calibratore di bordo di LFI, inclusi gli sviluppi sperimentali è la Pasquali Microwave Systems (PMS) di Firenze. PMS ha realizzato anche il calibratore di tutto il satellite operante dalla temperatura ambiente fino a alle temperature di calibrazione: 20 K, 4K e 100 mK.

**A cura di:** Nazareno Mandolesi, INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio, Bologna.



## Missione: RADIOASTRON

<https://www.media.inaf.it/tag/radioastron/>

**Area:** Alte Energie; **Fase:** post-operativa

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

Il satellite Spektr-R lanciato dall'Astro Space Center della Russia il 18 Luglio 2011 ha messo in orbita la più grande antenna per osservazioni in banda radio (10 m di diametro). Lo scopo di questa antenna era di osservare, in contemporanea con radiotelescopi sulla superficie terrestre, oggetti di interesse astrofisico, con la risoluzione angolare dell'ordine del micro – secondo d'arco. Questo progetto internazionale coordinato dall'[Astro Space Center](#) del Lebedev Physical Institute in Moscow, Russia ha avuto una forte partecipazione di INAF: il 21 giugno 2011 è stato firmato un MoU tra il Presidente dell'INAF Tommaso Maccacaro e il Presidente dell'Astro Space Center del Lebedev Physical Institute, Nikolai Kardashev, per attività scientifiche congiunte in relazione alla missione di VLBI Spaziale RadioAstron e l'utilizzo delle antenne italiane. INAF ha messo a disposizione le antenne di Medicina e Noto per osservazioni in comune con l'antenna spaziale con la tecnica VLBI. In particolare le antenne di Medicina e Noto hanno partecipato con successo a due esperimenti per test sugli strumenti, installati sul satellite russo, e della catena di correlazione. Inoltre hanno partecipato ad un esperimento con il VLBA (USA) per la selezione di sorgenti da usare per calibrare l'antenna spaziale. In seguito INAF ha messo a disposizione anche tempo osservativo con il Sardinia Radio Telescope, una volta divenuto operativo.

Il perigeo del satellite spaziale era di 10000 km e l'apogeo di 390000 km intersecando quindi l'orbita lunare. L'interazione gravitazionale della luna è stata usata per modificare opportunamente l'orbita del satellite ed ottenere gli scopi scientifici preposti. Il satellite ha osservato regolarmente (dopo un periodo di test) dal 2013 al 10 Gennaio 2019, quando si sono persi i contatti tra la terra e l'antenna in orbita. Oltre al tempo oggetto del MoU, le antenne INAF hanno partecipato alle osservazioni anche tramite le regolari sessioni nell'ambito della rete europea per l'interferometria (EVN).

I maggiori risultati scientifici che hanno coinvolto anche le antenne italiane e ricercatori dell'INAF sono:

- Lo studio delle regioni alla base del getto della radio sorgente 3C 84 (Perseus A), al centro della galassia NGC 1275. I risultati di questo studio, coordinato dal Prof. G. Giovannini e dal gruppo VLBI dell'INAF-IRA di Bologna, con la partecipazione di numerosi altri ricercatori internazionali, sono stati presentati in un lavoro pubblicato su Nature Astronomy, nel quale è stata presentata e discussa la struttura di questo getto relativistico con un dettaglio mai ottenuto prima. La struttura del getto radio emesso dal buco nero supermassiccio al centro di NGC1275 a partire dal 2003, cioè appena una decina di anni prima, è stata risolta e le osservazioni hanno permesso di vedere come il getto viene accelerato e collimato nelle immediate vicinanze del buco nero supermassiccio e del disco di accrescimento e di come in seguito interagisca con il mezzo esterno (<https://www.media.inaf.it/2018/04/03/il-baby-getto-della-radiogalassia-3c-84/>).
- Osservazioni ad altissima risoluzione angolare di megamasers in galassie vicine e in regioni di formazione stellare nella nostra galassia. Regioni molto compatte sono state risolte ed hanno mostrato la presenza di strutture e getti peculiari. In uno studio di un megamaser in NGC4258 è stato ottenuto [il record della più elevata risoluzione angolare con RadioAstron in coppia con la nostra antenna di Medicina](#), alla lunghezza d'onda di 1.3 cm. La distanza RadioAstron-Medicina era di 340000 km (26.7 volte il diametro della Terra), per cui l'osservazione ha una risoluzione angolare di appena 8 micro-arcosecondi.

- Osservazioni di Nuclei Galattici Attivi (AGN) luminosi per lo studio della temperatura di brillanza e del Doppler boosting richiesto. In particolare i risultati ottenuti con osservazioni di 3C273, richiedono fenomeni particolari come la riaccelerazione continua di protoni alla distanza di pochi parsec dal nucleo. Oltre 160 quasars sono state osservate in varie epoche e sono state misurate temperature di brillanza oltre i  $10^{14}$  gradi kelvin, in contraddizione con ogni ipotesi di equipartizione. I dati di questa survey (come pure gli altri) sono ora pubblici e costituiscono un archivio importante di informazioni sugli AGN ad altissima risoluzione angolare.
- Immagini di AGN. Sono stati selezionati alcuni AGN per i quali, con osservazioni con il satellite al perigeo, sono state ottenute immagini di alta qualità per gli studi delle regioni di formazione ed espulsione dei getti relativistici. In particolare sono stati osservati in intensità totale e polarizzazione la distante quasar 0642+449, BL-Lac alla risoluzione angolare di 21 micro-arcsecondi, PKS 1954-388 con una baseline di 80000 km, 3C84 alla risoluzione angolare di 50 micro-arcsecondi ed altri oggetti di notevole importanza per lo studio degli AGN.
- Un ulteriore importante progetto portato avanti da Radioastron riguarda lo studio delle Pulsar. Una particolare attenzione ha destato la rivelazione inaspettata di frange di interferenza a 92 cm dalla Pulsar B0950+08 corrispondente ad una spaziatura di 220000 km con importanti implicazioni sulla natura delle disomogeneità nel plasma e della turbolenza del mezzo interstellare.

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) .</b>
	<b>Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
	I radiotelescopi di Medicina e Noto hanno partecipato ad osservazioni di RadioAstron con in media 300 ore (per antenna) di tempo osservativo/anno dal 2013 fino alla cessazione delle attività dell'antenna spaziale (inizio 2019), quindi per 6 anni. Il Sardinia Radio Telescope (SRT) ha potuto partecipare solo per alcuni mesi rivelandosi tuttavia prezioso per la sua elevata superficie (64m) e sensibilità. Presso l'Istituto di Radioastronomia di Bologna è stato organizzato un archivio di dati ottenuti per le osservazioni VLBI con RadioAstron raccolti via cavo e poi spediti sempre via cavo in tempi brevi al correlatore in Russia.

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
	In virtù del MoU firmato nel 2011, INAF ha avuto costantemente un rappresentante all'interno del RadioAstron International Science Council (RISC) partecipando alla politica scientifica del suo utilizzo. Ricercatori INAF hanno partecipato ai vari meetings internazionali su RadioAstron ed hanno collaborato sia come primo autore che come co-autore a numerosi articoli sui risultati scientifici di RadioAstron.

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>

A cura di: Gabriele Giovannini e Marcello Giroletti, INAF-Istituto di Radioastronomia, Bologna

## **Progetto: ADAM - Advanced Detectors for x-ray Astronomy Missions**

**Area:** Alte Energie; **Fase:** studio

### **a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

L'Astrofisica delle Alte Energie è da sempre uno dei punti di eccellenza della scienza spaziale italiana. In questo settore le comunità scientifiche dell'INAF, dell'INFN e delle Università hanno collezionato importanti successi che vedono concorrere grandi visioni scientifiche con straordinarie capacità realizzative nel campo dello sviluppo tecnologico e strumentale, con risultati che sono entrati nella storia dell'Astrofisica. La tecnologia italiana per la realizzazione dei rivelatori per raggi X ha raggiunto un livello tale da permettere la formulazione di grandi progetti internazionali ed il coagulo di collaborazioni internazionali molto estese che fungono da propulsore per la comunità scientifica e tecnologica nazionale. Lo scopo del Progetto è il mantenimento e il miglioramento delle capacità nella realizzazione di queste tecnologie con il fine di preservare o guadagnare un ruolo di leadership nella definizione delle missioni future. Le tecnologie selezionate per questo progetto corrispondono infatti a consolidate eccellenze tecnologiche italiane con chiare prospettive di applicazione su missioni spaziali di frontiera, e con riconosciuta leadership italiana: Multi-Pixel Silicon Drift Detectors, microcalorimetri criogenici a tecnologia TES, Gas Pixel Detectors.

L'attività si articola su tre linee principali ("filoni"), basate su tre diverse tecnologie abilitanti, che vedono attualmente l'Italia come riferimento mondiale e detentore di un know-how unico. Le tre linee di sviluppo in cui si articola il progetto sfruttano queste tecnologie per individuare possibili strumenti che consentano di spingere al massimo la misura di tutti i parametri della radiazione X ovvero la stima dell'energia, del tempo e della polarizzazione della radiazione, nonché della posizione, grazie alla pixellizzazione. ADAM (Advanced Detectors for x-ray Astronomy Missions) è un progetto premiale dell'ASI con il forte contributo di INAF, INFN, CNR e diverse Università nazionali, approvato dal MIUR nel 2017.

#### **MULTI-PIXEL SDD**

Il progetto di ricerca Multi-pixel SDD (Multi-pixel Silicon Drift Detectors - PixDD) ha come obiettivo lo sviluppo innovativo di rivelatori multi-pixel basati sulla tecnologia dei Silicon Drift Detectors, che superino le limitazioni degli attuali rivelatori (e.g., CCD) per applicazioni che richiedano alti tassi di conteggio in regime di single-photon, a temperatura ambiente. Lo sviluppo avviene nell'ambito della consolidata collaborazione tra INFN, INAF, Fondazione Bruno Kessler, Università di Pavia e Politecnico di Milano, che ha raggiunto e in alcuni casi stabilito l'attuale stato dell'arte nel campo delle camere a deriva di Silicio e della relativa elettronica di lettura a basso consumo e bassissimo rumore, ponendo l'Italia non solo in un ruolo di eccellenza, ma anche di leadership in questo settore. L'obiettivo specifico di questa attività è quello di sviluppare un dispositivo di alta complessità (16x16 canali), integrato con il suo sistema di read-out basato su un ASIC "2D" (anch'esso 16x16 canali) con tecnologia flip-chip (gold-stud bonding). Il rivelatore sarà ottimizzato per il rapporto area effettiva/area geometrica, riducendo il più possibile le strutture periferiche e si eseguiranno i primi studi tecnologici per le tecnologie "edgeless" per i rivelatori e TSV ("through Silicon via") per l'ASIC.

#### **MICROCALORIMETRI IN ATHENA**

L'obiettivo di questa linea di attività è sia di innalzare il livello di qualità delle tecnologie critiche, a responsabilità italiana, legate allo sviluppo di strumentazione per lo strumento X-IFU a bordo del satellite ATHENA (i.e., rivelatore criogenico di anticoincidenza, filtri termici per raggi X), che di migliorare la definizione degli "Instruments Requirements" la cui conoscenza è imprescindibile per il design della sopra citata strumentazione. L'Italia, ovvero l'INAF guida un consorzio di diversi

istituti che coinvolge Università, CNR e industrie spaziali, coprendo in tal modo tutte le tecnologie abilitanti. Le attività rientrano nella programmazione prevista per l'avanzamento della Fase A per lo strumento X-IFU di ATHENA e per lo sviluppo tecnologico del filtro ottico, trasparente ai raggi X, per lo strumento WFI.

#### GAS PIXEL DETECTOR

I Gas Pixel Detector, progettati e realizzati dall'INFN di Pisa e caratterizzati dall'Istituto IAPS dell'INAF, sono tra i migliori rivelatori su scala mondiale per la polarimetria X di piano focale ed hanno perciò permesso il salto di qualità nella sensibilità della misura della polarizzazione dei fotoni. La versione convenzionale di questi rivelatori è utilizzata nel progetto IXPE, la missione SMEX della NASA in fase di realizzazione. Una versione potenziata per una più alta velocità di conteggio e per una migliore uniformità è stata studiata per la missione ESA/NASA IXO, e, se portata a compimento, migliorerebbe significativamente le prestazioni degli esperimenti futuri. L'obiettivo di questo studio è aumentare il livello di readiness del GPD ad alto count rate, rendendolo disponibile per un impiego a bordo della missione eXTP (esperimento PFA).

#### **b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..)**

##### **Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

Il team di studio del progetto ADAM è coordinato dall'INAF, con i tre filoni specifici coordinati da INAF/IAPS (PixDD), INFN-Pisa (GPD), INAF/IAPS (ATHENA). Il progetto ADAM coinvolge i seguenti team:

ASI/EOS

INAF/IAPS Roma

INAF/OAS Bologna

INAF/OATs Trieste

INFN Pisa

INFN Trieste

Fondazione Bruno Kessler

Politecnico di Milano

Università di Genova

Università di Palermo

Università di Pavia

#### **c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

ADAM è un progetto di Ricerca e Sviluppo che coinvolge solo gruppi a livello nazionale. Tuttavia, i tre filoni di ricerca hanno ricadute dirette su progetti spaziali con ampio coinvolgimento internazionale. Il filone dei microcalorimetri criogenici è direttamente collegato all'esperimento X-IFU della missione ATHENA. Il filone GPD supporta lo sviluppo del rivelatore polarimetrico ad alto rate per la missione eXTP. Il rivelatore a multi-pixel sviluppato dal filone PixDD è in fase di studio per la missione cinese LAMP.

#### **d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

A livello nazionale il progetto attualmente prevede il coinvolgimento della Fondazione Bruno Kessler (Trento), coinvolta nello sviluppo del rivelatore PixDD. Per il filone microcalorimetri criogenici, OHB Milano e TAS-Milano sono coinvolte nelle attività di analisi e sviluppo di breadboards per la cryo-AC dello strumento X-IFU, mentre la Fondazione Infotech di Pisa si occupa dell'etching.

**A cura di:** Marco Feroci, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

**Progetto: AREMBES - Athena Radiation Environment Models and x-ray Background Effects Simulator**

**Area:** Alte Energie; **Fase:** studio

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

**AREMBES** (Athena Radiation Environment Models and x-ray Background Effects Simulator) è un progetto ESA-INAF di Research and Development inquadrato nell'ambito delle attività ESA di tipo CTP (Core Technology Programme), di cui INAF (IAPS Roma) è il responsabile scientifico (PI: Claudio Macculi) ed amministrativo. La proposta di ricerca è stata selezionata rispondendo ad un bando internazionale di tipo competitivo. Il goal, che è consentire dettagliate analisi dei principali processi di radiazione generanti particle background negli strumenti a bordo del satellite Athena per differenti scenari orbitali, è realizzato svolgendo 3 task principali:

- 1) Valutazione dell'ambiente di particelle per orbite attorno ai punti lagrangiani L1 o L2 (circa 1.5 milioni di km dalla Terra), uno dei quali individuerà la destinazione operativa del satellite
- 2) Validazione di procedure Geant4 il cui scopo è valutare l'impatto del fondo di particelle verso i piani focali dei due strumenti a bordo di Athena (X-IFU, WFI)
- 3) Sviluppo di un simulatore "user-friendly" basato su librerie dedicate Geant4

Le attività sono fortemente inquadrare nell'ambito di Athena, di cui INAF ha la co-PI ship dello strumento X-IFU (IAPS Roma, Dr. Luigi Piro), seconda missione ESA di classe "Large" per raggi-X con lancio previsto nel 2031. La sensibilità dei rivelatori a bordo, essendo per X-ray astronomy, è fortemente dipendente dal flusso di particelle che depositano energie nelle loro bande di lavoro: maggiore è tale flusso, minore sarà la sensibilità dei rivelatori. Inoltre, per missioni aventi ottiche di focalizzazione quale è Athena, tale ambiente ha un impatto differente a seconda dell'energia delle particelle: particelle aventi basse energie circa minori di 100 keV vengono concentrate dalle ottiche verso il piano focale; per energie superiori a circa 130 MeV esse attraversano lo scafo e la strumentazione generando anche sciami di particelle secondarie.

