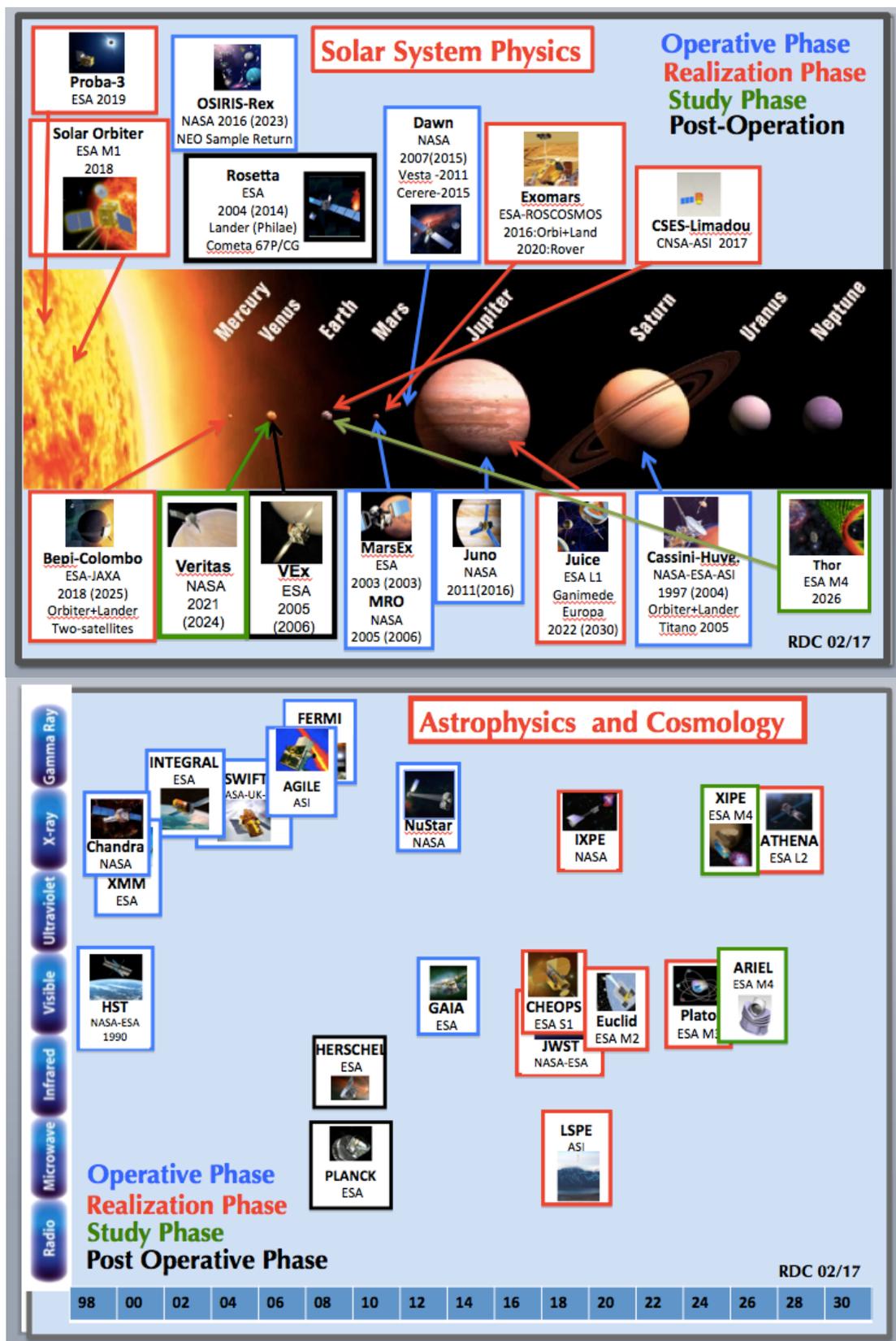


Appendice al rapporto interno USCIII n. 1/2017

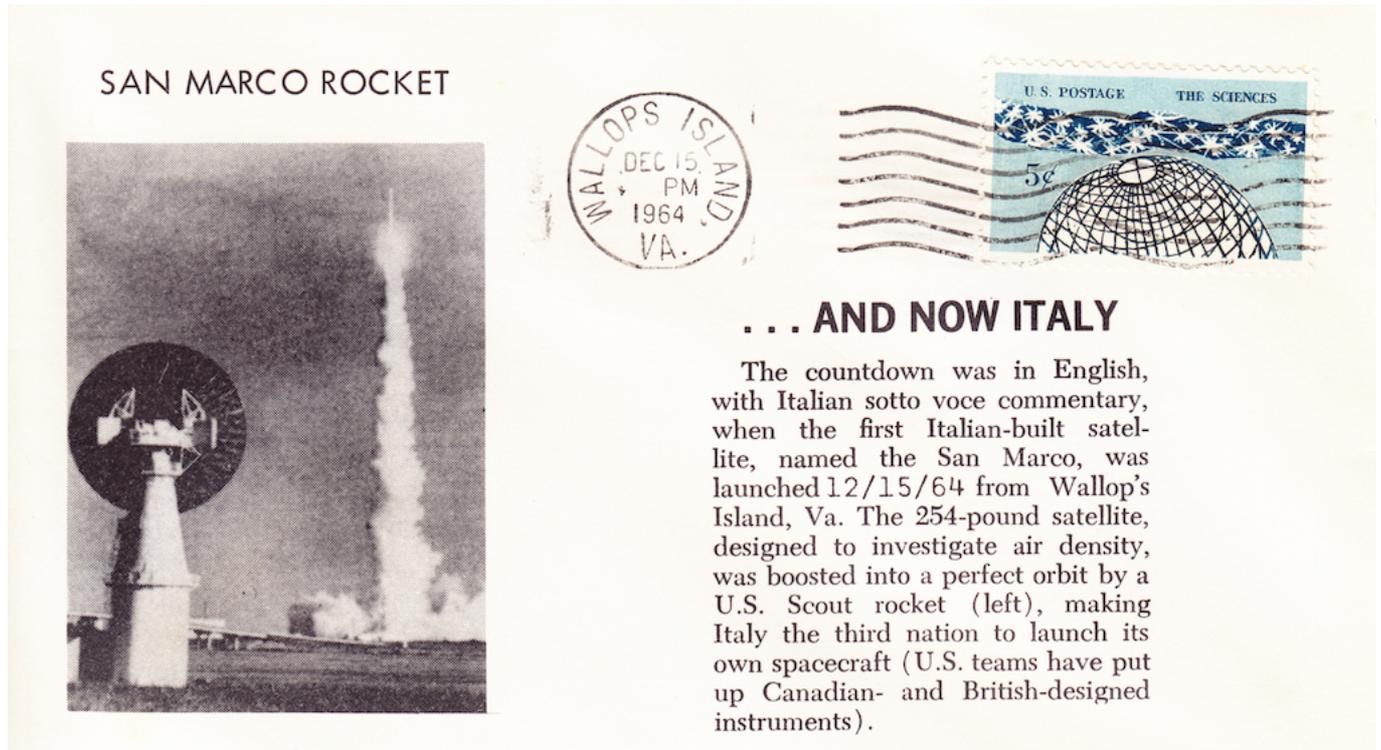
Attività e progetti dell'INAF nei campi della Fisica del Sistema Solare, dell'Astrofisica e della Cosmologia



In copertina: Visione d'insieme delle missioni dallo Spazio con coinvolgimento INAF, descritte in questa Appendice, nei campi della Fisica del Sistema Solare, dell'Astrofisica e della Cosmologia. Nel caso di missioni spaziali nel campo della Fisica del Sistema Solare la data in parentesi corrisponde alla data di arrivo al *target* della missione mentre l'altra data e' la data di lancio.

Preambolo

Il 15 Dicembre 1964, con il lancio di San Marco 1, l'Italia entra nell'era "spaziale", terzo paese dopo USA ed Unione Sovietica.



... AND NOW ITALY

The countdown was in English, with Italian sotto voce commentary, when the first Italian-built satellite, named the San Marco, was launched 12/15/64 from Wallop's Island, Va. The 254-pound satellite, designed to investigate air density, was boosted into a perfect orbit by a U.S. Scout rocket (left), making Italy the third nation to launch its own spacecraft (U.S. teams have put up Canadian- and British-designed instruments).

Da allora sono stati fatti degli enormi progressi (inimmaginabili a quel tempo!!!) in tutti i campi del settore "spaziale", dalle telecomunicazioni all'osservazione della Terra, dall'osservazione dell'Universo all'esplorazione robotica del nostro sistema solare e così via. Il contributo italiano è sempre stato rilevante, a volte in posizione di leadership riconosciuta a livello internazionale.

Rimanendo nel campo dell'esplorazione e osservazione dell'Universo, come non ricordare il contributo fondamentale dato alla nascita dell'astrofisica delle alte energie cominciato con il lancio, sotto la nostra responsabilità, della missione americana *Uhuru* dalla base italiana di Malindi (Kenia), missione fondamentale nella definizione e catalogazione delle principali classi di sorgenti celesti emittenti in banda X. Il successivo sviluppo in Italia di questa nuova branca dell'astrofisica ha portato all'ideazione, costruzione e messa in opera di missioni spaziali quali BeppoSAX (in collaborazione con l'agenzia spaziale olandese) ed AGILE (di concezione, costruzione e operatività completamente italiana) e ha permesso ai ricercatori italiani di acquisire una posizione di rilievo e di leadership in molte delle missioni di alta energia che sono state via via realizzate da altre agenzie spaziali (e.g. NASA, ESA). Fondamentale è stato anche il contributo italiano nel campo della planetologia e studio della fisica del Sistema Solare con un'intensificarsi, nel corso degli anni, del numero delle missioni di planetologia con contributi italiani di spessore (a partire dalla missione Giotto alla cometa di Halley, a seguire con la missione Cassini-Huygens a Saturno e via via le altre che troverete in questa Appendice). Una lunga strada è stata percorsa dai tempi in cui, a metà degli anni '70, un ristretto gruppo di ricercatori italiani analizzava e studiava rocce lunari!! Per finire, non meno importante è stato il contributo scientifico di ricercatori italiani ad altre missioni di successo quali e.g. IUE, Hipparcos, HST, giusto per citarne alcune.

Per fare il punto della situazione attuale delle attività/progetti dei ricercatori dell'INAF nei campi della Fisica del Sistema Solare, dell'Astrofisica e della Cosmologia¹ abbiamo chiesto ai responsabili scientifici INAF

¹ 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; queste attività sono al momento maggiormente sviluppate dai nostri colleghi dell' INFN, delle Università e del CNR.

di accordi con l'ASI (o con l'ESA) o a esperti del campo di compilare una scheda illustrativa delle attività/progetti di 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 (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 uno studio di fase A. Per questo motivo non troverete in questa Appendice nessuna delle missioni recentemente proposte a seguito della Call M5 dell'ESA, missioni che non siano su un percorso ben definito e consolidato o missioni che non coinvolgano un numero adeguato di ricercatori 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.