Poiché non esistono satelliti in raggi X che abbiano mai volato in L1 o L2, l'ambiente di particelle non è mai stato caratterizzato per questa tipologia di strumenti. Pertanto è necessario fornire, tramite dati di altri satelliti (planetari, etc...) posizionati in L1 e su orbite limitrofe a L2, la migliore valutazione di ciò che ci si "aspetta" in L1 e L2 come ambiente di particelle. Inoltre, per poter fornire il fondo di particelle nelle vicinanze del rivelatore, è necessario capire come questo flusso di particelle esterno al satellite propaga verso i rivelatori e cosa esse stesse producono (i cosiddetti "secondari", essendo i "primari" il flusso esterno incidente). Per fare ciò si utilizza il s/w Geant4 che simula, tramite metodo Monte Carlo, tutti i processi fisici di interesse legati all'interazione di queste particelle con la struttura del satellite e della strumentazione.

Le attività del progetto si strutturano su 3 Fasi, tra loro temporalmente successive:

Fase 1) Valutazione dell'ambiente di particelle in L1 e L2; definizione e validazione dei processi fisici in ambito Geant4 maggiormente impattanti per ATHENA (attività conclusa in seguito CCN)

Fase 2) Sviluppo del simulatore (attività conclusa)

Fase 3) Aggiornamento e mantenimento delle attività precedenti (attualmente in essere)

Esse sono in fase con la schedula di Athena dimostrando che il progetto ha ricadute dirette verso gli aspetti scientifici della missione. I risultati al momento raggiunti sono di estrema rilevanza per la missione. Nell'ambito delle attività di caratterizzazione dell'ambiente di particelle i risultati più significativi sono:



- 1) Forte variabilità sia spaziale che temporale di L2 rispetto a L1 a causa di fenomeni locali legati alla magnetosfera terrestre i quali in media producono flussi più alti (la significatività statistica dei risultati per L2 risente della scarsa copertura di dati spaziale e temporale disponibile)
- 2) Forte ed evidente correlazione temporale tra intensità di protoni in diverse regioni: L2, L1 ed alta orbita terrestre, durante le cosiddette SEP (Solar Energetic Particle events)
- 3) Caratterizzazione fine e temporale (~ 1.5 cicli solari) dell'ambiente di particelle in L1

Grazie a questo studio, ai fini del particle background, il team scientifico, per mezzo dei suoi delegati nell'ESA Athena Science Study Team, ha raccomandato di inserire il satellite in orbita L1 invece che lasciarlo in L2 come da baseline di missione.

Riguardo agli aspetti di Geant4 sono stati validati i principali processi fisici che influenzano gli effetti del particle background nei rivelatori (e.g., single e multiple scattering, electron backscattering, proton scattering e perdita per ionizzazione) e prodotta la cosiddetta "Space Physics List" (SPL) che comprende tutte procedure/routine che serviranno per poter simulare i processi di base per qualunque missione nel contesto spaziale, non solo Athena. L'ESA ha riconosciuto ufficialmente l'adozione di tale SPL in Athena. Riguardo al simulatore è stato prodotto il suo "core" e consegnato all'ESA. Esso riceve in input gli spettri del particle environment, la geometria del modello di massa del satellite, e adottando l'adeguata Physics List produce in output i prodotti di interazione, nonché energie depositate e posizioni di interazione.

**b. | Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..).**

**Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

Il team italiano è fortemente coinvolto nel progetto avendo sia la responsabilità amministrativa che scientifica, che quella su diverse attività di lavoro (i.e., tasks).

In particolare tiene le fila sull'attività di valutazione dell'ambiente in L1 e L2, e sulla determinazione e validazione dei processi fisici in Geant4. Inoltre gestisce, in qualità di "utente" l'attività relativa ai requisiti del simulatore, nonché alla sua verifica confrontando gli output del programma con quelli dei programmi usualmente in opera presso i nostri istituti scientifici. E' inoltre responsabile per le attività di aggiornamento a mantenimento sia riguardo all'ambiente di particelle che al simulatore. INAF è di fatto l'attore principale su tutto quanto riportato, coadiuvato per la parte Geant4 dalla ditta SWHARD (PMI).

**c. | Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Le attività hanno un fortissimo coinvolgimento internazionale, data la natura del progetto e le esperienze necessarie per portarlo a compimento. Si rimarca il contesto "Spazio" della finalità. Come sopra riportato INAF (le cui strutture coinvolte sono IAPS Roma, IASF Milano, IASF Palermo, IASF Bologna), quindi l'Italia, ha la leadership del progetto. Le collaborazioni sono con:

SRON (Olanda); IRAP (Francia); MPE (Germania); CEA (Francia); NOA (Grecia); INTA (Spagna); SWHARD (Italia, PMI); RadMod Research (UK, PMI); Kallisto Consultancy (UK, PMI); CERN (CH).

Alcuni dei partner coinvolti hanno forti ruoli di responsabilità in Athena (Co-PI ship, chair background WG).

**d. | Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

L'industria italiana è presente nel progetto AREMBES tramite SWHARD, una PMI basata a Genova, con ruoli di responsabilità. Il referente della ditta, coinvolto anche lui in prima persona, fa parte della collaborazione internazionale Geant4 ed è tra i responsabili della sezione "Low Energy Electromagnetics Physics".



## Progetto: Beatrix - Beam Expander Testing X-ray facility

Area: Alte Energie; Fase: realizzazione

### a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica attesa per le missioni in fase di studio e di realizzazione....

BEaTriX è un laboratorio in costruzione presso l'INAF-Osservatorio Astronomico Brera nella sua sede di Merate (Lecco). Rappresenta la prima realizzazione di uno strumento con un fascio di raggi X parallelo (divergenza  $\leq 1,5$  arcsec HEW) e uniforme, molto ampio ( $170 \times 60 \text{ mm}^2$ ) e fortemente monocromatico (FWHM = 0,03 eV), alle energie di 1.49 e 4.51 keV. Attualmente è in fase di realizzazione la prima linea, con fascio a 4.51 keV.

L'obiettivo principale di BEaTriX è dimostrare che è possibile eseguire i test di accettazione (PSF e Aeff) dei componenti ottici del telescopio ATHENA subito dopo essere stati costruiti, inserendo BEaTriX direttamente nella catena di produzione. ATHENA è un osservatorio a raggi X dell'ESA, con lancio previsto nel 2031 (si veda scheda relativa a cura di Luigi Piro). Il telescopio è composto da diverse centinaia di moduli ottici (Mirror Module, MM) in silicio (Silicon Pore Optics, SPO) da assemblare. I MM, prodotti con la tecnologia ben consolidata del silicio, utilizzata nell'industria dei semiconduttori, verranno prodotti al ritmo di 2 MM/giorno e devono essere tutti testati per accettazione prima dell'integrazione.

INAF-OABrera ha iniziato nel 2012 a progettare una struttura unica al mondo, con il finanziamento iniziale del progetto AHEAD (Activities for the High-Energy Astrophysics Domain), sovvenzione concessa dal programma Europeo Horizon-2020. I risultati raggiunti, grazie a questo primo finanziamento, hanno convinto l'ESA ad adottare BEaTriX ai fini della calibrazione dei MM del telescopio ATHENA, richiedendo un significativo potenziamento della struttura, con conseguenti costi aggiuntivi. La realizzazione del laboratorio è in corso, finanziata da un contratto ESA, dal nuovo progetto AHEAD e da fondi ASI ed INAF.

BEaTriX è stata progettata con una certa flessibilità per permettere di usarla, oltre al suo scopo primario per il telescopio ATHENA, anche per altre ottiche a raggi X, ovvero ottiche di dimensioni diverse da quelle dei MM di ATHENA e con focali diverse.

Il sistema è molto compatto (inserito in un locale di  $9 \times 18 \text{ m}^2$ ), posizionato su una fondazione stabile (griglia nella Figura 1) progettata e costruita per isolare la linea del fascio dalle vibrazioni.

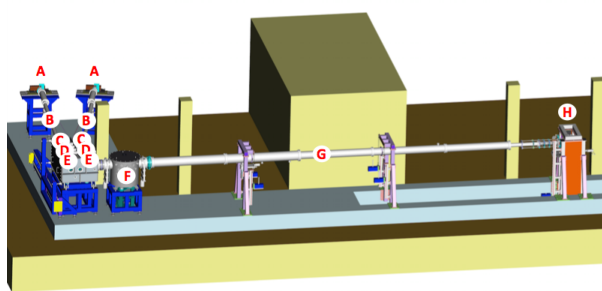


Figura 1: schema meccanico dello strumento

La facility funziona in vuoto, ad un livello di  $10^{-3}$  mbar, facilmente raggiungibile in breve tempo. Il sistema di pompaggio a vuoto si basa interamente su pompe turbo magnetiche e pompe di pre-vuoto prive di olio, per evitare la contaminazione delle ottiche. Le dimensioni ridotte della struttura contribuiscono anche a ridurre i tempi di evacuazione rispetto alle strutture a raggi X più grandi. Inoltre, il design a comparti modulari garantisce che il vuoto possa essere rotto in modo indipendente nei diversi settori, consentendo di sostituire in breve tempo l'ottica sottoposta a test: simulazioni hanno dimostrato che la camera sperimentale (F in Figura 1) può essere evacuata in circa 30 minuti. La camera sperimentale si apre su una clean tent ISO5, per consentire ai campioni di essere caricati e scaricati in un ambiente pulito. Il ritorno in atmosfera

viene eseguito in tutto il sistema con aria deumidificata e secca. Un software basato sulla piattaforma NI Labview, interamente realizzato in OABrera, gestisce l'operatività di BEaTriX.

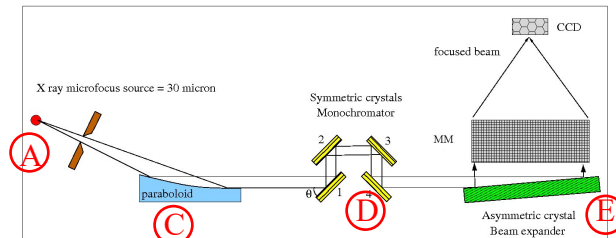


Figura 2: schema ottico dello strumento

La linea a 4.51 keV è emessa da un anodo in Ti. Il flusso della sorgente Ti è stato misurato in  $6 \times 10^{11}$  ph/sec/sterad. Un rivelatore Si-PIN monitora la stabilità del flusso. I raggi vengono propagati attraverso i bracci corti (B) nella camera ottica (camera rettangolare nella Figura 1), dove sono riflessi da una serie di componenti ottici. La Figura 2 riporta lo schema del disegno ottico. Tutti i componenti ottici sono posti su motori da vuoto per permetterne l'allineamento. Il fascio emergente ha alla fine una dimensione di 170 mm in direzione orizzontale e 60 mm in direzione verticale.

Nella camera MM (camera cilindrica in Figura 1), il raggio incontra il MM da testare (F), posto su motori da vuoto, e viene quindi focalizzato a 12 m di distanza. Il modulo da testare è circondato da una scatola termica, che permette di valutare le performance dell'ottica X a temperature comprese tra  $-10$  e  $+50$  ° C. Il raggio focalizzato viene propagato attraverso il braccio lungo (G) nel rivelatore (H), posizionato a 12 m di distanza. La focalizzazione può essere variata per un intervallo di 500 mm. Il rivelatore è un CCD a illuminazione diretta con dimensioni del sensore di  $27,6 \text{ mm} \times 27,6 \text{ mm}$  e pixel  $13,5 \mu\text{m}$ . Il braccio lungo è composto da 6 tubi per lasciare la possibilità di modificare in futuro la lunghezza focale della struttura.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..).**

**Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

La facility è costruita totalmente in Italia con sostegno da parte di ESA (contratto ad hoc), ASI (nel contesto del sostegno alla missione ATHENA), dei Progetti Europei AHEAD 1 e 2, di INAF. L'Italia contribuirà con BEaTriX alla realizzazione del telescopio ATHENA, in particolare rendendo possibili i test di accettazione dei Mirror Modules già in fase di produzione.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Il team di BEaTriX, a leadership italiana di INAF (OABrera + OAPd + INAF-IASF-Mi), CNR-Istituto dei Materiali per l'Elettronica e il Magnetismo (cristalli monocromatori European Synchrotron Radiation Facility (simulazioni ottiche), MPE-Garching (qualifica componenti ottici in raggi X), lavora in stretto contatto con ESA, che sta finanziando parte dell'implementazione. Parte delle attività fanno parte del progetto ASI-ATHENA e del progetto Europeo AHEAD per lo sviluppo di tecnologie per astronomia in raggi X

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

BCV (Progettazione fondazioni laboratorio), Teknoprogetti engineering srl (Misure vibrazioni e MASW), Vaqtec srl (Progettazione impianto da vuoto 1.0), Tecnomotive (Progettazione impianto da vuoto 2.0), Kenosistec srl (Realizzazione e installazione impianto da vuoto), Physik Instrumente (PI) srl (Motori da vuoto), Gilardoni spa (Schermo di protezione per sorgente X), Leybold Italia srl (Pompe da vuoto), Pfeiffer Vacuum Italia spa (Valvole elettropneumatiche e sensori), Allecra (Flange, sensori di temperature, gate valve), Media Lario srl (metrologia specchio parabolico), Atlas Copco (Sistemi filtranti), Quantum design srl (CCD per raggi X), Bema Technology srl (Clean tent), Lauda (Crio-termostato), National Instruments (Elettronica di comunicazione)

A cura di: Bianca Salmaso, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera

**Progetto: Camera VNIR per la missione ASI-JPL nel TIR**

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare (trasf. tecnologia *Earth Observation*); **Fase:** studio

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

Nell’ambito della cooperazione internazionale tra ASI e NASA/JPL, è stato concordato di svolgere uno studio congiunto per una missione scientifica di Osservazione della Terra nell’intervallo spettrale dell’infrarosso termico (TIR) con un singolo satellite da lanciare nel periodo 2025-2027. Nel corso di questa analisi è stata anche valutata, su richiesta della comunità scientifica, la possibilità di aggiungere allo strumento principale (TIR) una camera secondaria nel VNIR per migliorare la geolocalizzazione, la risoluzione spaziale e fornire informazioni complementari allo strumento termico. Lo studio ha come obiettivo di verificare la possibilità di utilizzare il design ad alto heritage tecnologico ottenuto tramite gli Strumenti HRIC (Canale ad alta risoluzione dello strumento SIMBIO-SYS payload della Missione ESA BepiColombo) e JANUS (Camera ad alta risoluzione della missione ESA JUICE) per i canali aggiuntivi VNIR per lo strumento TIR.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

La particolare applicazione prevede l’adattamento e accoppiamento del canale ottico ad alta risoluzione allo strumento TIR. La presenza di uno specchio rotante che permetterà ad entrambi gli strumenti di avere un ampio campo di vista impone di valutare quale sia il migliore accoppiamento meccanico tra gli elementi in modo da ottimizzare il funzionamento degli strumenti e per evitare i possibili drawback nelle performances della camera ad alta risoluzione. Le caratteristiche della camera VNIR saranno studiate ed adattate ai requisiti scientifici e di performance imposte dall’applicazione per osservazione della terra in termini di risoluzione a terra, data throughput, bande spettrali. Nello studio oltre all’INAF-IAPS, responsabile Vincenzo Della Corte, sono coinvolti l’Università degli studi di Napoli Parthenope, responsabile Pasquale Palumbo, e l’IFN-CNR di Padova responsabile Vania Da Deppo.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Lo studio prevede la collaborazione con NASA/JPL (USA) responsabili dello strumento principale.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Nello studio è coinvolto sin dall’inizio Leonardo SPA in quanto è il partner industriale che ha realizzato e sta realizzando i due strumenti da cui proviene l’Heritage tecnologico.

**A cura di:** Vincenzo Della Corte, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma; Pasquale Palumbo, Università degli Studi di Napoli “Parthenope”; Vania Da Deppo, IFN-CNR Padova.

## Progetto: CAM - Contamination Assessment Microbalance

<https://www.media.inaf.it/2016/06/20/wire16-microbilancia/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** rielaborazione in corso

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica per le missioni in fase di studio e di realizzazione</b>
<p>Il progetto Contamination Assessment Microbalance (CAM) è stato selezionato dall'ESA nel dicembre 2013 a valle di una Invitation to Tender AO/1-7530/13/NL/HB – “Evaluation of an In-situ Molecular Contamination Sensor for Space Use”, ed è svolto da aprile 2014 a maggio 2016. Il Team è composto da personale di quattro istituti: IAPS-INAF, Politecnico di Milano, IIA-CNR e Kayser Italia. Il progetto, mira a sviluppare un modello ingegneristico di un sensore a microbilancia per il monitoraggio dei processi di contaminazione (da polveri e molecolare) nello spazio per i prossimi satelliti e payload sensibili dell'ESA.</p> <p><i>Obiettivi Scientifici</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controllo della contaminazione da outgassing molecolare nello spazio.</li> <li>▪ Rilevazione di composti volatili e polveri emessi da asteroidi/comete.</li> <li>▪ Studio di organici e acqua presenti nei regoliti o polveri planetarie, mediante la tecnica della TermoGravimetria (TG).</li> </ul> <p><i>Attività Svolta</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizzazione tre Breadboard ed un Engineering Model dello strumento</li> <li>▪ Test di funzionalità in camera a termovuoto</li> <li>▪ Test di performance (contaminazione) in termovuoto</li> <li>▪ Caratterizzazione in laboratorio di vari composti organici mediante parametri termodinamici (e.g. entalpia di sublimazione)</li> </ul> <p><i>Attività future</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La realizzazione di un modello qualificato Spazio è previsto in una fase successiva</li> </ul>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. hardware, software, etc.) . Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Progetto realizzato da Consorzio Italiano a guida INAF (PI Ernesto Palomba, INAF-IAPS, Roma) con PoliMi, IIA-CNR, Kayser-Italia. <i>Contributi al progetto</i> Management, Design, Tests, elettronica principale (INAF), Design, Struttura termomeccanica, elettroniche di prossimità, teste sensoriali (PoliMI, IIA-CNR), Software(Kayser-Italia).</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Progetto realizzato da Consorzio Italiano a guida INAF con PoliMi, IIA-CNR, Kayser-Italia</li> <li>▪ Passaggio alla II fase di selezione della Missione: “Asteroid Exploration Mission” dell’agenzia Cinese CNSA per lo studio delle polveri e possibile attività cometaria</li> <li>▪ Fase di studio per la missione: “Hera” dell’Agenzia Spaziale Europea (ESA) per lo studio e caratterizzazione delle polveri asteroidali e monitoraggio della contaminazione a supporto allo spettrometro ASPECT</li> </ul>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Kyser Italia</p>	

**A cura di:** Ernesto Palomba, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Roma.

**Progetto: CAMLAB** - Contamination Assessment Microbalance for LABORatory  
<https://www.media.inaf.it/2018/11/06/microbalance-premiata-a-startcup-lazio/>

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** studio

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa/ post-operativa, tempistica per le missioni in fase di studio e di realizzazione</b>
	<p>Il progetto Contamination Assessment Microbalance for LABORatory (CAMLAB) è stato selezionato dall'ESA tramite una Invitation to Tender ESA AO/2-1640/16/NL/KLM/gp – Development a European Quartz Crystal Microbalance (QCM) ed ha inizio nel 2018. Il Team è composto da tre istituti: IAPS-INAF, Politecnico di Milano e IIA-CNR. Il progetto è attualmente in corso e mira a sviluppare un sensore a microbilancia per conto dell'ESA per uso di laboratorio e in particolare per la caratterizzazione fisico-chimica dei materiali polimerici andando a monitorare i processi di outgassing in camere a termovuoto.</p> <p>Obiettivi Scientifici</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controllo dei processi di outgassing in laboratorio (camere a termovuoto)</li> <li>▪ Caratterizzazione di materiali polimerici e sostanze organiche mediante la tecnica della TermoGravimetria (TG).</li> </ul> <p>Attività Svolta</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizzazione un Breadboard dello strumento</li> <li>▪ Realizzazione di un'elettronica commerciale e del software per il controllo strumentale</li> <li>▪ Test di funzionalità in camera a termovuoto</li> <li>▪ Test di performance (outgassing) in termovuoto e caratterizzazione di composti organici mediante parametri termodinamici (e.g. entalpia di sublimazione)</li> </ul> <p>Attività future</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Installazione del sistema hardware e software presso ESA-ESTEC</li> <li>▪ Produzione di sensori per attività di laboratorio per ESA-ESTEC</li> <li>▪ Elettronica e Software realizzati specificatamente per le attività di laboratorio</li> </ul>

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. hardware, software, etc..) . Principale/i contributo/i INAF</b>
	<p>Progetto realizzato da Consorzio Italiano a guida INAF (PI Ernesto Palomba, INAF-IAPS, Roma) con PoliMi, IIA-CNR, Kayser-Italia</p> <p><i>Contributi al progetto</i> Management, Design, Tests, elettronica principale e software (INAF), Design, Struttura termomeccanica, elettroniche di prossimità, teste sensoriali (PoliMI, IIA-CNR).</p>

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)</b>
	Progetto realizzato da Consorzio Italiano a guida INAF con PoliMi, IIA-CNR

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
	Nessuno

**A cura di:** Ernesto Palomba, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Roma

**Progetto: Christmas** - Cryosphere High spatial Resolution Images and Snow/ice properties via apparent Thermal inertia obtained from Multispectral Advanced optical Systems

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare, Earth Observation, Telerilevamento; **Fase:** studio

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica attesa per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

Il progetto Christmas, a guida Università Bicocca di Milano, mira allo studio della criosfera e allo sviluppo di modelli predittivi del suo stato sulla base dell'inerzia termica apparente ottenuta mediante un sistema satellitare multispettrale VIS-NIR-MIR ad elevata risoluzione spaziale. Il progetto è nella fase di studio embrionale e si focalizza principalmente sullo sviluppo dei modelli e su un dimensionamento di massima del payload e di definizione della missione. Il principale risultato è stato quello di identificare in modo più accurato i requisiti di missione sulla base dei modelli sviluppati e le criticità relative alle tecnologie da utilizzare. Il progetto ha avuto un seguito con il progetto MUSICA (si veda la scheda relativa).

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) .  
Principale/i contributo/i INAF**

INAF-Osservatorio Astronomico di Brera si è occupato del design optomeccanico del payload ottico evidenziando gli elementi critici e le possibili soluzioni in relazione al TRL.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Il progetto vedeva la presenza del Consorzio Antares S.c.a.r.l., una società consortile specializzata in componenti e tecnologie per satelliti applicativi e servizi di telecomunicazione e telerilevamento.

**A cura di:** Andrea Bianco, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, Milano



**Progetto: COSMITO - Compressive Sampling Multispectral Imaging camera for remote Observation**

**Area:** Elio-Fisica e Fisica del Sistema Solare, Earth Observation, telerilevamento; **Fase:** studio, realizzazione prototipo.

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica attesa per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>L'obiettivo di COSMITO è la realizzazione di una camera multispettrale di nuova generazione, compatta e riconfigurabile, equipaggiata con un sistema innovativo di acquisizione e compressione ottica delle immagini, capace di fornire le stesse prestazioni offerte dai detector convenzionali (array 2D CMOS/CCD), con un numero di pixel estremamente ridotto.</p> <p>Per la realizzazione del canale multispettrale COSMITO integra al suo interno un sistema disperdente ad alta efficienza di nuova generazione, basato sulla tecnologia dei Volume Phase Holographic Grating, accoppiato ad un detector lineare dual-band, operante parallelamente nel dominio VIS-NIR, realizzato sfruttando eterostrutture epitassiali verticali a semiconduttore di silicio (per il VIS) e germanio (per il NIR). Tale configurazione permette, grazie al sistema di compressive sampling, di ricostruire per ogni pixel del detector, l'informazione spaziale e spettrale relativa alla lunghezza d'onda associata.</p> <p>L'architettura proposta permette, inoltre, di equipaggiare la camera con un canale di imaging ausiliario a singolo pixel, che può essere ottimizzato per fornire, parallelamente al canale multispettrale, informazioni in particolari finestre ottiche di interesse.</p> <p>Il prototipo di laboratorio è attualmente disponibile presso l'Osservatorio Astronomico di Brera.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.) . Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>INAF-Osservatorio astronomico di Brera era responsabile del payload ottico e si è occupato della progettazione optomeccanica del sistema ottico e della progettazione/realizzazione dei sistemi disperdenti VPHG ad alte prestazioni VIS-NIR.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Il progetto è nazionale (finanziato da Regione Lombardia (POR FESR 2014-2020))</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>ANTARES S.c.a.r.l., OPTEC S.p.A.</p>	

**A cura di:** Andrea Bianco, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, Milano

## **Progetto: DORA - Deployable Optics for Remote sensing Applications**

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** studio

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>Questo progetto è partito in risposta alla call del MIUR nell'ambito del PON Ricerca ed Innovazione 2014-2020 ed in particolare per l'area di specializzazione "Aerospazio".</p> <p>Scopo del progetto DORA è lo studio di tecnologie optomeccaniche per Ottiche Dispiegabili dedicate a strumentazione di Remote Sensing nell'intervallo spettrale dal visibile all'infrarosso (camere e spettrometri ad immagine e non) e con un forte potenziale applicativo per strumentazione nelle microonde (SAR, radiometri, etc).</p> <p>Sistemi Ottici Dispiegabili sono di particolare importanza per strumentazione dedicata al telerilevamento a bordo di piccoli satelliti di nuova generazione che dispongono di limitate risorse di volume e massa. La possibilità di avere un'ottica a configurazione variabile può garantire l'accesso ad obiettivi scientifici ed applicazioni altrimenti difficilmente raggiungibili.</p> <p>L'obiettivo dello studio sarà la realizzazione di un prototipo di telescopio che utilizza un meccanismo di dispiegamento in fase operativa, e che può avere applicazioni sia nel campo della spettroscopia nel Visibile ed Infrarosso che dell'interferometria Radar. A tale scopo verrà riprogettato uno spettrometro, operante nell'intervallo di lunghezze d'onda di interesse per il monitoraggio ambientale dallo spazio, per renderlo operativo interfacciandolo direttamente ad un sistema ottico di nuova tecnologia.</p>	
<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Il progetto nasce da una partnership tra INAF (sia IAPS che OaPd), Università Parthenope, SITAEL ed altre PMI del sud Italia. SITAEL è il capofila industriale, come richiesto dal bando. Il progetto ha la durata di 30mesi ed è iniziato nell'Ottobre 2018 con un budget di 7Meuro, di cui il 50% rappresentano il contributo del MIUR. L'INAF è responsabile della definizione dei requisiti scientifici (in collaborazione con l'Università Parthenope), del progetto ottico (OaPd), dello studio dello spettrometro (derivato dallo strumento MIMA realizzato presso lo IAPS) e del progetto termomeccanico in collaborazione con il Politecnico di Milano. Presso lo IAPS si svolgeranno inoltre i test di validazione del progetto opto-meccanico del telescopio</p>	
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Questo studio garantirà all'INAF una posizione di leadership in Italia sul tema delle ottiche dispiegabili. Le potenzialità di ottiche dispiegabili nello spazio sono notevoli per tutte le attività di Remote Sensing e di esplorazione del Sistema Solare e della Terra in quanto permettono di ridurre le risorse necessarie, attraverso l'uso di mini-satelliti, senza necessariamente pregiudicare le prestazioni ottiche e quindi il ritorno scientifico.</p>	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Come già menzionato il progetto vede come capofila la SITAEL di Bari con una serie di PMI locali per attività specifiche.</p>	

**A cura di:** Fabrizio Capaccioni, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Roma

**Progetto: EXACRAD** – Experimental Evaluation of ATHENA Charge Particle Background from Secondary Radiation and Scattering in Optics

Area: Alte Energie; Fase: in corso

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
	Caratterizzazione di processi fisici che intervengono nella produzione del fondo su strumenti operanti alle alte energie. Misura del backscattering di elettroni da materiali utilizzati per la realizzazione degli strumenti a bordo di ATHENA. Le attività di laboratori stanno volgendo al termine, nei prossimi mesi verranno prodotte le misure.
<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
	L'attività è coordinata da personale INAF, Project Manager(IASF-Milano) e Project Scientist(IAPS). Collaborazione con SWARD Genova.
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
	Collaborazione con Università Tubingen, CEA Parigi, ONERA Tolosa
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
	Assente

A cura di: Silvano Molendi, INAF-Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica, Milano

**Progetto: Fibre Ottiche nell'IR**

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare, R&D; **Fase:** studio

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica attesa per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>Questo è uno studio per la caratterizzazione di una tecnologia abilitante nel campo della spettroscopia infrarossa.</p> <p>Questo progetto è dedicato alla caratterizzazione della fibra ottica da utilizzare nel range IR per lo sviluppo di uno spettrometro NIR basato su fibre ottiche. L'uso di fibre ottiche permette una notevole modularità degli strumenti, consentendo la distribuzione di diversi moduli degli strumenti in parti diverse dello spacecraft. Questo è un concetto già utilizzato nello strumento Ma_MISS, a bordo della missione ExoMars, che opera nel VIS e NIR.</p> <p>Nel caso specifico di questo nuovo studio, si pensa ad uno spettrometro IR che esegue la spettroscopia nell'intervallo spettrale di 1,4-4,2 <math>\mu\text{m}</math> con un campionamento spettrale di 7 nm. La testa ottica (OH) dello strumento sarà a una distanza di 3 mm dal campione target per illuminare e raccogliere il segnale. La testa ottica è dotata di un fascio di fibre ottiche a scopo di illuminazione e di un cavo in fibra ottica che raccoglie la luce riflessa. Lo spettrometro si troverà a distanza dalla testa ottica, collegato tramite le fibre. Il gruppo del piano focale dello spettrometro viene raffreddato alla temperatura criogenica da un crio-cooler, il cui lato caldo viene dissipato attraverso un radiatore freddo. L'attività consiste nel testare i requisiti per la fibra ottica IR.</p>	
<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Universita', etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
L'attività viene finanziata da ASI con la collaborazione dell'industria (Leonardo Firenze).	
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
Non sono previste al momento collaborazioni internazionali.	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
Collaborazione con la Leonardo (Fi).	