Il materiale riportato in questa Appendice (37 missioni spaziali, 7 programmi di ricerca e sviluppo e 3 attività di "supporto") rappresenta uno spaccato, seppur succinto e magari non uniforme (tutto è perfettibile..) delle attività/progetti 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 utile all'intera comunità astronomica.

R. Della Ceca, M. Santoro e A. Argan

INDICE

❖ MISSIONI IN FASE OPERATIVA

▪ <u>Fisica del Sistema Solare</u>	
Cassini-Huygens	pg. 7
Dawn	pg. 8
Juno	pg. 10
Mars-Express & Mars Orbiter	pg. 12
Osiris-Rex	pg. 13
▪ <u>Astrofisica e cosmologia</u>	
Agile	pg. 14
Chandra	pg. 16
Fermi	pg. 18
Gaia	pg. 19
Hubble Space Telescope	pg. 21
Integral	pg. 23
NuSTAR	pg. 25
Swift	pg. 26
XMM-Newton	pg. 28

❖ MISSIONI IN FASE DI REALIZZAZIONE

▪ <u>Fisica del Sistema Solare</u>	
Bepi-Colombo	pg. 30
CSES-Limadou	pg. 32
Exomars 2016 – 2020	pg. 33
Juice	pg. 35
Proba-3	pg. 37
Solar Orbiter	pg. 38
▪ <u>Astrofisica e cosmologia</u>	
Athena	pg. 40
Cheops	pg. 42
Euclid	pg. 44
Ixpe	pg. 46
James Webb Space Telescope	pg. 48
LSPE (Large Scale Polarization Explorer)	pg. 50
Plato	pg. 52

❖ MISSIONI IN FASE DI STUDIO

▪ <u>Fisica del Sistema Solare</u>	
Veritas	pg. 54
Thor	pg. 56
▪ <u>Astrofisica e cosmologia</u>	
Ariel	pg. 58
Xipe	pg. 60

❖ MISSIONI IN FASE POST-OPERATIVA

▪ <u>Fisica del Sistema Solare</u>	
Rosetta	pg. 62
▪ <u>Astrofisica e cosmologia</u>	
Herschel	pg. 64
Planck	pg. 66
Venus-Express	pg. 68

❖ **ATTIVITA' DI RICERCA E SVILUPPO**

Arembes (ATHENA Radiation Environment Models and x-ray Background Effects Simulator)	pg. 70
Asphea (Alignment of Silicon Pore optics for High-Energy Astronomy)pg. 72
Contamination Assessment Microbalance (CAM)pg. 73
Microcalorimetri criogenici superconduttivi per Astrofisica Spaziale (Premiale ASI 2012)pg. 74
Tecnologia del vetro per le ottiche in raggi X di prossima generazionepg. 76
PixDD (Pixel Drift Detector)pg. 78
Symposium (Silicon pore optics modelling and simulations)pg. 80

❖ **ATTIVITA' DI SUPPORTO**

ASDC (ASI Science Data Center)pg. 81
CAT - Space Weather Expert Service Centres: Definition and Developmentpg. 83
SST (Space Surveillance and Tracking)-pg. 84

Missione: Cassini - Huygens

Area: Fisica del Sistema Solare; **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....

La Missione **Cassini-Huygens**, realizzata in collaborazione tra NASA, ESA ed ASI, si prefigge come scopo lo studio di Saturno e del suo sistema di satelliti ed anelli con particolare riguardo al satellite Titano. La missione è partita nell'ottobre 1997 ed è entrata in orbita intorno a Saturno il 1 luglio 2004. 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 permetterà di studiare il sistema di Saturno fino al 2017, momento in cui avrà luogo il solstizio d'estate per l'emisfero nord di Saturno. Questa estensione permette 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 cambierà l'orbita 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 terminerà quando un altro encounter con Titano farà precipitare la sonda all'interno dell'atmosfera di Saturno.

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

La partecipazione italiana alla missione **Cassini-Huygens** è importante e qualificata, e l'ASI è uno dei principali partner della missione: in base ad un accordo di collaborazione con la NASA ha sviluppato 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.

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.

c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, 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-IAPS, Roma

Missione: Dawn

Area: Fisica del Sistema Solare; **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.

La missione **Dawn** è stata selezionata dalla NASA nel 2001 nell'ambito del Programma Discovery per l'osservazione degli asteroidi Vesta e Cerere, con l'obiettivo scientifico principale di studiare le condizioni che regnavano durante le fasi iniziali dell'evoluzione del Sistema Solare. I principali obiettivi scientifici della missione sono la raccolta di informazioni sulle condizioni che regnavano durante le fasi iniziali dell'evoluzione del Sistema Solare, ovvero sui primi milioni di anni della sua evoluzione e dei processi in atto sui corpi appena formati. La missione vuole caratterizzare i "mattoni" a partire dai quali si sono formati i pianeti terrestri, aumentando così la nostra conoscenza di questo processo di formazione. Permetterà di comprendere meglio il ruolo dell'acqua nell'evoluzione planetaria, e costituisce un ponte tra l'esplorazione del Sistema Solare interno roccioso e il Sistema Solare esterno gassoso. La sonda ha tre strumenti a bordo: la Framing Camera (FC), lo spettrometro raggi gamma e neutri (GRaND) e lo spettrometro ad immagine (VIR). Questo ultimo è il contributo italiano alla missione finanziato da ASI. La missione **Dawn** è stata lanciata nel settembre 2007 ed ha raggiunto il suo primo obiettivo, Vesta, nella primavera/estate del 2011 e il secondo, Cerere, all'inizio del 2015. Al momento la missione è ancora operativa ed in fase di extended mission.

La missione **Dawn** a Vesta, con l'uso dello spettrometro ad immagini VIR, ha confermato alcune ipotesi ma ha anche fatto grandi scoperte, come la geologia e la distribuzione mineralogica (De Sanctis et al., Science, 2012, Pieters et al., Nature, 2012, Marchi et al., Science, 2012), la presenza di materiali idrati sulla superficie (De Sanctis et al., ApJLett, 2012, McCord et al., Nature, 2012, Denevi et al., Science, 2012) e la presenza di olivina, un minerale che si forma all'interno del mantello (Ammannito et al., 2013, Nature).

E' stata realizzata la prima mappatura mineralogica di un corpo del sistema solare. I risultati di tale mappatura sono stati pubblicati su un numero speciale di Icarus.

La missione **Dawn** a Cerere è tuttora in corso. I dati raccolti fino ad oggi hanno mostrato un oggetto molto interessante e inaspettato. I dati hanno rivelato che la superficie di Cerere è composta da fillosilicati, carbonati, una componente opaca e da fillosilicati ammoniacati. Questi ultimi indicano una possibile provenienza di Cerere dal sistema solare esterno (De Sanctis et al, Nature 2015). La loro distribuzione suggerisce un processo di alterazione acquosa globale (Ammanito et al., Science 2016) per altro confermata dalla presenza di ghiaccio di acqua (Combe et al, Science, 2016). Inoltre sono stati scoperti grandi quantità di carbonati di sodio (De Sanctis et al., Nature, 2016) che implicano la presenza fluidi recenti o tuttora esistenti.

Lo strumento VIR, e la missione **Dawn** in generale, hanno fornito dati di eccellente qualità la cui interpretazione ha permesso di pubblicare numerosi articoli su riviste internazionali, oltre 80, tra cui 15 articoli su Science e Nature.

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

INAF contribuisce alla missione fornendo hardware (lo strumento VIR) e con la partecipazione al team scientifico e di segmento da terra. I ricercatori INAF sono sia Co-Is di missione sia team members. Essendo Co-Is di missione, hanno accesso a tutti i dati della missione, anche quelli acquisiti dagli altri strumenti. INAF ha la responsabilità (PI di VIR- M.Cristina De Sanctis- INAF-IAPS) della gestione dello strumento VIR, delle sue operazioni e del processamento (calibrazione) e archiviazione dei dati. Il personale INAF è quindi impegnato nella pianificazione, generazione e implementazione delle sequenze operative per le quali è stato definito e generato un software apposito. Anche la pipeline di generazione dei dati, dal dato di telemetria al dato calibrato, viene eseguita da personale INAF. Anche in questo caso la scrittura del software della pipeline e la sua gestione è interna all'IAPS.

c.	Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)
<p>La missione Dawn è una missione NASA con contributi hardware esterni da ASI/INAF e MPS/DLR. La partecipazione alla missione Dawn è di alto valore strategico perché sancisce l'eccellenza e la leadership della scienza e dell'industria italiane nel campo della spettrometria ad immagine per l'esplorazione planetaria. Inoltre la partecipazione alla missione Dawn consolida le collaborazioni con i partner stranieri ed in particolare con la NASA.</p>	

d.	Coinvolgimento industriale italiano (se presente)
<p>L'industria italiana è stata coinvolta nella realizzazione dello strumento VIR. VIR è stato costruito da Galileo ora Leonardo, nella sede di Firenze. Al momento non vi sono coinvolgimenti industriali.</p>	

A cura di: Maria Cristina De Sanctis, INAF-IAPS, Roma.

Missione: Juno

Area: Fisica del Sistema Solare; **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.

La missione NASA **Juno** a Giove si prefigge:

- 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;
- 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;
- 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;
- caratterizzare e esplorare la struttura tridimensionale della magnetosfera e delle aurore polari.

La sonda **Juno** è entrata in orbita il 5 luglio 2016 e, in base al piano di missione attuale, si estenderà temporalmente fino a settembre 2019. Sono previste 22 orbite da 53,5 giorni con grande ellitticità. Durante l'orbita 22 verrà effettuata la manovra di "de-orbiting" per far cadere la sonda verso il pianeta. I passaggi in prossimità del pianeta sono e saranno effettuati ad una quota di circa 5000-8000 km dal livello di pressione di riferimento ad 1 bar. Al momento sono stati effettuati due soli passaggi in vicinanza del pianeta: il 27 agosto ed il 19 ottobre. Durante il passaggio del 19 ottobre la sonda è andata in modalità "safe" per cui non sono stati raccolti dati scientifici in prossimità del pianeta.

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

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_3^+ 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 40 km al 300 km in funzione della posizione della sonda rispetto al pianeta.

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. Lo strumento, di fattura - hardware e software - completamente italiana, è stato realizzato secondo le specifiche fornite dall'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.