**A cura di:** Maria Cristina De Sanctis, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Roma

**Progetto: GAMMA-FLASH**

**Area:** Alte Energie; **Fase:** studio e realizzazione.

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>Studio di radiazione e particelle di alta energia prodotte dai <i>Terrestrial Gamma-Ray Flashes (TGF)</i> e in genere lampi nell'atmosfera. AGILE ha rivelato migliaia di TGF legati a perturbazioni atmosferiche, con emissione di flash gamma di durata dell'ordine del millisecondo e con energie rivelate di fotoni gamma fino a 50 MeV e oltre. Il progetto GAMMA-FLASH si prefigge di studiare in modo più approfondito che nel passato le caratteristiche della emissione di alta energia da parte degli enigmatici TGF e l'effetto sull'ambiente e sulla componentistica elettronica.</p>	

AF

<b>I</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>INAF coordina un gruppo di ricerca per la realizzazione di rivelatori di radiazione e di particelle che possono essere usati per lo studio di lampi e temporali, da terra e da strumenti in volo aereo. Inoltre coordina le simulazioni, e lo studio della suscettibilità della elettronica di volo a fenomeni impulsivi di alta energia legati ai TGF. La Collaborazione GAMMA-FLASH si avvale, oltre che di personale INAF e ASI, della partnership con ricercatori del CNR-ISAC, Università Tor Vergata, Università di Padova, CIFS, e Aeronautica Militare. L'INAF realizza gli strumenti di rivelazione X e gamma, esegue le simulazioni, e sovrintende il progetto con management programmatico e scientifico.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Lo studio dei TGF è attualmente portato avanti anche da gruppi europei americani, giapponesi, armeni, e russi. Il Team GAMMA-FLASH collabora con molti di questi gruppi (per esempio i gruppi legati al satellite della NASA RHESSI, e al satellite dell'ESA ASIM). I dati di AGILE sono unici nel panorama della rivelazione dei TGF da satellite, poiché utilizzano una banda di energia del rivelatore fino a 100 MeV e il trigger a bordo al sub-millisecondo. I risultati ottenuti nel recente passato dal Team GAMMA-FLASH sono molto competitivi e innovativi avendo introdotto per la prima volta l'indagine dell'effetto della radiazione gamma a energie superiori a 20-30 MeV. Inoltre, il nostro Team ha studiato l'effetto di tale radiazione sulla componentistica di aerei. Tutti questi temi costituiscono il programma di ricerca del progetto GAMMA-FLASH.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Non ancora definito in questa fase iniziale. Possibile il coinvolgimento di Piccole e Medie Industrie.</p>	

A cura di: Marco Tavani, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

## Progetto: Sviluppo dei “payload” italiani selezionati per voli su pallone stratosferico nell’ambito del progetto europeo HEMERA

**Area:** Multidisciplinare: Astronomia, Aerospazio, Elio-fisica, Spettrometria, Tecnologie innovative;  
**Fase:** studio e realizzazione

### a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operative /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....

Il progetto HEMERA, finanziato dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 della Comunità Europea, è una nuova infrastruttura che offre voli su pallone stratosferico alla vasta comunità di ricercatori e utenti che lavorano nel campo della ricerca scientifica da pallone stratosferico. Il consorzio include 13 partners, tra cui INAF e ASI, ed è formato da agenzie spaziali, aziende che operano nella costruzione dei palloni, istituti di ricerca e università da diversi paesi Europei e dal Canada.

Nell’ambito di tale progetto a Ottobre 2018 è stata pubblicata una prima Call for Proposal che offriva l’opportunità di voli su pallone stratosferico per il 2019 e il 2020. In seguito a questa call sono stati selezionati tramite un processo di peer review 21 esperimenti, alcuni già lanciati con successo nel 2019 e altri che voleranno a costo zero su piattaforme Zero Pressure Balloon (ZPB) dalle basi di Kiruna in Svezia e di Timmins in Canada e con Sounding Balloons (SB) dalla base di Aire sur l’Adour nel sud della Francia. Tra questi 21 esperimenti selezionati, 7 sono italiani.

Per i teams italiani selezionati, al fine di coprire i costi di realizzazione degli strumenti e limitatamente, delle campagne di volo e la disseminazione dei risultati, ASI e INAF hanno finalizzato un accordo attuativo a partire da 17 Dicembre 2019. Il coordinamento scientifico di questo accordo è affidato a INAF (PI: Lorenzo Natalucci).

Nella fase corrente il progetto si avvale della partecipazione di 6 esperimenti italiani, di cui 5 selezionati nella prima call di HEMERA. Comprende inoltre un sensore compatto di raggi gamma (GRASS), il cui sviluppo è stato previsto come parte del programma HEMERA, e quindi non soggetto a selezione. Tutti questi esperimenti sono previsti volare nel 2020.

Gli obiettivi scientifici e tecnologici riguardano un’ampia area di applicazioni. Essi sono relativi ai singoli esperimenti candidati per voli nel 2020 e sono di seguito descritti:

- **GRASS**, applicazione di riferimento: Astronomia Gamma.  
PI: Lorenzo Natalucci (INAF/IAPS)

L’obiettivo principale è la spettroscopia del fondo di radiazione in raggi gamma e suo monitoraggio in funzione dell’altitudine e di parametri geomagnetici. In astronomia delle alte energie la soppressione del fondo strumentale è essenziale per una corretta riduzione dei dati. Per strumenti su satellite abbiamo a disposizione molti dati su cui sviluppare modelli del fondo in funzione dei parametri orbitali, ma nel caso di palloni stratosferici i tempi di integrazione tipici non permettono una caratterizzazione molto dettagliata. Lo scopo dell’impiego di GRASS sui voli HEMERA è di acquisire dati che saranno sfruttati per caratterizzare il fondo atmosferico di raggi gamma e per la cross-correlazione con esperimenti simili, eventualmente approvati nelle call pubbliche di HEMERA. GRASS è previsto volare come piggy-back a bordo di Zero-Pressure Balloons nel 2020 e 2021

- **DUSTER**, applicazione di riferimento: Aerospazio.  
PI: Vincenzo Della Corte (INAF/IAPS)



Nella stratosfera superiore sono presenti particelle costituite da una miscela aerosol di origine sia terrestre che extra-terrestre. Molte di queste sono particelle extraterrestri ricondensate dopo l'ablazione di meteoriti. La polvere meteorica nei bolidi nell'alta stratosfera precipita negli strati inferiori della stratosfera e rimane come parte preponderante fino a circa 30 km di altitudine. L'obiettivo di questo esperimento è il campionamento in alta stratosfera delle polveri di origine extraterrestre (frammenti di bolidi, particelle interstellari). Il campionamento e la separazione dell'aerosol refrattario in alta stratosfera avvengono grazie alla separazione inerziale a bassa velocità. La raccolta avviene su elementi privi di materiali adesivi e viene seguito un protocollo per il controllo della contaminazione, che permette di distinguere particelle raccolte in stratosfera da quelle dovute alla contaminazione da manipolazione. DUSTER ha già eseguito 5 voli, di cui l'ultimo nel 2019 in una campagna HEMERA. Durante le campagne di volo ha raccolto più di 250 particelle (circa 200 nell'ultima campagna). Per le particelle raccolte è stata individuata l'origine extraterrestre e la provenienza da bolide esplosi nell'alta stratosfera.

- **CorMAG**, applicazione di riferimento: Eliofisica.

PI: Silvano Fineschi (INAF/OATO)

L'obiettivo scientifico dell'esperimento Coronal Magnetograph – CorMag – è lo studio dell'interazione campo magnetico-plasma della corona solare. Il progetto consiste nell'osservazione dell'emissione polarizzata linearmente in larga banda spettrale nel visibile della corona K ("continuum") e dell'emissione, anch'essa polarizzata, della riga spettrale FeXIV a 530.3 nm ("Green Line"). L'osservazione di queste emissioni coronali (più di un milione di volte meno intense di quella del disco solare) viene enormemente facilitata dall'assenza del background rappresentato dalla luminosità del cielo. Questo è reso possibile dalle altitudini stratosferiche raggiungibili con la piattaforma su pallone.

- **HERMES**, applicazione di riferimento: Tecnologie della trasmissione dati.

PI: Giovanni Romeo (INGV)

L'obiettivo principale del progetto è di tipo tecnologico: riuscire a trasferire grandi quantità di dati da un pallone stratosferico a lunga durata (LDB balloon) verso una Ground Station. Tale aspetto è rilevante specialmente nei payload cosmologici, i quali producono enormi quantità di dati (circa 5 GB/day) impossibili da trasferire con le connessioni satellitari attualmente disponibili. L'obiettivo del progetto è quello di fornire un aliante autonomo capace di portare fisicamente i dati (immagazzinati in una memoria allo stato solido) dalla piattaforma stratosferica a un punto di recupero a terra. L'aliante è in grado anche di portare a bordo provette per effettuare campionamenti nella stratosfera.

- **STRAINS**, applicazione di riferimento: Aerospazio.

PI: Fabio Santoni (Univ. "Sapienza")

il principale obiettivo di STRAINS è lo studio delle due tecniche TDOA e FDOA (Time Difference of Arrival e Frequency Difference of Arrival) per il tracciamento a lunga distanza dei veicoli stratosferici. Verrà inoltre testata e valutata la tecnica di tracking relativa ad una singola stazione motorizzata dotata di autotracking. La tecnica TDOA si basa sull'utilizzo di più stazioni slave dislocate a terra, nell'area operativa del velivolo target. Il target trasmette un segnale che verrà ricevuto dalle stazioni slave, le quali assoceranno al segnale ricevuto un timetag. Tale timetag verrà inviato ad una stazione master che calcolerà, mediante triangolazioni tra le varie stazioni slave, la posizione del target. La FDOA si basa sul calcolo della frequenza Doppler a partire dai segnali ricevuti dalle slave station. Infatti il target trasmetterà segnali a frequenza nota e le slave station avranno il compito di calcolarne il Doppler Shift ed inviarlo alla stazione master. La tecnica dell'autotracking si basa sul tracciare il target senza ricevere informazioni sulla sua posizione, ma

determinandone posizione e velocità a partire da una stima della posizione iniziale e dalle misure del puntamento dell'antenna e del Doppler shift.

- **Low noise Static Fourier Transform Spectrometer**, applicazione di riferimento:  
Spettrometria  
PI: Fabio Frassetto (CNR)

Obiettivo del progetto è la dimostrazione delle capacità operative di uno spettrometro a trasformata di Fourier statico caratterizzato da elevato rapporto segnale rumore, quando confrontato con analoghi strumenti basati sull'uso di reticoli di diffrazione. Lo strumento, è innovativo non avendo analoghi (per quanto noto ai proponenti) in letteratura. Lavora nella banda del visibile e vicino IR e si presta a facili miniaturizzazioni; l'interesse per applicazioni spaziali è, di conseguenza, evidente. Un'applicazione ottimale di tale strumento è lo studio degli spettri atmosferici da pallone, in quanto le specie atomiche e molecolari presenti in atmosfera hanno uno spettro continuo a banda larga con dei piccoli picchi. Simili spettri sono anche presenti nelle nubi interstellari.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc.) .  
Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

L'Hardware consiste di 6 esperimenti scientifici, corredati del SW relativo alle operazioni in volo e all'analisi dei dati in tempo reale. Nel dettaglio:

- GRASS – Gamma-Ray astronomy small sensor
- DUSTER - Dust in the Upper Stratosphere Tracking Experiment and Return
- CorMag - Solar Corona Observations from Stratospheric Balloon for Space Weather Studies.
- HERMES (HEmera Returning MESSenger).
- STRAINS – Stratospheric TRacking INnovative Systems.
- Low noise Static Fourier Transform Spectrometer.

Il principale contributo di INAF è:

- realizzare un coordinamento e un supporto efficace ai gruppi sperimentali, con un'interfaccia efficiente verso il management ASI ed HEMERA, quest'ultimo di responsabilità del CNES.
- realizzazione e acquisizione dati di volo per gli esperimenti GRASS (IAPS) DUSTER (IAPS) e CorMAG (OATO).

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**

- HEMERA, partnership INAF

**Collaborazioni con le seguenti istituzioni nell'ambito del progetto Europeo HEMERA:**

- CNES – Coordinamento HEMERA – Facilities di lancio palloni
- Swedish Space Corporation (SSC) – Facilities di lancio palloni (Esrange Space Center)
- Swedish National Space Board (SNSB);
- Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e.V. (DLR) in Germany;
- Canadian Space Agency (CSA) in Canada,
- Andoya Space Center (ASC) in Norway;
- Airstar in France;
- Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) in France;
- Karlsruhe Institut für Technologie (KIT) in Germany;
- Heidelberg University in Germany (UHEI);
- Cranfield University (CU) in the UK.