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

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. Alberto Adriani) di JIRAM è ad IAPS. L'altro strumento italiano, KaT, è anche a PI-ship italiana ma dell'Università di Roma la 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 TALEN ALENIA SPACE.

A cura di: Alberto Adriani, INAF-IAPS, Roma

Missioni: Mars Express e Mars Reconnaissance Orbiter

Area: Fisica del Sistema Solare; **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.
-----------	---

Mars Express (MEX) è la prima missione ESA al Pianeta Rosso. **MEX** è stata lanciato il 2 giugno 2003 e si è inserito in orbita intorno a Marte nel dicembre 2003. A bordo di **Mars Express** sono presenti cinque esperimenti a partecipazione italiana. L'INAF ha un ruolo chiave in quattro di questi, ossia nel Planetary Fourier Spectrometer e nel Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding, a guida italiana, ma anche nell'Observatoire pour la Minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité e nell'Analyzer of Space Plasmas and Energetic Atoms.

Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) è una sonda spaziale NASA per l'esplorazione di Marte. E' stata lanciata il 12 agosto 2005 ed è entrata in orbita intorno a Marte nel marzo 2006. A bordo è presente l'esperimento SHARAD, l'unico contributo italiano alla missione, e realizzato e gestito in Italia.

Il contratto in corso con ASI copre i costi delle operazioni dei due radar a guida italiana MARSIS e SHARAD, rispettivamente a bordo della missione **MEX** dell'ESA e **MRO** della NASA.

MARSIS (Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding) è un radar il cui segnale è in grado di penetrare al di sotto della superficie del pianeta e di rivelare discontinuità dielettriche legate a variazioni della struttura, densità o composizione degli strati sottosuperficiali. L'obiettivo scientifico principale di MARSIS è mappare la distribuzione di acqua, sia in forma liquida che solida, nelle porzioni superiori della crosta di Marte. La rilevazione di tali riserve di acqua è legata allo studio dell'evoluzione idrologica, geologica, climatica e possibilmente biologica di Marte. Obiettivi secondari sono la prospezione geologica sottosuperficiale, la caratterizzazione della superficie ed il sondaggio della ionosfera marziana.

SHARAD (SHAllow RADAR) è 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. 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.

Sia MARSIS che SHARAD hanno mappato la presenza di depositi di ghiaccio in superficie e nel sottosuolo di Marte, ottenendo la prima misura della quantità di ghiaccio presente nelle calotte polari, permettendo la ricostruzione della sequenza stratigrafica all'interno delle stesse, legata ai cicli climatici, e la scoperta di depositi di ghiaccio a medie latitudini formati in un'era glaciale precedente.

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

Entrambi gli strumenti sono stati realizzati in Italia e sono a guida italiana. In particolare, INAF ha la Pi-ship di MARSIS (PI: R. Orosei, INAF-IRA, Bologna) e gestisce le operazioni, l'elaborazione dei dati e la produzione del loro archivio pubblico per ESA, oltre a partecipare all'analisi dati e la produzione di articoli scientifici. In SHARAD, INAF contribuisce con la produzione dell'archivio dati pubblico per NASA e con l'analisi scientifica; il PI di SHARAD è R. Seu, Univ. La Sapienza, Roma

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

Il team scientifico di MARSIS è a guida italiana, ma con una importante partecipazione statunitense e collaborazioni con Francia, Germania, Russia, Svezia, Regno Unito, Cina e Svizzera.

SHARAD è un facility instrument fornito dall'Agenzia Spaziale Italiana, ed il team scientifico, sempre a guida italiana, è formato esclusivamente da ricercatori italiani e statunitensi.

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

Sia MARSIS che SHARAD sono state realizzate da Thales Alenia Space - Italia (TAS-I), con il contributo del Jet Propulsion Laboratory (JPL) e dell'Università dell'Iowa.

A cura di: Roberto Orosei, INAF-IRA, Bologna

Missione: OSIRIS-REx

Area: Fisica del Sistema Solare; **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
-----------	--

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.

Nello specifico gli obiettivi della missione sono:

- 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.
- 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.
- Documentare la struttura, morfologia, geochimica e proprietà spettroscopica del regolite nella zona di campionamento alla scala del millimetro.
- 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.
- 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.

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

L'attività INAF (John Robert Brucato e Teresa Fornaro dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Elisabetta Dotto ed Elena Mazzotta Epifani dell'Osservatorio Astronomico di Roma) è di tipo scientifico per il sostegno allo sviluppo della strumentazione a bordo e l'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, nello studio sulla prevenzione della contaminazione organica dei campioni e nell'analisi dei campioni riportati a Terra.

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

Collaborazione scientifica

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

Nessuno

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

Missione: AGILE

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.

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 (SNR), 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 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 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 micro-quasar 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 micro-quasar 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 TGF e la scoperta di emissione fino a 100 MeV.

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

Coordinatori: Roberto Della Ceca, Marco Santoro e Andrea Argan

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 Data Center (ASDC, ora Space Science Data Center, 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, partnership, 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) ed esperimenti spaziali e da terra (SWIFT, Fermi, VERITAS, HAWK, LIGO).

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.

A cura di: Marco Tavani, INAF-IAPS, Roma

Missione: 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). Originariamente conosciuto 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. È al momento attiva la diciannovesima tornata di richieste di partecipazione (Announcement of Opportunity). A seguito di un'eccellente revisione anche nella Senior Review 2016, e del perfetto stato di funzionamento dello strumento, 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 o HRMA): la bassissima rugosità e la rigidità dello specchio ne fanno la miglior ottica per raggi X oggi esistente. Il complesso dei 4 specchi concentrici montati 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 msec) 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. Uno dei chip di ACIS-S (S3) ha la miglior risoluzione energetica del sistema ACIS e può essere usato nel fuoco del telescopio. I due grating (HETG e LETG, high and low energy transmission gratings) possono essere inseriti tra lo specchio e il rivelatore per spettroscopia ad alta risoluzione di sorgenti brillanti. HETG funziona, di norma in combinazione con ACIS-S, tra 0,4 e 10 keV con una risoluzione E/DE di 800 a 1,5 keV e 200 a 6 keV. LETG, di norma in combinazione con HRC-S, ha il più alto potere risolutivo di **Chandra** E/DE > 1000 a basse energie (tra 0,07-0,2 keV). L'orbita è molto eccentrica e permette osservazioni della stessa sorgente fino a ~180 ksec senza interruzioni.

CXO è aperto alla comunità mondiale per osservazioni, attraverso un sistema di *peer review* che accetta proposte ogni anno (usualmente a metà marzo). La gran parte del tempo osservativo è assegnata a richieste "General Observer", che comprendono anche programmi di più vasto respiro, suddivisi, se necessario, anche su più anni. I programmi più lunghi: Large Program (LP, richiesta tra 400 e 1000 ksec) e Very Large Program (VLP, richiesta > 1 Msec) sono giudicati con una procedura più complessa che li valuta sia all'interno dello stesso campo scientifico che a confronto con tutti gli altri temi di ricerca. È anche possibile richiedere osservazioni pre-approvate di Target-of-Opportunity (TOO) che implicano un evento "trigger", imprevedibile 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 DDT Director Discretionary Time. Una frazione di tempo osservativo viene riservata per i PI degli strumenti (Guaranteed Time Observer, GTO).

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.

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 6000, con un totale di 260 000 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 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. Lo studio delle pulsar permette di comprendere la produzione di getti e l'interazione con forti campi magnetici. I risultati più recenti mostrano come anche la geometria delle sorgenti ha un impatto sulla produzione di raggi X. L'osservazione di righe spettrali intense e risolte ha permesso di iniziare lo studio della chimica delle sorgenti e delle loro condizioni di densità e temperatura con precisione mai prima raggiunta. 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. Osservazioni in raggi X hanno permesso per la prima volta di rivelare la separazione tra la materia oscura e la materia barionica durante le collisioni. Una delle più ricche miniere di scoperte sono i campi profondi, osservazioni di diverse settimane dello stesso francobollo di cielo. L'immagine più profonda, il **Chandra** Deep Field South (CDFS) raccoglie 7 Msec di osservazioni: 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. Combinato con dati HST questo tesoro di informazioni ci permetterà di capire come si sono formate le galassie e i loro nuclei.

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

L'Italia non ha partecipato ufficialmente alla progettazione e costruzione e non partecipa all gestione della missione. Tuttavia l'eredità e la scuola di Riccardo Giacconi e Pippo Vaiana portano a un continuo scambio di studenti e *visiting scientist* tra Italia e USA, in particolare con SAO. Da questa collaborazione nasce l'impegno dell'Osservatorio Astronomico di Palermo che nel laboratorio XACT, appositamente allestito calibra, ridisegna e verifica i filtri per HRC. Il laboratorio è tuttora attivo per la ricerca e sviluppo e come servizio per la comunità astronomica nelle misure di astronomia X. L'attività di calibrazione frutta, anche se non in modo formale, una buona frazione di tempo GTO 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.

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

Le collaborazioni internazionali su dati **Chandra** 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 **Chandra** 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.

d.	Coinvolgimento industriale italiano
-----------	--

Non c'è stato coinvolgimento industriale italiano diretto.

A cura di: Anna Wolter, INAF-OABrera, Milano

Missione: Fermi

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.
-----------	---

FERMI (nata come GLAST) è una missione NASA (con importanti contributi da Italia, Giappone, Francia e Svezia) dedicata allo studio del cielo gamma. Utilizza due strumenti: il Large Area Telescope (LAT), sensibile a fotoni con energia nell'intervallo tra 30 MeV e 300 GeV, e il Gamma-ray Burst Monitor (GBM), dedicato allo studio dei fenomeni transienti.

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 2018. 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. Grazie al modo operativo di tipo "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 un fattore 10 il numero delle sorgenti gamma. Il catalogo delle oltre 3.000 sorgenti rivelate da **Fermi** LAT è dominato dagli AGN. All'interno della nostra Galassia, i pulsar sono la classe dominante con oltre 200 oggetti, metà dei quali sono msec pulsar (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 di eventuali controparti di onde gravitazionali.

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

INFN ha partecipato alla costruzione del Tracker ed 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 all'interpretazione astrofisica dei dati gamma con particolare riguardo allo studio delle sorgenti non identificate ed alla modellizzazione delle diversi classi di sorgenti che emettono raggi gamma di alta energia. Particolarmente rilevante il nostro contributo alle osservazioni multilunghezza d'onda sia nei raggi X (per esempio per lo studio delle controparti di pulsar visti in raggi gamma), sia in radio per lo studio ed il monitoraggio di AGN.

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

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 l'ASI Science Data Center (ASDC, ora Space Science data Center SSDC).

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

Non c'è coinvolgimento industriale in questa fase della missione

A cura di: Patrizia Caraveo, INAF-IASF, Milano

Missione: Gaia

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

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti

La finalità della missione **Gaia** dell'ESA è quella di misurare direttamente, con metodi assoluti e indipendenti da modelli, le proprietà astrometriche (posizioni angolari, distanze e velocità) e spettro-fotometriche (magnitudini multi banda e spettri fin dove possibile) di un campione di circa 1,5 miliardi di oggetti completo fino alla magnitudine 20 nella banda G di **Gaia** (simile alla mag. R di Johnson-Cousin). La strumentazione costruita per raggiungere questo obiettivo è quella di due telescopi a largo campo, con ramo spettroscopico off-axis, a piano focale combinato che, con una legge di scansione del cielo apposita, permette l'osservazione ripetuta di tutto il cielo nei 5 anni di vita operativa previsti.

Sebbene la maggior parte di questi oggetti sia rappresentata da stelle della Via Lattea (VL), le misure di **Gaia** comprendono anche centinaia di milioni di oggetti extragalattici (tra cui stelle delle galassie più cospicue del Gruppo Locale e delle galassie nane attorno alla VL e diverse centinaia di migliaia di QSO a vari redshifts) e milioni di nuovi asteroidi del Sistema Solare.

Naturalmente le caratteristiche della survey **Gaia** 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 VL e delle Sue Popolazioni (Perryman M.A.C., et al., 2001, *Astron. Astrophys.*, 369, 339). Tuttavia era già chiaro allora la rivoluzione che **Gaia** porterà nei campi della Fisica Fondamentale (Sistemi di Riferimento e Teorie della Gravitazione), della Verifica Locale delle Teorie Cosmologiche (disco spesso ed alone vicino), della Scienza dei Pianeti Extrasolari (Lattanzi 2012, Mem. S.A.It., 83, 1033) e dei corpi minori del Sistema Solare.

Gaia è in fase operativa dal 18/7/2014 dopo il lancio, avvenuto il 19/12/2013, ed una fase di messa a punto in orbita (science verification) caratterizzata da alcune anomalie fuori specifica riscontrate sulla stabilità spaziale (indotta da variazioni termiche) delle linee di vista dei due telescopi e del livello e grado di disuniformità del fondo cielo sul piano focale. Nonostante queste difficoltà iniziali e grazie alla capacità del Consorzio di Riduzione ed Analisi Dati Europeo (DPAC) di modificare opportunamente e riconfigurare le pipelines astrometriche e spettro-fotometriche, il DPAC, come previsto, il 14 settembre scorso ha pubblicato e messo a disposizione di tutta la comunità scientifica mondiale la **Gaia** Data Release 1 (GDR1). Le proprietà di questo primo catalogo di **Gaia** ed i primi risultati raggiunti su alcuni casi scientifici "dimostratori" sono stati raccolti nel volume A&A no. 595 (novembre 2016). Qui la qualità del contributo Italiano è evidente: 3 degli 8 articoli principali che descrivono proprietà e potenziale scientifico della DR1 hanno autori Italiani in posizioni principali. Inoltre, dal 14 settembre si contano già una 60na di articoli pubblicati o in pubblicazione sulle maggiori riviste astronomiche mentre sono decine di migliaia gli accessi ai siti web predisposti da ESA e DPAC per la distribuzione e sfruttamento dei dati DR1.

Al momento è in pieno svolgimento la produzione della seconda 'data release', la GDR2, prevista per la primavera del 2018. Conterrà non solo distanze e cinematica per tutto il campione fino al limite di survey (almeno $G=20$; la DR1 era limitata alla $G=12$ per parallassi e cinematica!), ma anche colori, velocità radiali ed alcuni parametri fisici stellari come T_{eff} . Inoltre saranno anche pubblicati i risultati di campioni selezionati di oggetti variabili e del Sistema Solare. Ulteriori dettagli sulla DR2, e le altre previste fino alla produzione del catalogo finale nel 2022, sono disponibili sul sito di progetto dell'ESA (<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia>).

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

Gaia è una missione con 'payload' realizzato tutto sotto controllo ESA e con 'Prime' Airbus Def. & Sp. Non ci sono stati quindi pezzi della strumentazione scientifica a bordo o del modulo di servizio forniti attraverso PI nazionali. La riduzione ed analisi dati è stata invece affidata interamente al consorzio DPAC attraverso la sottoscrizione, a garanzia, di un Multi-Lateral-Agreement tra ESA e le Agenzie Partecipanti che ha quindi richiesto la costituzione di PI-ship nazionali per la sua realizzazione. In Italia la partecipazione al DPAC avviene attraverso un accordo ASI-INAF primario in cui lo sforzo

finanziario diretto dell'Agenzia Spaziale si affianca, con monetizzazione equivalente, al contributo 'in-kind' INAF di FTE di proprio personale. A questo si aggiungono il contratto con ALTEC per la realizzazione dell'Infrastruttura (HW e SW) del Data Processing Center Italiano (DPCT; vedi la sezione d.) e l'accordo di nuovo ASI-INAF per la realizzazione del **Gaia** Team presso l'ASDC. In questo quadro, otto tra i maggiori Osservatori dell' INAF partecipano alla fase operativa della missione: OABO, OACt, OANa, OARm, OATe, OAFi, OAPd e OATo (si veda il sito **Gaia** Italia per maggiori dettagli all'indirizzo (http://www.oato.inaf.it/astrometry/Gaia_Italia/index.html)).

In particolare, limitandoci ai contributi Italiani più importanti per la DR1 e rimandando quindi ad un aggiornamento di questa scheda l'aggiunta dei contributi per la DR2, i principali contributi Italiani, INAF, sono: **i)** il SW di pipeline ed analisi sviluppato ed integrato (al DPC di Ginevra) dai gruppi **Gaia** di INAF-OABO (Clementini) e OANa (Ripepi) per estrazione e caratterizzazione di variabili Cefeidi e RR Lirae dalle osservazioni fotometriche di **Gaia**; **ii)** la prima consegna della libreria di stelle Standard Spettrofotometriche (il catalogo SPSS nel gergo DPAC) e del SW (integrato presso il DPC di Cambridge, UK) per la calibrazione assoluta della magnitudine in banda G (**Gaia**) da parte dei teams di INAF-OABO (Cacciari) e INAF-OAArcetri (Pancino); **iii)** verifica delle prestazioni giornaliere e di medio periodo delle prestazioni astrometriche del payload di **Gaia** sia sul piano focale (cioè, la qualità dell'imaging e del centraggio al livello di ognuno dei 63 CCD astrometrici) che al livello della stabilità delle linee di vista dei due telescopi (attraverso la misura e l'analisi delle immagini CCD degli interferogrammi presi dallo strumento metrologico laser BAM) via le pipelines giornaliere, AIM and BAM-AVU, in produzione presso il DPCT (Busonero, Riva); **iv)** la messa in produzione del GaiaPortal per distribuzione e 'mining' dei dati all'ASDC (Marrese) (<http://gaia.asdc.asi.it/>).

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

Il progetto **Gaia** ha permesso alla comunità Italiana di consolidare e sviluppare ulteriormente la propria rete di collaborazioni internazionali soprattutto a livello continentale. I centri INAF maggiormente coinvolti citati prima lavorano, con contributi determinanti sia a livello di pipelines di riduzione dati che di verifica e sfruttamento scientifico, con i più importanti Istituti e Centri di Ricerca di Belgio, Francia, Germania, Inghilterra, Spagna e Svizzera. Grazie all'INAF ed al supporto ASI, l'Italia è la seconda partecipazione più importante con il 19% dello sforzo totale, appena sotto la Francia al 20%. Sono Italiani uno dei membri del **Gaia** Science Team (Randich, INAF-OAArcetri), il DPAC Deputy Chair (Vallenari, INAF-OAPd), i vice o membri dei comitati direttivi delle Coordination Units CU3 (Lattanzi, INAF-OATo), CU4 (Cellino, INAF-OATo) e CU5 (Cacciari, INAF-OABO).

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Se in termini finanziari, per le ragioni dette prima, il ritorno nazionale sull'HW di volo è stato limitato alla quota prevista dagli accordi ESA, l'industria nazionale ha comunque costruito elementi di assoluta eccellenza come l'elettronica di prossimità dei 117 CCD scientifici e i due orologi atomici (Thales-Alenia Space, MI e AQ), ed alcune delle complesse ottiche dello spettrografo (Leonardo, FI). D'altra parte per il DPAC l'Italia fornisce uno dei 6 centri di riduzione ed analisi dati **Gaia**. Questo ha richiesto il coinvolgimento dell'industria nazionale di punta. In partnership con INAF è nato quindi presso gli stabilimenti ALTEC di Torino il DPCT, il più grande centro dati dedicato alle scienze dell'Universo mai realizzato in Italia ed uno dei più avanzati d'Europa, con una capacità di storage che ha già raggiunto il PTB con tecnologie di tipo Big Data e Private Cloud di ultima generazione di HP per l'HW e Oracle per il DBMS (<https://www.altecspace.it/programmi/gestione-ed-elaborazione-dati/gaia-dpct>).

A cura di: Mario G. Lattanzi, INAF-OATo, Torino.

Missione: Hubble Space Telescope (HST)

Area: Astrofisica e Cosmologia; **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'Hubble Space Telescope (**HST**) 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. **HST** è l'unico telescopio spaziale finora concepito per essere raggiunto e mantenuto da astronauti. NASA e ESA hanno recentemente rinnovato l'accordo per sostenere la missione almeno fino al 2020. 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. **HST** 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.

Le immagini e gli spettri acquisiti con **HST** 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.

HST 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. **HST** 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 **HST** di supernove di tipo Ia che hanno fornito un'evidenza incontestabile dell'accelerazione dell'universo. **HST** è ormai molto più di uno strumento scientifico: è un'icona culturale riconosciuta, con un enorme successo mediatico in tutto il mondo.

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

Dei 5 strumenti presenti a bordo di **HST** quando fu lanciato, la Faint Object Camera (FOC, lo strumento di **HST** 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 **HST**, 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.

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

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 **HST** 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. Per mantenere questo ruolo di leadership della comunità astrofisica italiana in un settore di massima competitività internazionale quale è **HST** 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.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Dopo la fine del programma Shuttle della NASA non sono possibili ulteriori aggiunte alla strumentazione di bordo e dunque non esistono attività industriali.