- 

**Altre Collaborazioni internazionali:**

- UCD, University College Dublin -Collaborazione scientifica su sensori per rivelatori gamma
- HAO, High Altitude Observatory, Boulder (USA) - Collaborazione scientifica strumento CorMAG
- CSL, Centre Spatiale de Liege, Belgio – Disegno ottico strumentazione per coronografia
- Base antartica italo-francese Concordia – misure da strumentazione coronografica
- IAS Orsay, Francia – Collaborazione per progetto DUSTER
- Università New Mexico, USA - Collaborazione per progetto DUSTER

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
-----------	--

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• OHB Italia – Disegno ottico CorMAG</li> <li>• OPTEC Spa – realizzazione strumentazione per coronografia</li> </ul> |
|---|

**A cura di:** Lorenzo Natalucci, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Roma

**Progetto: LATT - Large Aperture space Telescope Technology**

**Area:** Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** Studio

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>Il progetto LATT (vincitore di un bando TRP ESA) ha come obiettivo il trasferimento tecnologico per l'implementazione dell'ottica adattiva nei telescopi spaziali. In particolare nel lavoro si è messo a frutto lo sviluppo tecnologico maturato in 25 anni di esperienza con i secondari adattivi di LBT, VLT, Magellan e i prototipi, estendendolo alle applicazioni spaziali. La motivazione dello studio è che un sistema di ottica adattiva permette di rilassare i requisiti opto-meccanici di un telescopio spaziale e ridurre la complessità globale, la massa, i rischi e il costo.</p> <p>Nel corso del progetto è stato realizzato un prototipo di specchio primario deformabile di 40 cm di diametro, controllato da 19 attuatori e con densità superficiale di circa 16 kg/m<sup>2</sup>. I test ne hanno dimostrato la controllabilità nel vuoto, la sopravvivenza alle accelerazioni del lancio e il grado di correzione ottica. Lo studio sul sistema ha inoltre evidenziato i vantaggi della tecnologia voice-coil/sensore capacitivo (utilizzata per per gli specchi adattivi di LBT, VLT, ELT) per la reiezione delle vibrazioni e per la correzione delle deformazioni termo-elastiche.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Il progetto è interamente italiano, sia per quanto riguarda gli enti di ricerca che i partner industriali. Il disegno e la realizzazione del prototipo sono anch'essi fatti in Italia.</p> <p>Il contributo INAF è consistito nel trasferimento di know-how, strategie e procedure per il disegno e il test del prototipo e nella disseminazione dei risultati. Nel progetto è coinvolto CNR-INO, con la responsabilità della produzione della shell sottile di vetro.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>INAF (Osservatorio di Arcetri) è stato leader per la qualificazione ottica del prototipo e per il follow-up e la disseminazione dei risultati del progetto.</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Le seguenti compagnie hanno fatto parte del consorzio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microgate e ADS-International: hanno realizzato il disegno e l'integrazione del prototipo, sia per la parte elettronica e di controllo che per la parte meccanica. Hanno realizzato i test e le calibrazioni elettromeccaniche del sistema.</li> <li>• OHB (già Carlo Gavazzi Spazio): prime contractor del progetto, ha realizzato il disegno del sistema di deployment del primario e i test ambientali.</li> </ul>	

A cura di: Runa Briguglio, INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Firenze

**Progetto: Musica - Multiband Ultrawide SpectroImager for Cryosphere Analysis**

**Area:** Elio-Fisica e Fisica del Sistema Solare, Earth Observation; **Fase:** studio, realizzazione

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>Il progetto MUSICA (Multiband Ultrawide SpectroImager for Cryosphere Analysis) si pone come obiettivo lo sviluppo di un payload innovativo operante nelle bande visibile e infrarosso termico, che possa essere installato su microsattelliti posti in formazione e costellazione. Scopo della missione è permettere l'acquisizione di immagini ad alta risoluzione spaziale e temporale, dalle quali ricavare l'albedo e la temperatura locali, così da ottenere due parametri cruciali per il calcolo dell'inerzia termica apparente del manto nevoso e monitorare i processi di fusione della neve anche in contesti frammentati, quali i bacini idrografici in ambienti alpini. Il contesto scientifico si inserisce nell'ambito combinato delle variazioni di temperatura globale, la crescente attività antropica e il rischio di perdita di risorse idriche ed energetiche. In questo ambito, le dinamiche della neve a livello di bacino idrografico e le impurità che assorbono la radiazione solare favorendo la fusione sono elementi chiave del ciclo idrologico del nostro pianeta. L'obiettivo scientifico della proposta è quindi quello di migliorare la descrizione dei processi di fusione della neve e la stima della disponibilità idrica misurando l'inerzia termica di neve/ghiaccio, grazie allo sviluppo di una missione innovativa di monitoraggio della criosfera. Il progetto, iniziato a marzo 2020 e della durata di 18 mesi, è finanziato dell'ASI tramite Bando di Ricerca n. DC-UOT-2018-024</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Il contributo di INAF riguarda lo studio e la progettazione del payload, a partire dal metodo di acquisizione delle immagini (basate su approccio pushbroom o compressive sensing) fino alla sua progettazione optomeccanica; inoltre saranno sviluppati e prototipati i componenti ottici critici del progetto. INAF cura anche la gestione del progetto e le interfacce verso ASI.</p> <p>Gli altri componenti del progetto studieranno in maniera complementare i vari aspetti della missione: l'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del Consiglio Nazionale delle Ricerche si occuperà dello sviluppo di un detector infrarosso basato su tecnologia Q-DIP, l'Aerospace Science &amp; Technology Dept. del Politecnico di Milano (POLIMI) porterà avanti lo studio di missione, il Consorzio Antares S.c.a.r.l. curerà le fasi di industrializzazione del detector e dei componenti più critici e il Dept. of Earth and Environmental Science dell'Università degli studi di Milano-Bicocca (UNIMIB) tratterà la parte scientifica con sviluppo di modelli della neve e rilevamenti sul campo.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Il consorzio è interamente nazionale, con INAF-Osservatorio Astronomico di Brera a capo del progetto. Gli altri partner pubblici del progetto sono l'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IFN), l'Aerospace Science &amp; Technology Dept. del Politecnico di Milano (POLIMI) e il Dept. of Earth and Environmental Science dell'Università degli studi di Milano-Bicocca (UNIMIB)</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Il progetto coinvolge il Consorzio Antares S.c.a.r.l., una società consortile specializzata in componenti e tecnologie per satelliti applicativi e servizi di telecomunicazione e telerilevamento.</p>	

**A cura di:** Giorgio Pariani, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, Milano

**Progetto: PANCAM**

**Area:** Elio fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** realizzazione.

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>PANCAM è una telecamera panoramica bifocale che serve da supporto alle missioni esplorazione planetaria e lunare sia umane che robotiche.</p> <p>Il progetto è sviluppato anche in collaborazione con ricercatori dell'Università di Padova associati INAF e coinvolti come istruttori nel corso ESA-PANGAEA che si occupa di training degli astronauti. PANCAM può essere utilizzata sia per supporto agli astronauti quale sistema di visione panoramico, sia in sistemi di guida autonoma di veicoli robotici.</p> <p>Un prototipo di terra è già stato sviluppato e testato anche in ambito ESA-PANGAEA.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Tutto il sistema PANCAM (ottica, sistema di lettura immagine, elettronica di invio dell'immagine al server di rete wifi e relativi software) verrà sviluppato in Italia. La procedura di spazializzazione e relativi test viene fatta in collaborazione con il Politecnico di Milano. Il supporto scientifico è fornito da gruppi di ricercatori INAF e dell'Università di Padova, questi ultimi fra i responsabili del training degli astronauti nel programma ESA-PANGAEA. La lente panoramica bifocale, cuore del sistema PANCAM, è brevettata in Italia da ricercatori INAF.</p>	

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>La parte scientifica viene sviluppata in collaborazione con ESA (utente finale). L'Italia (INAF) possiede la PI-ship dello strumento. Le aziende coinvolte per elettronica, ottica e meccanica sono tutte italiane, dei distretti aerospaziali di Lazio, Lombardia e Veneto. INAF lavora in partnership con Politecnico di Milano (test spazializzazione) e Università di Padova (case scientifico).</p>	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Le aziende italiane coinvolte come prime sono SBS srl (elettronica e software) e Lobre srl (optomeccanica). Altre aziende (sviluppo meccanica ed elettronica, integrazione) lavorano come sub contractor.</p>	

**A cura di:** Claudio Pernechele, INAF-Osservatorio Astronomico di Padova.



## **Progetto: Rugged Infrared Imaging Fourier Spectrometer for planetary applications**

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** studio

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti</b>
<p>Studio di uno spettrometro di Fourier ad immagini compatto per utilizzo in campo planetario. Lo studio si propone di individuare i requisiti tecnico-scientifici e di risolvere alcune problematiche tecniche attraverso attività prototipale. Lo strumento lavora in un intervallo spettrale 2 – 25 micron con un potere risolutivo di 1000 a 2 micron. Lo strumento è adatto allo studio sia di atmosfere che superfici planetarie da satellite, cube-sat, lander e rover planetari. Lo studio è stato finanziato da ASI-INAF nell'ambito degli studi del Sistema Solare.</p> <p>Attività svolta: Il kick-off è avvenuto a dicembre 2019. Al momento si stanno definendo i requisiti scientifici, analisi radiometrica, procedure e valutazione dell'errore della calibrazione assoluta, definizione del prototipo.</p> <p>Attività future: realizzazione di un prototipo, progettazione ottica/meccanica/elettronica.</p>	
<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Progetto realizzato da Consorzio Italiano a guida INAF (PI Giancarlo Bellucci, INAF-IAPS, Roma) con PoliMi, INM-CNR e Leonardo.</p> <p><i>Contributi al progetto</i> Management, Requisiti, Design, Tests (INAF), Design, Struttura termomeccanica, test meccanici (PoliMI), elettronica/software e sensore (CNR), progettazione ottica (Industria, contratto ancora da aggiudicare).</p>	
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Progetto realizzato da Consorzio Italiano a guida INAF con PoliMi, INM-CNR.</p>	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>Si, contratto ancora da aggiudicare</p>	

**A cura di:** Giancarlo Bellucci, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Roma

**Progetto: Sistema GNSS Galileo di seconda generazione.**

**Area:** Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare, Fisica Fondamentale; **Fase:** studio

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

Un accelerometro per la misura delle perturbazioni non gravitazionali (NGP) è stato identificato, dal Galileo Science Advisory Committee (GSAC), come un possibile payload dei futuri satelliti di seconda generazione del sistema di navigazione europeo Galileo (G2G-Galileo Second Generation). Infatti, mentre il sistema Galileo sta progressivamente avvicinandosi al completo dispiegamento e alla piena operatività, è iniziato il processo di sviluppo della sua evoluzione e della definizione delle nuove funzionalità da includere nella flotta di satelliti di seconda generazione.

Questa scheda si riferisce al progetto “Accelerometry for Galileo Enhancement and Science” (AGES, <https://h2020nav.esa.int/project/h2020-038-02>) volto alla definizione concettuale dell’utilizzo di misure accelerometriche nel contesto del sistema Galileo e alla verifica della raggiungibilità delle prestazioni di misura necessarie, per mezzo di un prototipo dedicato. Il progetto, finanziato da ESA nell’ambito del programma Horizon 2020 Satellite Navigation Programme (HSNAV), si sviluppa per un periodo di 15 mesi e ha un orizzonte temporale che si estende al 2026 per lo sviluppo delle unità da volo.

Lo studio di un tale payload mira al duplice scopo di migliorare, da un lato, l’operatività generale del sistema Galileo e, dall’altro, di rendere accessibili numerosi obiettivi scientifici non solo nel campo dell’astrofisica e fisica fondamentale, ma anche della geodesia e geodinamica, della fisica dell’atmosfera, della meteorologia e climatologia.

Tutto ciò si realizza attraverso un’accurata determinazione orbitale dei satelliti, che è uno degli elementi chiave per il raggiungimento delle prestazioni attese dei GNSS. La possibilità di effettuare misure dirette delle NGP, tramite accelerometri a bordo, permetterà di migliorare l’accuratezza raggiungibile dalla POD; sarà possibile infatti integrare le stime dei modelli delle NGP (analitici e numerici) classicamente utilizzati, con le misure accelerometriche, che per loro natura si estendono anche alle NGP attualmente non modellate o modellabili (albedo terrestre, transizioni luce/ombra, etc.). I benefici della sinergia tra modelli e misure dirette si rifletterà anche in una maggiore accuratezza e stabilità dei sistemi di riferimento globali che sono definiti avvalendosi del sistema Galileo, quale l’International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF**

Il progetto è guidato dallo INAF-IAPS (Resp. F. Santoli), che ha in carico la definizione del concetto operativo, dei requisiti di prestazione di misura e degli obiettivi scientifici, nonché lo sviluppo del sensore accelerometrico e la fase di AIT del prototipo. Thales Alenia Space Italia contribuirà con lo sviluppo dell’elettronica di read-out del prototipo e la definizione del piano di sviluppo del FM.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Non ci sono collaborazioni internazionali dirette.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Thales Alenia Space Italia

**A cura di:** Francesco Santoli e Marco Lucente, INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Roma

## **Progetto: SIMPOSium - Silicon pore optics modelling and simulations**

**Area:** Alte Energie **Fase:** in corso

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
	<p>Lo scopo di questo progetto finanziato da ESA è provvedere una serie di simulazioni delle prestazioni del modulo ottico del telescopio X ATHENA (5 arcsec di risoluzione angolare e 1.4 m<sup>2</sup> a 1 keV) basato sui Silicon Pore Optics (SPO), che ha superato la fase A nel 2019 e – in caso di mission adoption nel 2021 – con lancio previsto nel 2031. Il progetto SIMPOSium è stato iniziato nel 2015 ed è stato concluso con successo nel 2018, con la consegna del software prodotto come deliverable. Nel 2019 è stata emessa una proroga di due anni (CCN - Contract Change Notice). Le simulazioni nella fase corrente prevedono il perfezionamento del software prodotto nella fase precedente, in particolare concentrandosi sui seguenti aspetti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Determinazione delle prestazioni dell’ottica tramite ray-tracing e stimare il livello di stray light che potrebbe contaminare il campo di vista;</li> <li>2) Determinazione dell’effetto degli errori di rotazione e delle traslazioni dei mirror module rispetto alla loro posizione nominale;</li> <li>3) Simulazione degli effetti dei disallineamenti sulla Point Spread Function di un SPO mirror module, e dei suoi due segmenti fra loro, in raggi X oppure in luce visibile/ultravioletta allo scopo di allineare i moduli ottici in un banco ottico.</li> </ol> <p>In particolare il codice sviluppato nella prima fase del progetto deve essere rivestito di una interfaccia grafica (GUI) per facilitarne l’uso.</p> <p><u>Risultati raggiunti:</u> la prima fase del progetto SIMPOSium si è chiusa con progressi su tutti i fronti: in particolare, sono stati sviluppati codici per le simulazioni degli aspetti analizzati a livello di mirror module e di mirror assembly. I risultati sono riportati in dettaglio qui:  <a href="https://doi.org/10.1117/12.2232230">https://doi.org/10.1117/12.2232230</a>  <a href="https://doi.org/10.1117/12.2274905">https://doi.org/10.1117/12.2274905</a>  <a href="https://doi.org/10.1117/12.2315019">https://doi.org/10.1117/12.2315019</a></p> <p>Nel corso della corrente CCN, una prima versione funzionante del software con interfaccia grafica è appena stata presentata a ESA. I cross-check dei risultati sono in corso.</p> <p><u>Risultati attesi per quest’anno:</u> il progetto ha appena superato con successo la ISR2 (Intermediate Status Review 2). Un workshop di presentazione è previsto nel settembre 2020 presso il sottocontrattore DTU (Università Tecnica della Danimarca), salvo rinvii dovuti alla corrente emergenza sanitaria.</p>

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Principale/i contributo/i INAF</b>
	<p>I deliverable consistono di documentazione tecnica e il software realizzato al termine del progetto. INAF/OAB svolge ruolo di coordinamento e interfaccia verso ESA, ed esegue le simulazioni per quanto riguarda i task di simulazione di effetti diffrattivi, calcolo analitico dell’area efficace e della PSF, e validazione con dati sperimentali o altri codici di simulazione. La parte di ray-tracing vera e</p>

propria è prevalentemente a cura di DTU (Università Tecnica della Danimarca, Kongens Lyngby presso Copenhagen).

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Posizione di leadership INAF/OAB (sede di Merate) nel progetto, con DTU come subcontractor.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Nessuno direttamente. Tuttavia, lo studio della diffrazione in luce UV ha dei punti in comune con il progetto ASPHEA (vedi scheda), volto all'allineamento dei mirror module di ATHENA nel banco ottico, che vede la compagnia Media-Lario (Bosisio Parini) come prime contractor e INAF/OAB come subcontractor.