A cura di: Monica Tosi, INAF – OA Bologna, Bologna

Missione: INTEGRAL

Area: Astrofisica e Cosmologia (Alte Energie); Fase: Operativa

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

INTEGRAL, selezionato come missione M2 del piano Horizon 2000 dell'ESA nell'Aprile 1993 è stato messo in orbita il 17 Ottobre 2002. Gli strumenti di bordo comprendono due rivelatori principali di raggi gamma, lo SPI (SPettrometro on Integral) e IBIS (Imager on Board Integral Satellite), un monitor in raggi X ed una camera ottica. I due strumenti gamma utilizzano tecniche innovative e sono il vero e decisivo passo in avanti per l'Astronomia "non termica" perchè rendono possibile contemporaneamente sugli stessi campi osservativi la spettroscopia ad alta risoluzione (~ 2 keV) e la capacità di ottenere immagini (~ 30 secondi d'arco) ad energie mai esplorate, dalla decina di keV a 10 MeV. **A 14 anni dal lancio, INTEGRAL è pienamente operativo mantenendo tutte le capacità e la sensibilità così come le sue caratteristiche osservative uniche su temi scientifici importanti quali la nucleosintesi, la polarizzazione e le capacità di "monitoring" di larghi campi di cielo. Sarà così ancora per lungo tempo poiché nessun'altra missione coprirà questo dominio dei raggi X e gamma almeno fino al 2025 come si evince anche dalla risposta alla "call for proposal" annuale.** Lo scopo principale di SPI è quello di rilevare le linee Gamma, (^{26}Al , ^{44}Ti e ^{22}Na) nella nostra Galassia che sono la traccia dei processi di nucleosintesi. La mappa dell'alluminio fatta ha reso possibile tracciare la formazione stellare nel disco galattico mentre il Titanio e il Sodio creati in processi esplosivi, ci dicono se ci sono resti di supernova recenti nel disco. Ha inoltre rivelato la riga a 511 keV nel centro galattico con informazioni essenziali sulla presenza di "materia oscura" al centro della Galassia. IBIS, caratterizzato da un largo campo di vista, era ed è dedicato alla rivelazione di molte nuove sorgenti gamma (finora più di 600) principalmente attraverso la mappa della regione del centro e del Piano della Galassia. L'analisi multibanda di queste nuove sorgenti ha indicato la presenza di varie tipologie/classi di oggetti e di sorgenti con caratteristiche peculiari quali ad esempio: binarie racchiuse entro densi involucri e per questo fortemente assorbite; X-ray pulsars anomale ovvero caratterizzate da giovani stelle di neutroni in cui l'origine dell'emissione X è ancora incerta; binarie di piccola massa in regime di bassa luminosità per le quali la teoria prevede che la stella compagna sia un oggetto peculiare. Tra i maggiori risultati ottenuti citiamo:

- il limite stringente all'emissione in raggi γ e hard X associata con l'evento di onde gravitazionali, GW150914, riportato da LIGO/Virgo. Altri eventi successivi sono in corso di analisi.
- la rivelazione del Cobalto⁵⁶ e del Nichel⁵⁶ dalla Supernova in M82 con conferma del modello canonico di esplosione di una nana bianca abbastanza massiccia da essere instabile al collasso gravitazionale;
- la scoperta della prima pulsar al millisecondo che oscilla fra essere potenziata dalla rotazione e/o dall'accrescimento di materia;
- la compilazione dei cataloghi di tutte le sorgenti rivelate (siano essi nuovi oggetti che già noti); l'ultima versione contiene circa 1000 oggetti di cui circa il 30% rimangono ancora da identificare e classificare;
- la scoperta della nuova sottoclasse di sorgenti "High Mass X-ray Binaries", le "Supergiant Fast X-ray Transients". Si tratta di oggetti celesti che si accendono nel cielo gamma per poche ore, al massimo per qualche giorno, e le cui caratteristiche non sono ancora spiegate dai modelli teorici. In particolare, il loro studio sistematico con INTEGRAL, ha rivelato periodicità per alcuni di essi con l'implicazione che gli outbursts avvengono verosimilmente al passaggio dell'oggetto compatto al periastro.
- la soluzione dell'emissione diffusa del piano della nostra Galassia, rivelatasi essere dovuta al contributo di sorgenti di alta energia (BH e NS) risolta dall'imager IBIS;
- la prima e unica misura di emissione polarizzata e variabile in raggi gamma da vari gamma-ray burst, dalla pulsar della Crab Nebula nella emissione off-pulse e dal buco nero in Cigno X-1 fino al MeV. In particolare l'analisi delle osservazioni della Crab, ha messo in luce la polarizzazione dei raggi gamma non-pulsati tra 100 keV- 1 MeV. I risultati di entrambi gli strumenti indicano polarizzazione dell'ordine del 46 +/- 10% con il vettore elettrico di 123 +/- 11 gradi, allineato strettamente all'asse di rotazione della stella di neutroni e dimostrando quindi che una frazione significativa degli elettroni di alta energia responsabili dei fotoni polarizzati, sono prodotti in una struttura altamente ordinata vicino alla pulsar.
- la distribuzione dei cut-off degli AGN e il loro contributo al fondo diffuso cosmico in raggi gamma;
- la rivelazione di emissione di alta energia da radio galassie giganti;
- la scoperta dei Blazar più lontani, $z \approx 2-4$, con masse del buco nero centrale di 10^9-10^{10} masse solari.

Parte integrante del programma **INTEGRAL**, è la formazione di borsisti, dottorandi e di ricercatori 'post-doc' presso gli Istituti, Università ed Osservatori, tutti finanziati da ASI dal 2002. Si tratta in totale di 17 persone a contratto, divise in Articoli ex 23, assegni di ricerca e borse di studio.

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

I principali contributi alla missione, Hardware e Software, realizzati da Istituti CNR, ora INAF, sono:
-IBIS, ideato, progettato e realizzato da un consorzio internazionale di 14 Istituti di 9 nazioni diverse guidato dal Principal Investigator (P. Ubertini, INAF-IAPS, Roma) ; coordinamento scientifico del programma con ASI.
-SPI, lo IASF di Milano ha contribuito alla realizzazione dello strumento con la fornitura del sottosistema di anticoincidenza PSAC.
-JEM-X, parti dell'elettronica da Co-I dell'Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica ora IAPS; facility di calibrazione realizzata dall'Università di Ferrara.
Il modello di QM/FM di IBIS è mantenuto operativo a terra nella Camera depolverizzata dello IAPS insieme a tutti i sottosistemi che simulano lo S/C per operazioni di test prima del caricamento a bordo di SW di volo.
Per la parte Software gli Istituti CNR ora INAF hanno contribuito e contribuiscono allo **INTEGRAL Science Data Centre (ISDC, Ginevra)** con il SW di analisi dati degli strumenti e con il sistema IBAS (Co-I dell'IASF-Milano) per la rivelazione in tempo quasi-reale dei GRB e loro distribuzione tramite rete informatica.
INAF contribuisce costantemente all'aggiornamento del SW di analisi dati, calibrazione semestrale degli strumenti IBIS e mantenimento del SW di bordo collaborando con ESOC (Germania) e ESAC (Spagna).

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

Leadership: Neutrino events counterpart e follow up; Galactic Plane Survey; Osservazioni radio di oggetti INTEGRAL; Monitoring Radio/X/Gamma di AGNs; osservazione ToO di Tidal disruption event .
Co-Leadership: Gravitation Wave events counterpart per la parte di imaging follow-up; Survey del cielo soft-gamma, catalogo INTEGRAL; Osservazioni NuSTAR/INTEGRAL
Partner: Monitoring del Galactic Centre e Buldge; Cross-Calibrazioni di Missioni in banda X e Gamma
L' IAPS e l'IFCAI sono tuttora **partners** nelle operazioni in volo e collaborano attivamente con ESAC e ESOC. Il P.I. di IBIS è **membro** dell' Integral User Group per ciò che riguarda: mantenimento della Missione e ritorno scientifico, assicurare le calibrazioni, mantenere i contatti con la comunità "at large", monitorare le attività ad ISOC e ISDC per la comunità, partecipare alle principali revisioni del programma, assicurare il supporto dei gruppi responsabili del buon andamento della Missione., collaborazioni internazionali, MoU.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

L'Alenia Aerospazio è stata l'Industria responsabile, per conto di ESA, della progettazione, realizzazione e integrazione dello Spacecraft, il primo realizzato dall'Italia. Ha anche effettuato i tests meccanici, termici e vibrazionali e la Calibrazioni del Payload sotto la guida di ESA e dei PIs degli strumenti di bordo. La Laben S.P.A. è stata l'industria che ha realizzato, sotto la guida del P.I. e del co-P.I, una frazione cospicua di IBIS. Infatti, ha partecipato al disegno e alla realizzazione del secondo strato di rivelazione, PiCsIt, al sistema di Anticoincidenza (Veto), di collimazione e di calibrazione oltre a integrare l'insieme dei sotto-sistemi.
PiCsIt, costituito da 4096 pixel di Iodurio di Cesio (CsI) che catturano i raggi Gamma di più alta energia; il Veto consta di 8 moduli laterali e 8 moduli inferiori di BGO, Bismuto di Germanio, che circondando i due strati di rivelazione fornendo l'anticoincidenza attiva per la riduzione del fondo. Il sistema di collimazione consta di uno schermo passivo laterale che limita l'angolo solido (e quindi il fondo cosmico Gamma) di 3 parti diverse: hopper, tube and schermi laterali della maschera codificata. Il sistema di calibrazione è costituito da una sorgente di ^{22}Na con la sua elettronica posizionata al di sopra dei rivelatori.

A cura di: Pietro Ubertini e Angela Bazzano, entrambi allo INAF-IAPS, Roma

Missione: NuSTAR

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.

La missione **NuSTAR** è un Explorer NASA, lanciato nel 2012, concepito per studiare l'universo nei raggi X di alta energia, utilizzando per la prima volta ottiche focalizzanti nella banda 10-100 keV.

In questa maniera **NuSTAR** è circa cento volte più sensibile rispetto a ogni altra missione precedente e complementa altre missioni come, XMM, Chandra, INTEGRAL e Swift nell'esplorazione dell'universo energetico.

I suoi obiettivi primari includono: il censo di buchi neri e oggetti stellari compatti su diverse scale, lo studio di getti relativistici negli AGN, la mappatura di materia radiattiva nei resti di Supernova allo scopo di capire i meccanismi di esplosione e nucleosintesi. Lavora in efficiente sinergia con le altre missioni X ma anche con il satellite Spitzer e il Telescopio Spaziale Hubble.

Tra I principali risultati raggiunti finora dalla missione vi sono: la risoluzione di un terzo del background cosmico nei raggi X in singoli nuclei galattici attivi; misura della rotazione dei buchi neri supermassicci; caratterizzazione e localizzazione di corona calda di elettroni e base del getto, responsabili del grande rilascio di energia radiativa e meccanica da parte degli nuclei attivi; caratterizzazione di oggetti compatti galattici.