**A cura di:** Daniele SPIGA, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, Milano

## Progetto: TAO-X -Tecnologie Avanzate per Ottiche in raggi X

Area: Alte Energie; Fase: Studio

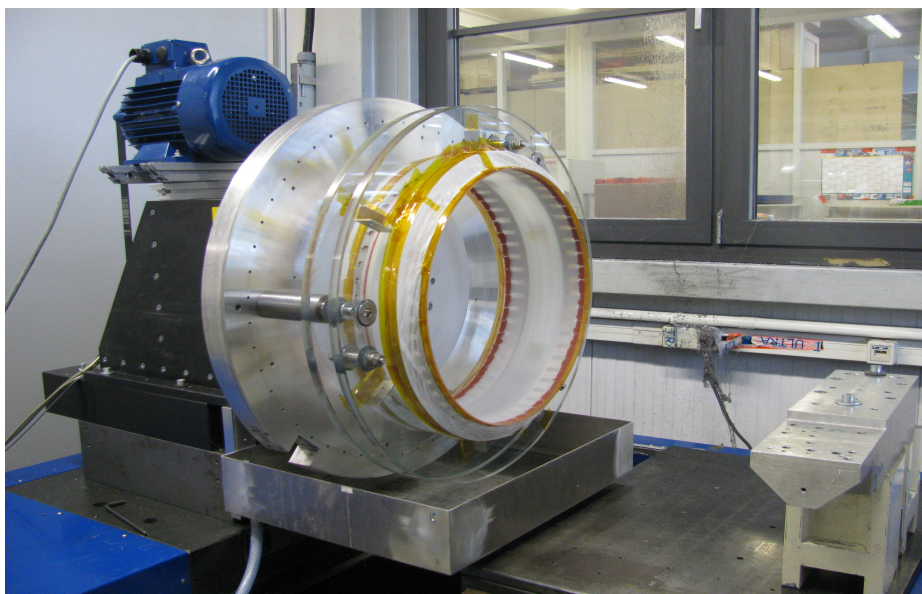
### a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica attesa per le missioni in fase di studio e di realizzazione....

Il progetto TAO-X è un progetto bilaterale ASI/INAF, sostenuto da ASI (con risorse interne e con finanziamento ex-progetti premiale ASI 2018) e da INAF (con risorse interne).

Gli obiettivi sono la realizzazione di ottiche per astronomia in raggi X in geometria radente a carattere altamente innovativo per due scopi diversi:

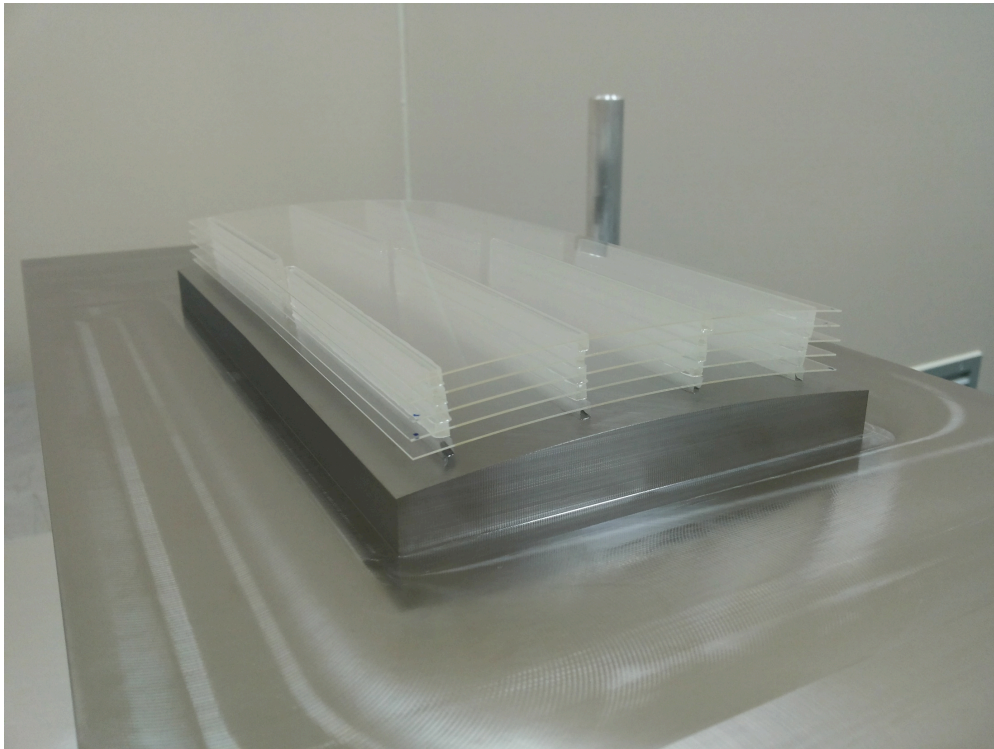
- la realizzazione di specchi ad altissima risoluzione angolare basati su shell monolitiche sottili (alcuni mm) in vetro o metallo, molto più leggere di quelle realizzate per Chandra (10-20 mm) ma con pari qualità di *imaging* (0.5 arcsec Half Energy Width), da utilizzare a bordo della missione Lynx di NASA (diametro esterno 3 m; lunghezza Focale 10-12 m);
- la realizzazione di specchi radenti molto sottili (0.2 – 0.4 mm) per risoluzione angolare buona e con alta area efficace, con eventuale copertura riflettente a larga banda con film a multistrato, con configurazione a segmenti. In questo caso si utilizza la così detta tecnica realizzativa del “cold slumping” per realizzare pile monolitiche di segmenti che, assemblate azimutalmente insieme ad altre identiche formano corone di specchi Wolter I confocali. In questo caso le missioni di riferimento sono le missioni per raggi X- duri FORCE allo studio di JAXA e HEX allo studio di NASA, e la missione HUBS per spettroscopia a campo largo dell’agenzia cinese CAS. Inoltre questa ultima tecnologia può trovare importanti applicazioni in telescopi per raggi X *ground-based* utilizzati per la ricerca degli assioni solari come ad esempio baby-IAXO (che coinvolge, oltre a INAF, anche DESY, CERN, LLNL e ESA).

Una terza parte del programma svolta all’interno di TAO-X riguarda le attività di *outreach* che mirano alla diffusione, presso studenti e pubblico di non esperti, delle conoscenze di funzionamento delle ottiche in raggi X radenti mediante anche una serie di esperimenti sviluppati da hoc da ripetere in scuole e Festival della Scienza.



Shell monolitica in vetro (spessore 2 mm) realizzata per polishing diretto





Pila di segmenti di vetro a doppia riflessione realizzata per slumping a freddo

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc..., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Per la missione Lynx allo studio di NASA, sarà possibile partecipare al design finale del telescopio e poi alla fornitura di parte degli specchi del modulo ottico. Per le missioni FORCE, HEX, HUBS (che sono ancora in fase di consolidamento del design e delle tecnologie) ci sono stati diversi contatti/riunioni con JAXA, NASA e CAS, con partecipazione al consolidamento del design; possibile la realizzazione delle ottiche in Italia. Per l'esperienza baby-IAXO, INAF partecipa alla realizzazione dei telescopi X, facendo anche formalmente parte del consorzio e, a tal fine, collabora con DESY, CERN, ESA, LLNL; alla facility per raggi X Panter (MPE) vengono calibrati i prototipi. Le attività sono anche finanziate in modo complementare dal programma Europeo AHEAD-2</p>	
<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
<p>Per quanto riguarda Lynx: ASI e INAF fanno formalmente parte della collaborazione, INAF è formalmente leader (insieme a NASA/MSFC) della tecnologia shell monolitiche sottili. Per quanto riguarda FORCE e HUBS la collaborazione in atto è sostenuta da uno scambio di lettere di intenti tra INAF e i gli altri membri; collaborazione con HEX in virtù' di colloqui verbali. INAF partecipa formalmente al consorzio baby-IAXO (DESY, CERN, LLNL, ESA e altri), sostenuto anche da un finanziamento ERC.</p>	
<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
<p>BCV Progetti (design del modulo ottico con shell in vetro), TAS-I (design del modulo ottico con shell in metallo), Officine Dell'Oro Lecco (jig &amp; tools per l'handling dei prototipi).</p>	



## Progetto: VERT-X - VERTICAL X-ray facility for ATHENA calibration.

Area: Alte Energie; Fase: studio

### a. Finalità, obiettivi scientifici, tempistica

Il progetto VERT-X consiste nello studio di un laboratorio per la calibrazione del telescopio ATHENA.

Il satellite ATHENA sarà il prossimo osservatorio per astrofisica a raggi X dell’Agenzia Spaziale Europea (ESA) e avrà a bordo lo specchio per raggi X più grande costruito fino a questo momento (lunghezza focale 12 m e diametro 2.4m). La calibrazione di ATHENA consiste, essenzialmente, nel misurare l’area efficace di raccolta e la “point spread function” in funzione delle energie dei fotoni incidenti. Per questi scopi è necessario produrre un fascio parallelo di fotoni X che, a terra, simuli una sorgente astronomica.

Al momento, *non esiste nessun laboratorio in grado di calibrare uno specchio con il diametro e la lunghezza focale di ATHENA*. Si calcola che per ottenere una calibrazione sufficientemente accurata per gli scopi scientifici prefissati sarebbe necessario posizionare la sorgente di calibrazione ad una distanza di 800m, mentre nella struttura Europea più grande al momento disponibile il limite è 120 m.

**VERT-X è un progetto innovativo che ha lo scopo di realizzare una struttura di calibrazione per ATHENA** di dimensioni molto più compatte. Come nel progetto BEATRIX, anche in VERT-X il fascio parallelo di raggi X è prodotto mettendo una sorgente X di dimensioni  $\sim 10 \mu$  nel fuoco di un’ottica con una divergenza  $\sim 1''$ . Siccome, per evidenti ragioni di costruzione, il fascio prodotto è molto più piccolo (6cm) delle dimensioni del telescopio, per gli scopi della calibrazione, il fascio viene movimentato tramite un meccanismo di raster-scan ad alta precisione. Questo meccanismo permette al fascio di muoversi a poca distanza di fronte al telescopio sul piano perpendicolare al suo asse ottico in modo da incidere sullo specchio di ATHENA con un fascio simile a quello di una sorgente astronomica. Le misure off-axis sono ottenute inclinando il fascio dell’angolo necessario tramite il meccanismo di raster-scan.

Questo concetto permette **un design molto più compatto rispetto ai tradizionali laboratori**. La dimensione di VERT-X è dettata principalmente dalla lunghezza focale del telescopio e non supera i 20m. Oltre alla riduzione dei costi e delle risorse necessarie, questo permette una serie di importanti vantaggi. Prima di tutto la possibilità di testare il telescopio con l’asse ottico in verticale e quindi senza subire l’influenza della gravità. Inoltre la compattezza del laboratorio permette di scegliere la migliore collocazione ai fini della missione. Infatti l’idea è costruire VERT-X in contiguità con la struttura per l’integrazione dei singoli moduli del telescopio. Questo permetterà di muovere le ottiche di ATHENA tramite un carrello tra una struttura e l’altra ottimizzando la fase di verifica delle ottiche stesse.

Il progetto è attualmente alla fine della fase di studio, con la consegna del progetto finale a Giugno 2020.

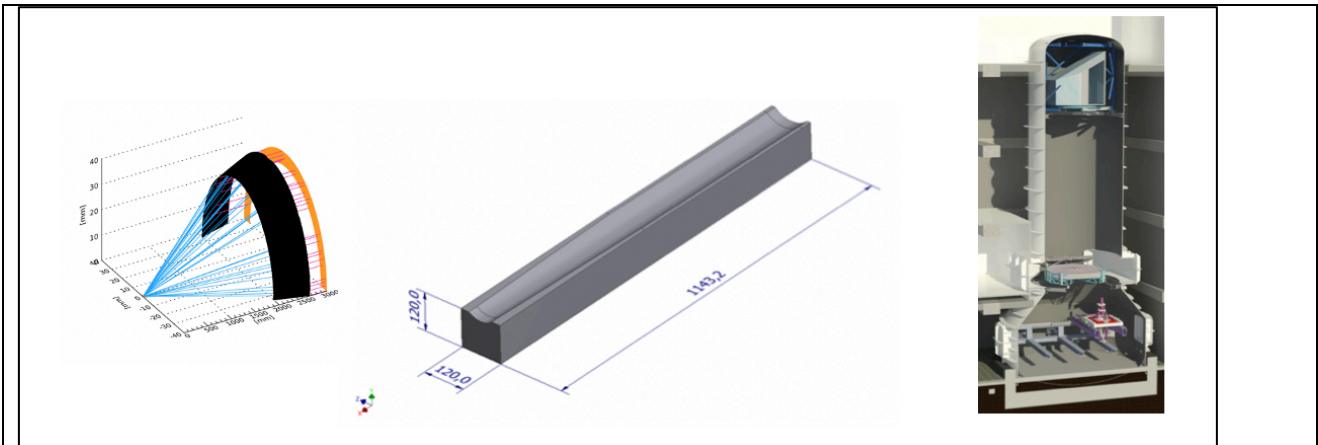


Figura 1 : A **sinistra** il concetto del fascio parallelo prodotto da una sorgente puntiforme nel fuoco di un'ottica. Al **centro** il design del collimatore. A **destra** il design dell'intera struttura di VERT-X: una camera a vuoto cilindrica alta circa 20 metri, con le ottiche di ATHENA posizionate ad altezza terra (circa 6m di altezza dal fondo della camera). Il meccanismo di raster scan è sottostante e il piano focale in alto.

**b. Principale contributo Italiano al progetto**

Il progetto VERT-X finanziato dall'ESA per la fase di studio è interamente Italiano e sarà quasi interamente Italiano nell'eventuale fase di realizzazione. Il contratto con l'ESA ha come prime l'INAF e come sub-contractor 3 ditte italiane (vedi sotto al punto d)

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

Il progetto è interamente finanziato da ESA. INAF, tramite il coordinamento del progetto VERT-X, partecipa al team internazionale di Istituti che si occuperanno delle calibrazioni del modulo ottico di ATHENA che al momento comprende NASA/MSFC, MPE, ESA e le industrie Media Lario e Cosine.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Nello sviluppo del progetto sono coinvolte diverse industrie italiane: EIE, Media Lario e GPAP.

EIE ha la responsabilità dello studio del meccanismo di raster-scan, di tutto il sistema di metrologia, del sistema termico, della camera a vuoto e dell'intero ground segment.

Media Lario ha la responsabilità dello studio del sistema specchio collimatore + sorgente per la produzione del fascio parallelo; molto probabilmente la facility sarà installata nei laboratori di Media Lario.

GPAP, oltre ad affiancare INAF nella fase di management, ha la responsabilità del posizionatore del detector nel piano focale.

A cura di: Alberto Moretti, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, Milano.

## Progetto: Attività di Studio per la comunità scientifica nazionale di astrofisica delle Alte Energie ed Astro-Particellare

**Area:** Attività di supporto, Alte Energie; **Fase:** in corso

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
-----------	---

Lo studio delle radiazioni cosmiche di alta energia e della fisica astro-particellare sono di fondamentale importanza per comprendere i processi fisici che hanno luogo in svariate classi di oggetti celesti quali e.g. ammassi di galassie, nuclei galattici attivi, resti di supernovae, pulsar, etc... Tali radiazioni cosmiche sono inoltre fondamentali per lo studio della materia oscura, dell'antimateria cosmica e delle loro proprietà.

Dopo i successi delle missioni in corso a cui la comunità nazionale ha contribuito in maniera sostanziale (e.g. XMM, INTEGRAL, AGILE, Fermi, PAMELA, AMS, CALET, Swift, NuSTAR etc), si è ritenuto rilevante fare il punto sullo stato attuale della ricerca nei campi della astrofisica delle alte energie e fisica astro-particellare per: **a)** raccogliere le idee per possibili missioni spaziali di potenziale interesse per la comunità di riferimento e **b)** capire su quali sviluppi tecnologici puntare per realizzare le missioni più adeguate a proseguire lo sviluppo della conoscenza.

Al fine di mettere a frutto nel modo migliore le esperienze nazionali acquisite nei settori sopra menzionati si è quindi ritenuto necessario supportare le attività della comunità in modo integrato e sinergico, con lo scopo di definire una *roadmap* degli studi da effettuare nei prossimi 5-15 anni e garantire un posizionamento di rilievo nelle prossime iniziative internazionali nel settore. In quest'ottica è stato stipulato fra ASI e INAF (in stretta connessione con INFN) un accordo attuativo per supportare la comunità nazionale nello studio delle tematiche di astrofisica delle alte energie e fisica astro-particellare.

L'accordo ha previsto l'emissione di bandi per la richiesta di finanziamento (su base competitiva), organizzati secondo le seguenti linee tematiche:

- A. Studi per future missioni scientifiche di astrofisica delle alte energie e fisica astro-particellare che utilizzino le seguenti tipologie di satellite: small/mini (100-500 kg), micro (10-100 kg) e nano (1-10 kg), sia nel caso di configurazioni *stand alone* che in cluster.
- B. Attività di analisi dati (sia di archivio che proprietari ottenuti in risposta a bandi competitivi); teoria-simulazioni; validazione dei modelli scientifici finalizzata all'ottenimento dei feedback necessari per la definizione degli obiettivi, eventuale aggiornamento degli osservabili, e conseguente disegno di missioni future.

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
-----------	--

Il coordinamento scientifico dello studio è affidato alla Unità Scientifica Centrale V "Gestione progetti spaziali" della Direzione Scientifica dell'INAF. Il PI scientifico è Roberto Della Ceca, coadiuvato da un responsabile contrattuale (Sergio Di Cosimo) e da due Board per la gestione dei bandi.

Il Board per la gestione del bando per la linea tematica A è composto da:

- Alessandro Baldini (INFN, Responsabile Bando)
- Andrea Argan (INAF)
- Bruna Bertucci (Università di Perugia e INFN)
- Roberto Della Ceca (INAF)
- Immacolata Donnarumma (ASI)

Il Board per la gestione dei bandi per la linea tematica B è composto da:

- Roberto Della Ceca (INAF, Responsabile Bando)
- Immacolata Donnarumma (ASI)
- Nicolao Fornengo (Università di Torino e INFN)
- Paola Grandi (INAF)
- Roberto Turolla (Università di Padova)

I finanziamenti sono stati assegnati attraverso un unico bando competitivo per la categoria A (bando emesso il 15/06/2017) ed attraverso due bandi competitivi per la categoria B (uno emesso il 15/06/2017 ed uno emesso il 21/01/2019) ai quale hanno potuto partecipare i ricercatori afferenti a tutti gli enti di ricerca ed alle Università italiane.

A seguito di un processo di *peer review*, che ha coinvolto anche circa 50 referee stranieri cultori nei rispettivi campi, sono state selezionate meritevoli di finanziamento 8 proposte per la categoria A e 36 proposte per la categoria B. L'attività prevista dalle singole proposte è in corso.

Non sono al momento previsti altri bandi.

Maggiori dettagli reperibili al link <http://studiaae.iaps.inaf.it/index.html>

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)**

All'interno di alcune delle proposte selezionate sono previste collaborazioni con colleghi di istituzioni straniere.

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**

Alcune proposte selezionate nella categoria A prevedono la partecipazione ai progetti di aziende italiane.

**A cura di:** Roberto Della Ceca, INAF-Osservatorio Astronomico di Brera; Sergio Di Cosimo INAF-Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Roma.

## **Progetto: Attività di Studio per la comunità scientifica nazionale Sole, Sistema solare e Eso-pianeti**

**Area:** Attività di supporto, Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare, Eso-pianeti; **Fase:** in corso.

### **a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica attesa per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

A partire dagli ultimi decenni, la comunità scientifica nazionale attiva nei campi di studio del Sole, Sistema Solare ed Esopianeti, ha consolidato la posizione di rilievo internazionale acquisita prendendo parte a quasi tutte le più importanti missioni di esplorazione ed osservazione: Cassini, Rosetta, MRO, Mars Express, ExoMars, Bepi Colombo, JUNO, JUICE, Dawn, Osiris-Rex per lo studio dei corpi del Sistema Solare; Solar Orbiter per lo studio del Sole; Cheops, Plato, Ariel per lo studio degli esopianeti. Questo percorso ha consentito di approfondire le principali discipline in questi ambiti scientifici.

Le nuove sfide avranno bisogno di missioni la cui architettura sarà sempre più complessa per consentire il raggiungimento di nuove frontiere. In questi nuovi scenari si dovranno collocare concetti innovativi di modelli, di strumentazione scientifica, di sperimentazione e validazione in laboratorio e/o in siti analoghi e analisi dei dati per poter conseguire gli obiettivi futuri.

In tale contesto questa iniziativa si propone di supportare la comunità scientifica nazionale per:

- Consolidare il ruolo acquisito nel contesto internazionale;
- Far confluire il know-how acquisito nelle tematiche Sole, Sistema Solare ed esopianeti in una rete di competenze distribuita sul territorio nazionale;
- Stimolare la comunità scientifica nazionale a favorire sinergie tra gruppi di ricerca complementari in funzione di obiettivi scientifici comuni;
- Promuovere lo studio e lo sviluppo di concetti innovativi;
- Fornire indicazioni per la definizione della roadmap per i prossimi 15 anni.

Nell'ambito dell'accordo attuativo ASI-INAF n.2018-16-HH.0 relativo ad "Attività di Studio per la comunità scientifica nazionale Sole, Sistema solare e Esopianeti", è previsto un finanziamento per proposte che riguardino le tematiche Sole, Sistema Solare ed Esopianeti e trasversalmente le seguenti linee di studio:

1. Analisi dati.
  - Utilizzo interdisciplinare dei dati di archivio in relazione ai dati provenienti da missioni in corso, concluse e/o future.
  - Correlazioni di dati "space" e/o "ground based" con dati acquisiti da missioni concluse, in corso e/o con missioni future.
  - Sviluppo di tool/tecniche/sistemi intelligenti di organizzazione e accesso agli archivi.
2. Modellistica - Sviluppo e/o aggiornamento dei modelli necessari all'interpretazione dei dati acquisiti dalle sonde spaziali, e alla definizione di osservabili per future missioni spaziali.
3. Analisi in laboratorio e/o sul campo - Sperimentazioni eseguite in laboratorio e/o in siti analoghi, atte a simulare ambienti planetari o particolari condizioni spaziali, per supportare l'interpretazione dei dati acquisiti dalle sonde spaziali e la definizione di osservabili per future missioni spaziali.
4. Ricerca e Sviluppo - Sviluppo di strumentazione di nuova concezione, o evoluzione innovativa di strumenti già sviluppati, per applicazioni in future missioni. Lo sviluppo dovrà essere mirato alla realizzazione e test dello strumento proposto o di una sua parte critica.

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b>					
<p>Il coordinamento scientifico dello studio è affidato alla UTG IV “Divisione Nazionale Abilitante della Planetologia ed Esplorazione del Sistema Solare” della Direzione Scientifica dell’INAF.          Il finanziamento è stato assegnato attraverso un bando competitivo al quale hanno potuto partecipare tutti gli enti di ricerca e le Università italiane.          Di seguito sono riportati i dati aggregati relativi all’esito del bando.</p>						
	<b>CNR</b>	<b>INAF</b>	<b>Università</b>	<b>INFN</b>	<b>Consorzio Nazionale interuniversitario</b>	<b>Totali</b>
<b>Proposte presentate</b>	12	27	7	1	1	48
<b>Proposte finanziate</b>	3	7	1	1	0	12
<b>Percentuali proposte finanziate</b>	25%	26%	14%	100%	0%	25%
Maggiori dettagli reperibili al link <a href="http://studioss.iaps.inaf.it/index.html">http://studioss.iaps.inaf.it/index.html</a>						

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
N/A	

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
Alcune proposte selezionate prevedono la partecipazione ai progetti di aziende italiane.	

A cura di: Francesca Esposito, INAF – Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Napoli.



**Progetto: COSMOS** - Attività di studio per la Comunità Scientifica di Cosmologia

**Area:** Attività di supporto, Astrofisica e Cosmologia; **Fase:** in corso

<b>a.</b>	<b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operativa /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b>
<p>Finalità: il progetto è uno studio integrato della comunità cosmologica italiana finalizzato alla definizione di una roadmap che renda tale comunità sempre più competitiva a livello interazionale, alla preparazione dell'analisi dati dell'esperimento LSPE e di future campagne osservative e alla formazione di una nuova generazione di cosmologi.</p> <p>Principali obiettivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• definizione di una roadmap per la realizzazione di esperimenti da terra, da pallone e dallo spazio che rendano la comunità cosmologica italiana sempre più competitiva e ben inserita a livello europeo e mondiale;</li> <li>• preparazione dell'analisi dell'esperimento LSPE, già finanziato da ASI, e future campagne osservative in cui la comunità italiana è già coinvolta;</li> <li>• la formazione, integrata a livello nazionale, di una nuova generazione di cosmologi in grado di inserirsi nella ricerca di frontiera nel campo teorico, sperimentale e dell'analisi dati, anche in vista di una nuova missione spaziale, operativa a cavallo tra la fine degli anni 2020 e l'inizio del decennio successivo.</li> </ul> <p>Obiettivi raggiunti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• roadmap è in fase di definizione, stato di avanzamento è stato discusso, come previsto, alle varie riunioni di avanzamento;</li> <li>• il software per l'analisi dati di LSPE è stato disegnato ed in sviluppo, ora utilizzato negli instrument level test;</li> <li>• undici tecnologi a tempo determinato o RTDA sono stati assunti e in via di formazione.</li> </ul> <p>Tempistica: Il progetto ha avuto inizio a Marzo 2017 (T0), e le riunioni di avanzamento RA1 (T0+6mesi), RT1 (T0+12mesi), RA2 (T0+18mesi), RT2 (T0+24mesi) sono state passate con successo. La terza riunione di avanzamento RA3 (T0+30mesi) è stata prorogata al momento di 9 mesi (T0+39mesi) portando la riunione finale RF a (T0+45mesi).</p> <p>Le attività sono ancora in corso.</p>	

<b>b.</b>	<b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Universita', etc., Principale/i contributo/i INAF</b>
<p>Contributo Italiano: Il progetto è interamente svolto a livello nazionale.</p> <p>Enti Partecipanti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dipartimento di Fisica – Università di Tor Vergata</li> <li>• Dipartimento di Matematica – Università di Tor Vergata</li> <li>• Dipartimento di Fisica – Università di Milano</li> <li>• Dipartimento di Fisica – “Sapienza” Università di Roma</li> <li>• INAF-OAS (ex INAF-IASF) Bologna</li> <li>• INAF-OATs</li> <li>• Dipartimento di Fisica – Università di Milano Bicocca</li> <li>• Dipartimento di Fisica – Università di Genova</li> <li>• INFN Sezione di Pisa</li> </ul>	

- Dipartimento di Fisica – Università di Ferrara
- Dipartimento di Fisica – Università di Padova
- SISSA

Principali contributi INAF:

- INAF-OAS (ex INAF-IASF) → analisi ottica e criogenica al momento focalizzata allo sviluppo dello strumento LSPE/STRIP che sarà direttamente applicabile allo studio e allo sviluppo di futuri esperimenti dedicati alla cosmologia. In particolare:
  - analisi di strategie di simulazione e valutazione di sidelobe / straylight;
  - studio di calibratori radiometrici radiometrici;
  - studio e ottimizzazione delle interfacce ottiche di esperimenti per la CMB polarizzata.
- INAF-OAS (ex INAF-IASF) → Ottimizzazione delle specifiche sperimentali per massimizzare il ritorno scientifico in cosmologia e fisica fondamentale di future missioni spaziali per le anisotropie di CMB. Studio delle implicazioni scientifiche di futuri esperimenti di CMB per inflazione, magnetismo cosmico, birifrangenza cosmica, neutrini, modelli di reionizzazione estesa, modelli di gravità modificata. Studio della cross-correlazione tra CMB e future survey di galassie, tra cui Euclid.
- INAF-OATs → Sviluppo dell'interfaccia web based atta alla ricezione, immagazzinamento ed prima analisi dei dati acquisiti dallo strumento LSPE/STRIP. Questa interfaccia è ora in uso per l'esecuzione degli instrument level test. Disegno preliminare di un possibile segmento di terra da implementare per future missioni cosmologiche. Mantenimento per la comunità cosmologica della struttura hardware e software utilizzata per l'analisi dei dati di Planck LFI.

<b>c.</b>	<b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b>
-----------	--

Il progetto è interamente svolto a livello nazionale.
---

<b>d.</b>	<b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b>
-----------	--

Nessuno.
----------

**A cura di:** Gianluca Morgante, INAF-Osservatorio di Astrofisica e scienza dello Spazio, Bologna; Andrea Zacchei, INAF-Osservatorio Astronomico di Trieste; Fabio Finelli, INAF-Osservatorio di Astrofisica e scienza dello Spazio.

<b>Progetto: Space Weather Expert Service Centres</b>
---

**Area:** Attività di supporto, Elio-fisica e Fisica del Sistema Solare; **Fase:** in corso

<b>a.</b>	<p><b>Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operat. /post-operativa, tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....</b></p> <p>Il progetto “Space Weather Expert Service Centres: Definition and Development” costituisce la seconda parte di un progetto precedentemente finanziato dall’ESA dal titolo “Space Situational Awareness (SSA)” (2009-2012) dedicato alla realizzazione di un portale per il monitoraggio, la predizione e distribuzione di informazioni sullo Space Weather e lo sviluppo di sistemi di allerta. Il programma del progetto affronta attivamente le necessità di quei gruppi interessati ad accurate e tempestive informazioni relative allo Space Weather.</p> <p>Il progetto è volto ad espandere il range di dati e applicazioni fruibili tramite il portale SSA SWE (<a href="http://swe.ssa.esa.int">http://swe.ssa.esa.int</a>) che opera presso lo Space Weather Data Centre sito allo Space Pole di Brussel. Dopo la fase di sviluppo in cui si stanno realizzando i diversi sistemi per la pubblicazione dei dati sul portale, seguirà una fase di validazione dei servizi prodotti e di testing per verificare che i dati e i servizi forniti siano in accordo con le esigenze dei gruppi interessati allo Space Weather (SSA SWE Customer Requirements).</p> <p>Il progetto ha avuto inizio l’ 1-10-2015 (ESA Contract No. 4000113186/15/D/MRP) ed è finanziato in diverse fasi. Attualmente è in corso un ulteriore finanziamento di 12 mesi, che va dal 11 Dicembre 2019 al 10 Dicembre 2020 (Amendment No 02 to KSB-ORB subcontract 2015SWE1CAT1 to ESA Contract No. 4000113186/15/D/MRP)</p>
<b>b.</b>	<p><b>Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) .</b>  <b>Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Università, etc., Principale/i contributo/i INAF</b></p> <p>L’INAF-Osservatorio Astrofisico di Catania contribuisce al progetto con l’acquisizione di dati relativi all’attività solare e immagini full-disc acquisite nel centro e sulle ali della riga H-alpha (656.28 nm). I dati dell’INAF-OACt sono acquisiti dal proprio telescopio dotato di un rifrattore da 150 mm e un filtro interferenziali di tipo Lyot con banda passante regolabile da 0.25 a 0.50 Angstrom. I dati della fotosfera e cromosfera solare dell’INAF-OACt sono anche distribuiti quotidianamente a diversi centri internazionali di gestione dei dati solari, fra cui il World Data Center e il Solar Influences Data Analysis Center del Royal Observatory of Belgium e al Global Halpha Network (<a href="http://swrl.njit.edu/ghn_web/">http://swrl.njit.edu/ghn_web/</a>).</p> <p>Durante il progetto l’INAF-OACt mette a disposizione i propri dati in near real-time e contribuisce al loro confronto con le osservazioni sinottiche della bassa atmosfera solare acquisite dal Royal Observatory of Belgium e dall’Osservatorio di Kanzelhoehe (Università di Graz).</p> <p>Nell’attuale contratto l’INAF-OACt si è impegnato ad un miglioramento degli standard di acquisizione, sia in termini di qualità dei dati che di una migliore risoluzione temporale, passando da un’immagine della cromosfera ogni 10 minuti ad una ogni minuto.</p>
<b>c.</b>	<p><b>Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)</b></p> <p>L’INAF – OACt è partner del progetto la cui leadership è affidata al Royal Observatory of Belgium. Il progetto è basato su una collaborazione con il Royal Observatory of Belgium, University of Graz, University of Applied Sciences North Western Switzerland, Research Center for Astronomy and Applied Mathematics (Academy of Athens Researchers) and UK Met Office</p>
<b>d.</b>	<p><b>Coinvolgimento industriale italiano (se presente)</b></p> <p>Nessuno</p>

**A cura di:** Paolo Romano, INAF–Osservatorio Astrofisico di Catania

## Progetto: SSDC - ASI Space Science Data Center

**Area:** Attività di supporto, Multifunzionale; **Fase:** in corso

### a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti

Al fine di garantire l'archiviazione, la distribuzione dei dati ed un supporto specialistico alla comunità scientifica nazionale l'ASI ha istituito, nel settembre del 2000, il centro ASI Space Science Data Center (SSDC), una grande infrastruttura di ricerca con il compito di gestire gli archivi scientifici dei satelliti relativi all'Esplorazione e Osservazione dell'Universo, di distribuire i dati alla comunità scientifica nazionale ed internazionale e di supportarla nell'analisi scientifica degli stessi.