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

Il contributo italiano consiste nella fornitura della stazione base a Malindi (di proprietà ASI) per le comunicazioni col satellite. Lo Sviluppo di software per la riduzione dati. La partecipazione alle operazioni di calibrazione dello strumento e alla caratterizzazione del fondo strumentale/cosmico (con contributo INAF). Inclusioni di un gruppo di ricercatori italiani (ASI/INAF) nello science team di **NuSTAR**.

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

Partecipazione allo Science Team di **NuSTAR**

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Supporto ingegneristico allo sviluppo di software all'ASI Science data Center (ASDC, ora Space Center Data Center, SSDC) e gestione della stazione di Malindi dell'ASI, che è usata da **NuSTAR** come stazione di Terra.

A cura di: Fabrizio Fiore INAF-OARoma, Roma

Missione: Swift

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.

Swift è una missione della classe MIDEX-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, dalle supernovae, distruzioni mareali, nuclei galattici attivi, binarie X, magnetar, novae, flare stellari, comete, esopianeti e altro ancora.

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.

Swift è stato lanciato nel Novembre 2004 e sta ancora funzionando superbamente con un limite di vita dovuto al momento solo al decadimento dell'orbita, cioè oltre il 2025. Dal punto di vista scientifico **Swift** continua a essere una fucina di nuove scoperte (10 press release nel solo 2016). 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 (più di 350 nel solo 2015), così come il numero di citazioni (più di 80.000 fino al 2015). L'elevata qualità dei risultati di **Swift** è immediatamente certificata anche dai 70 e più lavori su riviste internazionali di grande prestigio (ed impact factor) quali Nature e Science (unico fra i tutti satelliti scientifici) e dal suo classificarsi primo a più riprese tra le missioni valutate dalla NASA nel processo della senior review.

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. 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.

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

In data 25 luglio 2003 è stato firmato un Memorandum of Understanding (MoU) tra ASI e NASA per la cooperazione su **Swift** fino al completamento delle attività in orbita previste durare 2 anni. Tale MoU è stato rinnovato più volte, ora con validità fino al 31 dicembre 2020 e definisce le reciproche responsabilità nell'ambito della missione, per le quali ASI, tramite l'Osservatorio Astronomico di Brera-Merate, 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

Coordinatori: Roberto Della Ceca, Marco Santoro e Andrea Argan

inoltre fornisce il software di analisi dati per lo strumento XRT, la base di Malindi come stazione primaria di terra ed il centro ASI Science Data Center (ASDC, ora Space Science Data Center, SSDC) come centro italiano per la ricezione, analisi, distribuzione e archiviazione dei dati della missione.

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

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**.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Al momento il coinvolgimento industriale italiano è solo attraverso la gestione della stazione di Malindi dell'ASI, che è usata da **Swift** come stazione di terra.

A cura di: Gianpiero Tagliaferri, INAF-OABrera, Milano

Missione: XMM-Newton

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.

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. La missione, tuttora pienamente funzionante, continuerà almeno fino alla fine del 2018. 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).

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 17 anni dal lancio la richiesta di tempo osservativo è ancora molto elevata: in seguito all’AO più recente, dello scorso anno, sono pervenute ad ESA 442 proposte di osservazione, che richiedevano un tempo osservativo di 91 Ms a fronte di 14,5 Ms di tempo disponibile. Il fattore di *oversubscription* pari a 6,3 conferma che la missione è ancora pienamente rispondente alle esigenze della comunità scientifica.

Fino ad ora quasi 5000 articoli basati su dati **XMM** sono stati pubblicati su riviste con referee. 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 e alla comprensione dei processi di emissione termici e non termici in tale banda di energia.

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

Il contributo delle strutture INAF a questa missione è stato molto significativo fin dall’inizio ed è tuttora elevato.

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 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 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.

OABrera è inoltre membro del **XMM-Newton** Survey Science Center (XMM-SSC), un consorzio di 10 istituti europei istituito dall’ESA per a) aiutare il XMM SOC nello sviluppo del software per l’analisi dati di XMM-Newton; b) preparare il materiale da distribuire ai PI delle osservazioni di XMM e c) massimizzare il ritorno scientifico del contenuto “serendipito” delle osservazioni pubbliche di XMM. In tale contesto la XMM SSC assembla l’XMM source catalog, arrivato sinora alla sua terza versione.

c.	Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, etc..)
<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>All'interno del Consorzio sono stati membri della componente italiana il Program Manager del progetto e, fino al 1997, anche il Principal Investigator.</p>	

d.	Coinvolgimento industriale italiano (se presente)
<p>Due industrie italiane hanno avuto un ruolo fondamentale nella realizzazione della missione XMM:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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-IASF, Milano

Missione: BepiColombo

Area: Fisica del Sistema Solare; **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.

La missione ESA **BepiColombo** segue le due missioni NASA al pianeta Mercurio (la prima di approccio, con alcuni fly-by, Mariner10 negli anni '70, cui è seguita Messenger, in orbita polare ellittica intorno al pianeta dal 2011 al 2015) e permetterà di estendere le conoscenze geologiche, geofisiche e di "planetary space weather" del pianeta e dell'ambiente circumplanetario raggiunte in precedenza. La suite di strumenti a bordo di **BepiColombo** è più completa ed è stata sviluppata per raggiungere prestazioni migliori rispetto alle missioni precedenti. La Missione porterà in orbita due satelliti: uno europeo (ESA, MPO) in orbita quasi circolare a bassa quota (circa 400-1500 km) per lo studio del pianeta e dell'ambiente circostante, ed uno giapponese (JAXA, MMO), in orbita fortemente ellittica (circa 400-15000 km) per lo studio della magnetosfera. L'orbita prevista per la sonda MPO permetterà una migliore copertura del pianeta, in particolare del suo emisfero meridionale, oltre a misure mai effettuate in precedenza dell'esosfera e dell'interno.

Le due sonde raggiungeranno insieme Mercurio grazie ad un modulo di propulsione elettrica comune, per poi raggiungere due diverse orbite intorno al pianeta.

Il lancio è attualmente previsto per ottobre 2018, con la possibilità di rinvio all'aprile 2019, con arrivo in ogni caso nel dicembre 2025. La fase operativa sarà di un anno, con una estensione possibile di un ulteriore anno, portando il previsto termine della missione ad inizio 2028.

**b. Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. hardware, software, 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: F. Santoli, INAF-IAPS, Roma), è un accelerometro ad alta sensibilità, con responsabilità scientifica INAF-IAPS, che unitamente all'esperimento di radioscienza darà un contributo fondamentale agli studi geofisici e di fisica fondamentale. L'esperimento è realizzato da TAS-1 con importante contributo IAPS.

- MORE (Mercury Orbiter Radio-science Experiment; PI: L. Iess, Uni. La Sapienza, Roma) è l'esperimento di radioscienza basato sul trasponditore di bordo in banda Ka (KaT), che permetterà, attraverso la misura molto accurata della posizione e della accelerazione della sonda, di ottenere i parametri del campo gravitazionale del pianeta e quindi di sondarne la struttura interna. La responsabilità scientifica è dell'Università di Roma Sapienza, con il supporto di NASA-JPL.

- SERENA (Search for Exospheric Refilling and Emitted Natural Abundances; PI: S. Orsini, INAF-IAPS, Roma), è una suite di strumenti internazionale a responsabilità scientifica INAF-IAPS per lo studio dell'ambiente particellare nello spazio circostante il pianeta mediante quattro unità ed un computer di bordo (SCU, realizz. CGS & AMDL): due sono analizzatori di particelle neutre: ELENA, realizzato quasi interamente in Italia (CGS e AMDL, con importante contributo di IAPS, unitamente a CNR-ISC, CNR-IFN e IRAP di Tolosa, Francia) e STROFIO, realizzato con fondi NASA dalla South-West Research Institute, TX, USA, e due 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) è un sistema integrato di osservazione geomorfologica e composizionale della superficie, costituito da due camere (HRIC - che fornisce immagini ad alta risoluzione spaziale - e STC - per immagini stereo e modelli digitali del terreno a media risoluzione) e uno spettrometro (VIHI - che copre l'intervallo visibile - vicino infrarosso). Lo strumento costituisce in pratica l'integrazione di tre diversi strumenti (come tali sono stati considerati in analoghe missioni planetarie) a guida INAF, essendo il PI del sistema presso INAF-OAPd e i responsabili dei 3 canali presso INAF-IAPS, con contributi da altre Università (in particolare, Parthenope e Padova).

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

Essendo una missione ESA, con un forte contributo giapponese (JAXA) e una partecipazione scientifica USA (NASA), la missione **BepiColombo** è naturalmente terreno di sviluppo di forti collaborazioni internazionali. In questo ambito, la forte posizione italiana, con la guida di 4 esperimenti su 11, permette di affermare che la missione è, dal punto di vista scientifico, a leadership italiana, con un importante ruolo da parte dell'industria italiana.

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-strumento. Essi saranno in grado di fornire una molteplicità di dati che costituiranno un punto di riferimento per gli altri strumenti a bordo, sia in riferimento alla superficie che all'ambiente circum-planetario.

La comunità scientifica italiana è anche coinvolta in altri strumenti a bordo di **BepiColombo**, in particolare PHEBUS (spettrometro UV per la superficie e l'atmosfera), MIXS (spettrometro X per la misura di abbondanze elementari 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 nel consorzio scientifico.

d.	Coinvolgimento industriale italiano
-----------	--

Thales-Alenia Italia (TAS-I) partecipa al consorzio industriale a guida Airbus per la realizzazione della missione ed è attualmente impegnata nelle attività di test e verifica del satellite integrato, presso le camere bianche di ESA-ESTEC.

Altre industrie sono coinvolte nella realizzazione degli strumenti.

Leonardo Company (sede di Firenze; denominazione precedente Selex Galileo) ha realizzato i modelli ingegneristici e l'H/W da volo dello strumento SIMBIO-SYS, agendo da *prime* industriale, con il contributo dello IAS-Orsay che ha fornito l'elettronica principale.

TAS-I ha interamente realizzato gli strumenti ISA e MORE.

SERENA è stato realizzato da Compagnia Generale dello Spazio (CGS) e AMDL.

A cura di: Pasquale Palumbo (Uni. Parthenope, Napoli e INAF-IAPS, Roma) e Stefano Orsini (INAF-IAPS, Roma)

Missioni: CSES - Limadou

Area: Fisica del Sistema Solare (Osservazione della Terra); **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.

CSES (China Seismo-Electromagnetic Satellite) è una missione scientifica volta ad analizzare studiare fenomeni elettromagnetici di origine naturale e antropica, anomalie nelle fasce di Van Allen collegate all'attività sismica ed, in generale, i meccanismi di accoppiamento tra magnetosfera-ionosfera-litosfera.

Scopo della missione **CSES** è quello di cercare possibili correlazioni spazio temporali che colleghino le variazioni di osservabili fisici, tipicamente osservabili dallo spazio, all'avvento di terremoti di grande intensità, nonché di studiare i meccanismi alla base di queste correlazioni. Lo studio dallo spazio dei fenomeni sismici e dei processi fisici ad essi correlati richiedono l'impiego di sensori in grado di misurare le proprietà del mezzo ionosferico e magnetosferico.

Studi presenti in letteratura suggeriscono che, nella fase che precede un terremoto (la cosiddetta fase di preparazione del terremoto o periodo pre-sismico), la tensione e l'energia di deformazione della crosta terrestre si accumulano creando delle fratture a diverse scale dimensionali, dal microscopico al macroscopico. Questo effetto è stato generalmente considerato dai geofisici come una delle fonti principali dei fenomeni sismo-associati o precursori del terremoto: si tratta cioè di segnali di vario tipo che accompagnano le deformazioni della roccia.

I precursori sismici sono quindi fenomeni legati a cambiamenti delle condizioni fisiche nell'area vicina (sia a terra, che nell'atmosfera o nello spazio) al punto focale del fenomeno tellurico. Se sarà possibile identificarli e studiarne le proprietà, si spera di poterli in futuro adoperare per segnalare l'imminente verificarsi di un evento sismico.

I precursori sismici individuabili sulla superficie della Terra prevedono non solo deformazioni meccaniche a livello locale (sollecitazione da inclinazione e attrito), ma anche altri fenomeni come le cosiddette emissioni sismo-elettromagnetiche (Seismo-electromagnetic-emissions, SEM), rappresentate da campi elettromagnetici ULF (Ultra Low Frequency) e VLF (Very Low Frequency) a banda larga (da DC a qualche centinaio di kHz), osservabili sia dalla superficie della Terra che dallo spazio in orbite Low-Earth-Orbit (LEO). Il lancio del primo satellite è previsto avvenire nel luglio 2017 per una vita operativa di 5 anni.

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

Il contributo italiano alla missione **CSES** riguarda:

- la realizzazione di un rivelatore di particelle energetiche denominato High Energetic Particle Detector (HEPD);
- la fornitura di supporto di esperti (scienziati ed ingegneri);
- l'accesso alle infrastrutture di test e la calibrazione degli strumenti Electric Field Detector (EFD), Langmuir Probes (Lp) e Plasma Analyser (PAP);
- la fornitura di Ground Support Equipment (GSE) per il Payload italiano e l'assistenza alla CNSA durante le attività di test e di integrazione.

L'accordo di collaborazione per la realizzazione dell'EFD prevede la calibrazione dei payload EFD, Langmuir Probe e Plasma Analyser Package in Italia, ed in particolare l'utilizzo per questi test della Camera al Plasma dell'Istituto IAPS dell'INAF.

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

Nel settembre 2013 ASI ha firmato, unitamente alla China National Space Administration (CNSA), un protocollo d'intesa (*Memorandum of understanding between the Agenzia Spaziale Italiana and the China National Space Administration concerning cooperation on the China Seismo-electromagnetic satellite*) per stabilire la partecipazione italiana alla missione cinese **CSES**.

Programma di ricerca scientifica in cooperazione con la Cina, come previsto dal MOU, con CEA (capofila cinese), NSSC, DFH, LIP.

Cooperazione nazionale con INFN (capofila italiana, sedi LNF - Tor Vergata - Bologna - Napoli - Perugia), Università Tor Vergata, INGV, Università di Trento, Università Telematica Uninettuno, IFAC/CNR.

A cura di: Pietro Ubertini (INAF-IAPS, Roma) e Piero Diego (INAF-IAPS, Roma)

Programma ExoMars: ExoMars2016 e ExoMars2020

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

Il programma **ExoMars** dell'ESA ha lo scopo di studiare l'ambiente marziano, di stabilire se la vita su Marte è mai esistita e di dimostrare la fattibilità di nuove tecnologie per le missioni di Sample Return negli anni a venire.

Il programma prevede due missioni: la prima (**ExoMars2016**, lanciata nel 2016) consiste in un orbiter (Trace Gas Orbiter) e un modulo dimostrativo di atterraggio (EDM, chiamato Schiaparelli); la seconda, con lancio previsto nel 2020 (**ExoMars2020**), costituita da un rover con mobilità orizzontale e verticale e da una piattaforma di superficie. Ambedue le missioni sono in cooperazione con l'agenzia spaziale Russa, Roscosmos

Il programma si prefigge di dimostrare delle tecnologie abilitanti, quali:

- Atterraggio su Marte di un payload scientifico;
- Mobilità con un rover;
- Campionamento dal sottosuolo;
- Acquisizione, preparazione, distribuzione e analisi del campione.

Al contempo i principali obiettivi scientifici sono:

- Ricerca di indizi di vita (fossile o presente);
- Studio del ruolo dell'acqua e della geochimica associata;
- Studio dell'atmosfera (gas in traccia e sorgenti, interazione superficie-atmosfera);
- Ricerca di tracce di gas metano e altri gas importanti dal punto di vista biologico;
- Monitoraggio del clima a lungo termine;
- Identificazione e analisi delle possibili sorgenti di metano.

La missione **ExoMars2016** è stata lanciata nel Marzo 2016, ha raggiunto Marte otto mesi dopo ed è ora in fase operativa. In ottobre 2016 si è tentata la discesa del modulo Schiaparelli. Il modulo aveva lo scopo di validare alcune tecniche di ingresso in atmosfera, discesa ed atterraggio; l'esperimento non è andato a buon fine nell'ultima fase della discesa ma ha fornito tuttavia delle informazioni di primo piano su tutte le fasi della discesa, dati di importanza fondamentale per missioni future. Schiaparelli ospitava a bordo lo strumento DREAMS per lo studio dei parametri meteorologici e del campo elettrico atmosferico dalla superficie di Marte. Il TGO si è inserito correttamente in orbita marziana e a Novembre 2016 si è concluso, con successo, un primo test della strumentazione scientifica. Sono state ottenute le prime immagini della superficie di Marte e di Phobos, e i primi Digital Terrain Model. L'inizio ufficiale delle osservazioni scientifiche è previsto per Marzo 2018, quando TGO raggiungerà l'orbita nominale a 400 Km di altitudine; la missione nominale terminerà a Dicembre 2022.

La missione **ExoMars2020** è in fase realizzativa. Molti strumenti sono in fase finale di integrazione e consegna. Al momento non si evincono particolari criticità.

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

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. L'Italia è presente in ambedue le missioni contribuendo con hardware e team scientifico.

I principali contributi italiani alla missione **ExoMars2016** sono:

→ NOMAD su TGO, Co-PI: G. Bellucci, INAF-IAPS, Roma;

→ CaSSIS, su TGO, Co-PI: G. Cremonese, INAF-OAPd, Padova. Si tratta di una stereo camera con 4 filtri che fornirà immagini ad alta risoluzione, 4.5 m/px, a colori e i DTM di un elevato numero di target. Durante la missione nominale si prevede osserverà più di 30000 target. L'Italia ha la responsabilità di generare e di archiviare i DTM;

- DREAMS su Schiaparelli, PI: F. Esposito, INAF-OACapodimonte, Napoli;
- AMELIA su Schiaparelli, PI: F.Ferri- CISAS - Università di Padova, Padova.

Anche la missione **ExoMars2020** vede una forte presenza italiana. Il DRILL, elemento caratterizzante della missione, è sviluppato e costruito in Italia. La missione vede diversi scienziati coinvolti nei vari strumenti. Gli strumenti a responsabilità italiana sono:

- Ma_MISS, lo spettrometro incluso nel DRILL del Rover, PI: M.C. De Sanctis, INAF-IAPS, Roma;
- MicroMED, il sensore di polvere incluso nella suite Dust Complex sulla Surface Platform, PI: F. Esposito, INAF-IAPS, OACapodimonte, Napoli.

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

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 di tre strumenti e la CoPi-ship di altri due. Inoltre, molti ricercatori sono coinvolti in vari altri strumenti come, CLUPI, NOMAD, WISDOM.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

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 il compito di sviluppare, realizzare ed integrare la trivella che perforerà il terreno marziano nella missione 2020 e ha fornito il rivelatore e l'Elettronica di Prossimità di CaSSIS. Inoltre sia Thales che Leonardo sono coinvolte nella realizzazione di vari strumenti scientifici.

A cura di: Maria Cristina De Sanctis (INAF-IAPS, Roma), Francesca Esposito (INAF-OACapodimonte, Napoli), Giancarlo Bellucci (INAF-IAPS, Roma) e Gabriele Cremonese (INAF-OAPd, Padova).

Missione: JUICE

Area: Fisica del Sistema Solare; **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.

La missione **JUICE** (JUper 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, esplorato 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 *deep habitat*. 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.

Il payload scientifico presente a bordo della missione **JUICE** 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 entro il 2020 e 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 lo permettano.

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 sostanziale, in quanto ben 4 strumenti su 10 sono a PI-ship o co-PI-ship italiana, con un contributo dell'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 & Geophysics of Jupiter and Galilean Moons; PI: L. Iess, Uni. La 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.

c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, 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. 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 ed altri sottosistemi di **JUICE**.

A cura di: Giuseppe Piccioni, INAF-IAPS, Roma

Missione: PROBA-3/ASPIICS

Area: Fisica del Sistema Solare: 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.

PROBA-3 è la prima missione dimostrativa dell'ESA delle tecnologie per la formazione in volo di satelliti ("formation flight"). Il suo "payload" scientifico è un coronografo solare: ASPIICS. La missione è parte della serie **PROBA**, sviluppate dal "Directorate of Technology" dell'ESA, e con due anni di vita operativa dopo il lancio previsto per il 2019.

Dopo il lancio, due satelliti in un'orbita terrestre molto ellittica, 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 occluderà il Sole creando un'eclisse artificiale sul secondo satellite a 150 m di distanza e con a bordo ASPIICS. Questo permetterà al coronografo l'osservazione della corona solare ad ogni orbita 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 dalle brevi eclissi naturali.

I due maggiori obiettivi scientifici sono:

- i) la comprensione dei meccanismi fisici che governano l'accelerazione del vento solare veloce (> 800 km/s) dalle regioni polari e del vento lento da quelle equatoriali;
- ii) in che modo si evolve la corona e come genera le enormi espulsioni di massa coronale caratteristiche dell'attività solare.