Il centro SSDC si inserisce nel contesto internazionale quale Centro Multi-Missione e Multi-Frequenza in grado di offrire alla comunità scientifica italiana ed europea di Astrofisica la disponibilità di dati nelle diverse bande di energia, consentendo anche una analisi scientifica on-line comparata di dati astronomici multi-missione, come nessun altro centro al mondo è al momento in grado di fare. ASI, in collaborazione con INAF e INFN, gestisce il centro e si impegna a fornire le infrastrutture ed il supporto necessario all'espletamento delle attività previste anche tramite un contratto industriale per il supporto informatico. In tale contesto SSDC collabora con diverse Istituzioni scientifiche che operano in Italia e all'estero e che rappresentano la comunità dell'utenza finale del centro.

Le responsabilità specifiche del centro SSDC sono relative sia a missioni realizzate da ASI o a cui ASI partecipa sia quelle cui ASI non partecipa ("missioni non ASI") ma comunque di interesse della comunità nazionale. Queste sono state individuate in:

- Supportare le missioni scientifiche ASI dedicate sia all'osservazione che all'Esplorazione dell'Universo, nella gestione ed archiviazione dei dati spaziali.
- Creare e mantenere un archivio permanente di tutte le missioni scientifiche ASI (Osservazione ed Esplorazione dell'Universo).
- Agire da interfaccia tra le missioni ASI e la comunità degli utenti.
- Supportare la comunità scientifica Italiana nell'analisi dei dati e nella ricerca basata su dati di archivio sia delle missioni ASI che non ASI.
- Mantenere in ASI una expertise permanente per il trattamento scientifico e l'archiviazione dei dati relativi all'Osservazione e all'Esplorazione dell'Universo.
- Fornire accesso efficiente ai dati tramite servizi basati su reti di computer.
- Ospitare una copia dei dati di missioni non ASI ma di interesse nella comunità di riferimento SSDC.
- Sviluppare e mantenere software per l'accesso efficiente ed il paragone dei dati di diverse missioni.
- Stabilire collaborazioni con istituti scientifici ed altri centri dati nazionali ed esteri. Informazioni dettagliate sul centro SSDC sono disponibili sul sito [www.ssdc.asi.it](http://www.ssdc.asi.it).

### b. Principali contributi INAF

Le attività previste si inseriscono in un quadro generale di collaborazione pluriennale tra ASI ed INAF per lo studio dell'Universo mediante progetti di primaria importanza a livello internazionale. L'Accordo tra ASI ed INAF per la gestione dell'ex-ASDC ora SSDC risale ormai a 15 anni fa quando l'INAF, su invito dell'ASI, entrò a partecipare attivamente alla gestione del centro. INAF è tutt'ora l'Ente maggiormente coinvolto nella co-gestione del centro, con un importante contributo anche da INFN. Dopo che per molti anni, in cui la conduzione delle attività è stata affidata a personale precario ma che ha altresì creato una grande professionalità nell'Ente, oggi INAF impiega un elevato numero di personale staff per la realizzazione delle attività dimostrando così la capacità di capitalizzare l'esperienza tecnologica e scientifica acquisita. Il principale contributo fornito oggi dall'INAF al centro SSDC è nelle attività di realizzazione di software astronomico e di pipelines di processamento

e analisi dati, software per l'archiviazione, la gestione, la distribuzione e volto al supporto scientifico dei dati di strumenti e di osservatori realizzati dall'INAF – autonomamente, in partnership con ASI e nell'ambito di altre collaborazioni, anche internazionali. L'accesso ai dati di questi progetti presso il centro SSDC sancisce il suo ruolo leader nel supporto scientifico alla comunità sia nazionale che internazionale per lo studio multi-frequenza e multi-messenger della radiazione cosmica basata su una estesa varietà di dati principalmente spaziali ma non solo. L'obiettivo, brillantemente raggiunto, è quello di fornire un reale servizio di supporto scientifico alla comunità di riferimento sia nazionale che internazionale nell'accesso dei dati spaziali per l'astronomia e l'astrofisica.

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**

Il centro SSDC è unico nel panorama nazionale e uno dei principali nel contesto internazionale. Ha collaborazioni attive con ESA, NASA, ISDC oltre che con istituti e università sia in Italia che all'estero.

**d. Coinvolgimento industriale italiano**

Il supporto informatico specialistico ai progetti scientifici seguiti dal personale INAF presso SSDC viene fornito da industrie nazionali leader del settore quali Telespazio e Serco.

**A cura di:** Matteo Perri e Lucio Angelo Antonelli, INAF-Osservatorio Astronomico di Roma, Roma.

**Progetto: SST - Space Surveillance and Tracking**

**Area:** Attività di supporto, Multifunzionale; **Fase:** in corso

**a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti per le missioni in fase operat. /post-operat., tempistica aspettata per le missioni in fase di studio e di realizzazione....**

L'obiettivo del progetto è quello di realizzare una rete europea per il monitoraggio di satelliti, detriti spaziali e oggetti orbitanti per garantire la sicurezza delle missioni spaziali, dei satelliti operativi e prevedere rientri di oggetti a Terra di medie/grandi dimensioni, pericolosi per l'incolumità degli abitanti del nostro pianeta. Altro obiettivo è limitare l'incremento dei detriti a causa delle frammentazioni che possono derivare da scontri in orbita. Per svolgere queste attività di monitoraggio, l'INAF ha messo a disposizione tre sensori: i due grandi radiotelescopi Croce del Nord di Medicina e il Sardinia Radio Telescope (SRT) di Cagliari e il telescopio Cassini di Loiano. La Croce del Nord e il Cassini sono gestiti dall'INAF, ma di proprietà dell'Università di Bologna, mentre SRT è di proprietà INAF per una quota pari a 80% e il rimanente 20% di proprietà dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). Le due antenne sono utilizzate come parte ricevente di due radar bistatici, denominati BIRALES (Bi Static Radar for LEO Survey) per la Croce del Nord e BIRALET (Bi Static Radar for LEO Tracking) per SRT, il cui trasmettitore comune si trova in Sardegna, in un'area protetta e gestita dall'Aeronautica Militare italiana. Questi tre sensori sono in grado di svolgere diverse attività di monitoraggio, su diverse orbite, così come richiesto dalla Commissione Europea. In particolare tramite la Croce del Nord, che ha un largo campo di vista (circa 30 gradi quadrati), è possibile fare attività di sorveglianza e trovare nuovi oggetti non catalogati, mentre con SRT, che è in grado di inseguire con accuratezza ogni oggetto in cielo, si svolgono attività di tracking. Entrambi questi due radar sono in grado di osservare oggetti in LEO (Low Earth Orbit), una fascia compresa tra 200 e 2000 km di altezza, mentre Cassini riesce ad osservare oggetti in orbite più elevate, fino a quelli che ruotano in orbita geostazionaria. Per quanto riguarda i due radiotelescopi Croce del Nord e SRT, data la loro grande area di raccolta dei segnali (circa 3000 metri quadrati), risultano molto sensibili ed in grado di rilevare oggetti di piccole dimensioni (fino a qualche decina di centimetro quadrato). La precisione con cui si riesce a determinare l'orbita è inferiore ai 100 metri o risoluzioni angolari migliori di 10 arcsec. Anche Cassini, con il suo specchio di 152 cm risulta essere uno strumento estremamente sensibile ed in grado di osservare agevolmente satelliti e detriti nelle medie e alte orbite, con un potere risolutivo migliore di 10m nelle orbite geostazionarie, ed equivalente a ca. 1m nelle medie orbite.

Per poter operare in questo campo, diverso dalle normali osservazioni che compiono gli astronomi, i due radiotelescopi hanno necessitato alcune modifiche e nuovi backend capaci di poter rilevare gli echi radar riflessi dagli oggetti in cielo e gestire il processing dei dati fino a determinare i parametri orbitali richiesti. Alcuni importanti upgradi sono stati terminati grazie ai finanziamenti europei provenienti dai due Frame Programme: H2020 e Copernicus/Galileo. La Croce del Nord è diventata operativa nella primavera 2017, mentre SRT ha cominciato ad operare dall'inizio del 2019. Con entrambe le antenne sono stati svolti numerosi test preliminari, ed ora stanno operando a supporto del Consorzio EUSST. Il telescopio Cassini ha cominciato invece ad operare dal 2019 e anche su di esso sono previsti aggiornamenti per poter allargare il suo campo di vista, ed estendere quindi il suo campo di azione anche ad orbite basse, dove la sua sensibilità permetterebbe di seguire frammenti di pochi cm di dimensione.

I risultati raggiunti sono notevoli in quanto l'Italia, tramite questi 3 sensori dell'INAF, riesce a monitorare l'80% degli oggetti tutt'ora catalogati e anche a contribuire alla scoperta di nuovi oggetti (che vengono aggiunti al catalogo). Contribuisce inoltre ai 3 servizi di sorveglianza strategici che sono Collision Avoidance (prevenzione di collisione tra satelliti operativi e detriti), Re-entry (monitoraggio di oggetti che rientrano sulla Terra) e Fragmentation (osservazione della propagazione della nube di frammenti che si possono generare causa di esplosioni di oggetti in orbita).

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. Hardware, software, etc..) . Collaborazioni con altri Enti di Ricerca/Universita', etc., Principale/i contributo/i INAF**

Per quanto riguarda i contributi italiani, grazie all'expertise che INAF può vantare in questo campo, ASI ha stretto due Accordi con l'INAF, entrambi di durata 3 anni, uno concluso nel 2019 e uno partito nel 2020



relativamente al supporto per il monitoraggio dei detriti spaziali, la ricerca di metodi innovativi per le osservazioni di oggetti orbitanti e i conseguenti sviluppi tecnologici. Attraverso questi due contratti, l’Agenzia Spaziale Italiana si è impegnata quindi a finanziare attività di ricerca e test che l’INAF ha svolto al fine di validare i propri hardware e software per l’operatività in ambito SST. Infine INAF sta svolgendo attività di supporto allo IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee), il comitato governativo internazionale per il coordinamento a livello mondiale delle attività legate ai temi dei detriti nello spazio. Gli scopi principali della IADC sono lo scambio di informazioni sulle attività di ricerca che vengono svolte sui detriti spaziali, facilitare le opportunità di cooperazione nel campo della ricerca tra i vari stati membri ed esaminare i progressi delle attività di cooperazione in corso, definendo le successive operazioni da portare avanti, così come il confronto per definire nuove direttive per la mitigazione dell’evolversi della popolazione detritica. L’INAF contribuisce attraverso la propria man power, mettendo a disposizione i suoi laboratori e i propri sensori (Croce del Nord, SRT e Cassini).

**c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc.)**  
 Essendo EUSST un progetto coordinato a livello europeo da un consorzio formato da Italia, Francia, Spagna, Regno Unito, Germania, Portogallo, Polonia e Romania, esiste una forte e stretta collaborazione tra questi stati membri, con le loro Agenzie Spaziali nazionali, con la parte Difesa e i rispettivi centri di ricerca. L’Italia ha un proprio comitato nazionale chiamato OCIS (Organismo di Coordinamento e di Indirizzo per le attività di SST) che ha il compito di coordinare gli impegni italiani per il programma europeo SST. L’Italia ha un ruolo di leader su alcuni Work Packages (WP).

**d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)**  
 Per quanto riguarda gli upgrade delle due antenne Croce del Nord e SRT e del telescopio Cassini, si è demandato parte del lavoro a ditte nazionali. Si sono aperte delle gare di appalto, alcune concluse e altre ancora in corso. I lavori di upgrade di BIRALET sono stati realizzati dalla Vitrociset spa, ora parte del gruppo Leonardo. I sottocontratti sono stati affidati alla Vitrociset anche perché è l’unica ditta che può operare ed utilizzare le infrastrutture militari poste all’interno del PISQ (Poligono Interforze del Salto di Quirra) dell’Aeronautica che si trova in Sardegna. Gli upgrade realizzati su BIRALET, coinvolgendo anche BIRALES, hanno riguardato l’installazione dei sistemi di misura di velocità (Doppler) e di distanza (range) con la sincronizzazione dei segnali trasmettenti e riceventi. Per quanto riguarda gli upgrade di BIRALES, che hanno coinvolto principalmente il ramo Nord-Sud della Croce del Nord di Medicina, sono state apportate modifiche di consolidamento strutturale dell’antenna, della movimentazione, di modifica delle linee focali per aumentare il numero di elementi singoli dell’array, sono stati installati nuovi ricevitori, link in fibra ottica per il trasporto del segnale, è stato installato un modernissimo e potente backend per il processamento dei dati acquisiti. Tutti questi lavori hanno coinvolto diverse ditte nazionali, mentre per lo sviluppo di software e algoritmi si sono aperte fruttifere collaborazioni con università e altri centri di ricerca nazionali ed internazionali. Per quanto riguarda il telescopio Cassini, è stato eseguito da SpaceMind Division lo studio di fattibilità dello strumento TANDEM.  
 Seguiranno in futuro altre gare d’appalto riguardanti la manutenzione delle infrastrutture e la realizzazione dei rimanenti upgrades strumentali.

**A cura di:** Germano Bianchi, INAF-Istituto di Radioastronomia, Bologna; Tonino Pisanu, INAF-Osservatorio Astronomico di Cagliari, Cagliari; Giovanna Stirpe, INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio, Bologna.