Per raggiungere questi obiettivi, ASPIICS acquisirà immagini ad alta risoluzione spaziale (< 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+13) e dell'elio neutro in corona. Lo sviluppo di ASPIICS è attualmente nella fase progettazione avanzata e realizzazione dei modelli ingegneristici (Fase C). La consegna dello strumento è prevista nel 2018 e il lancio di **PROBA-3** nel 2019.

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

L'INAF-Osservatorio Astrofisico di Torino è il capofila del contributo italiano per ASPIICS. Questo consiste nella realizzazione: i) del sistema di sensori e di algoritmi per la metrologia in "tempo reale" della formazione di volo; ii) dei filtri ad alta risoluzione spettrale (Fe XIV, 530.4 nm; 587.7 nm, He I D3 line) e iii) nello studio numerico e sperimentale della diffrazione dall'occludatore che fa da schermo al coronografo ASPIICS per minimizzarne gli effetti di disturbo del segnale coronale.

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

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-Brera e 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. Nell'ambito del progetto ASPIICS, OA-Torino e gli altri osservatori INAF del consorzio **PROBA-3** collaborano in particolare con il Royal Observatory of Belgium (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).

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

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 *Optical Payload Systems (OPSys) facility* dell'INAF. Nella INAF OPSys facility verranno eseguiti i test sperimentali sulla diffrazione dello schermo occultatore di PROBA-3 e le calibrazioni del livello di *stray-light* strumentale del coronografo.

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

Missione: Solar Orbiter

Area: Fisica del Sistema Solare; **Fase:** D (Integrazione completata; tests ambientali e funzionali; calibrazioni):

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.

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 dal Sole finora mai raggiunte: 0.3 A.U. Nel 2009 sono stati selezionati gli strumenti del carico scientifico del **Solar Orbiter**. Tra questi, INAF col supporto di ASI svilupperà Metis, con contributi da Germania e Repubblica Ceca, e la Data Processing Unit (DPU) di SWA (Solar Wind Analyzer). Metis è un telescopio coronografico finalizzato all'osservazione della corona nella luce visibile polarizzata, e nell'ultravioletto. (UV). Metis otterrà immagini coronali monocromatiche nella riga spettrale UV Lyman- α 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 analizzerà le principali componenti del plasma nelle regioni circumsolari.

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 occasionalmente osserva l'iniziale propagazione di gigantesche eruzioni coronali.

Le questioni scientifiche affrontate da METIS, e SWA sono:

- Come si deposita l'energia nelle regioni polari dov'è generato e accelerato il vento solare veloce?
- Quali sono le sorgenti del vento solare lento a latitudini più basse?
- In che modo si evolve la corona e come genera le enormi espulsioni di massa coronale caratteristiche dell'attività solare?

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.

Metis e SWA sono attualmente nella fase finale di realizzazione ed integrazione (Fase D). La consegna di Metis all'ESA è prevista per aprile e SWA per maggio del corrente anno, in preparazione per il lancio di Solar Orbiter nel 2019.

La DPU gestisce i 4 sensori della "suite" di SWA per l'analisi del plasma eliosferico. SWA misurerà la distribuzione di velocità di protoni, elio, elettroni e ioni minori del vento solare.

La comunità scientifica italiana fornirà anche un importante contributo nell'elaborazione delle tecniche di ricostruzione di immagini per lo strumento STIX dedicato all'acquisizione di immagini della corona solare nei raggi X.

b.	Principale/i contributo/i Italiano/i alla missione (e.g. hardware, software, etc..) . Principale/i contributo/i INAF
<p>INAF-OATo ha la PI-ship (Ester Antonucci) dello strumento Metis. L'Italia è responsabile dello sviluppo dell'intero strumento Metis finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana e realizzato da un consorzio industriale composto da CGS e Thales-Alenia Space.</p> <p>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.</p> <p>INAF-IAPS ha la CoPI-ship (Roberto Bruno) di SWA ed è responsabile per DPU, s/w di bordo ed EGSE.</p>	

c.	Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)
<p>INAF-OATo ha la PI-ship (Ester Antonucci) dello strumento Metis, e guida 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 e hanno collaborato con l'industria italiana alla sua integrazione e collauda, e che saranno responsabili delle operazioni scientifiche.</p> <p>Le collaborazioni internazionali includono il <i>Max Planck Institut für Sonnensystemforschung</i> (MPS), <i>l'Istituto National de Tecnica 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. La collaborazione internazionale è 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>	

d.	Coinvolgimento industriale italiano (se presente)
<p>Metis è sviluppato da un consorzio (Associazione Temporanea d'Impresa) di industrie italiane: la Compagnia Generale Spazio (C.G.S.) e Thales-Alenia Space. Inoltre, Altec che ospita la <i>Optical Payload Systems (OPSys) facility</i> dell'INAF-OATo, è coinvolta nelle fasi di integrazione e calibrazione di Metis.</p> <p>La DPU di SWA è 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-OATo, Torino

Missione: Athena

Area: Astrofisica e Cosmologia (Alte Energie); **Fase:** Studio e 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.

Obiettivi Scientifici. 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 realizzare tali obiettivi scientifici. Per fornire delle risposte la missione prevederà due strumenti: X-IFU e WFI sul fuoco di un ottica per raggi X; lo XIFU 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, recentemente pubblicata in Nature sul cluster di galassie in Perseo, sono strepitosi e confermano le potenzialità di questa tecnica osservativa. Con **Athena** lo strumento XIFU, il primo X-ray Integral Field Unit, basato sulla nuova generazione di microcalorimetri a transizione di fase superconduttiva (TES) con 2.5 eV di risoluzione spettrale, coniugato alla grande ottica per raggi X con un’area di 2 metri quadri, garantirà un salto quantico, con un fattore >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 XIFU si affiancherà uno strumento di campo largo (WFI – Wide Field Imager), 40’ di diametro, 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 a large uno osservatorio con prestazioni uniche, affiancandosi alle grandi infrastrutture osservative del futuro, come SKA, ELT, CTA, etc.

Programmatica. Attualmente **Athena** è in piena fase A, 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 di un TRL=5 alla fine della fase A (fine 2017/inizio 2018). Adoption nel 2020 e lancio 2028. 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).

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

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 trasformazionale 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 leadership dei seguenti items:

a) il controllo e la riduzione del background di strumento, la cui parte attiva è un rivelatore criogenico

Coordinatori: Roberto Della Ceca, Marco Santoro e Andrea Argan

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, 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 2 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.

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

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 (Universita 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. 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, IFN-RM. Rappresentanti italiani sono presenti in tutti i boards programmatici e working groups tematici, a partire dallo Athena Science Study Team nominato da ESA (1/10), 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.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Il ruolo delle industrie italiane in diversi settori è fortemente presente con prospettive di ritorno industriale elevatissimo. Thales Alenia Space è uno dei prime ESA e la componente italiana (Torino/Milano) sta in particolare seguendo lo studio di allocazione degli strumenti e delle ottiche. Thales Alenia Space (Milano) è coinvolta da molti anni nello sviluppo della elettronica fredda per i microcalorimetri e lo studio architetture della elettronica e supporto alla ICU, CGS e FBK seguono un contratto per sottosistemi per elettronica fredda e integrazione microcalorimetro XIFU,, Medialario è coinvolta in diversi contratti ESA per le ottiche.

A cura di: Luigi Piro, INAF-IAPS, Roma

Missione: CHEOPS

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.

La ricerca di pianeti extrasolari e la loro caratterizzazione è uno degli argomenti di punta dell'astrofisica moderna. Nell'ambito del suo Programma Scientifico l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ha avviato nel 2004 il processo di selezione delle missioni dedicate all'osservazione dell'Universo da lanciare nel periodo 2015-2025, denominato "Cosmic Vision 2015-2025". La missione **CHEOPS** (CHaracterizing ExOPlanets Satellite) è stata selezionata dall'ESA nell'autunno del 2012 come prima missione di classe S (Small Mission) nell'ambito della Cosmic Vision 2015-2025. Il lancio è previsto nel 2018, la fase operativa è pianificata essere 3.5 anni.

CHEOPS sarà la prima missione dedicata al follow up di pianeti di massa inferiore a quella di Nettuno mediante fotometria di altissima precisione. Essendo in grado di puntare verso quasi qualsiasi punto del cielo, avrà la capacità unica di determinare con estrema accuratezza la dimensione per un sottoinsieme di pianeti per i quali la massa è già stata stimata con misure spettroscopiche da terra, nell'intervallo di massa da una super-Terra alla massa di Nettuno. La combinazione di massa accurata e raggio fornisce una misura della densità del pianeta, e con esso intuizioni sulla composizione, sulla struttura e sui processi di formazione ed evoluzione del sistema planetario stesso.

CHEOPS individuerà anche i candidati principali per strumenti adatti alla caratterizzazione spettroscopica di atmosfere esoplanetarie.

Il programma scientifico GTO è strutturato in sei diverse categorie scientifiche descritte di seguito.

- *TransitFind.* Questa categoria include i programmi che mirano a concentrarsi sulla ricerca di transiti in sistemi planetari noti che sono stati scoperti da altre tecniche, in particolare attraverso le survey di velocità radiale. Il monitoraggio di questi sistemi noti con **CHEOPS** intorno ai tempi di transito previsti dei loro pianeti offre un modo semplice per ottenere sia di massa e raggio per un campione di super-Terra e Nettuniani attorno a stelle vicine.
- *MR.improve.* Questo programma si propone di migliorare la determinazione del rapporto di massa-raggio per esopianeti di piccola massa (sub-Saturn), e di mettere queste misure in relazione ai modelli di formazione ed evoluzione planetaria.
- *Atmo.Characterize.* L'obiettivo di questo tipo di programma è misurare la curva di fase e le eclissi secondarie di pianeti in transito per raccogliere informazioni sulla loro atmosfera.
- *Feature.Characterize.* L'obiettivo di questo programma è determinare il Love number o fattori mareali di pianeti extrasolari (che ci forniscono informazioni sulla loro struttura) e la ricerca di eventuali exo-lune e anelli per l'analisi precisa delle curve di luce di transito.
- *Explore.* L'obiettivo di questo programma è individuare nuovi sistemi multi-planetari, esplorare l'architettura di piccoli pianeti in orbite con periodo relativamente lungo tramite lo studio delle variazioni dei tempi di transito (TTV) e studiare la presenza di dust clumps nei dischi debris visti edge-on di stelle giovani.
- *Other.* Questa categoria comprende programmi con obiettivi diversi: monitoraggio fotometrico di stelle e oggetti del sistema solare peculiari, rilevanti per il campo degli esopianeti.

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

Principale contributo italiano al payload di **CHEOPS** è la fornitura del telescopio. Inoltre in Italia sarà ospitato mirror del sito web che contiene l'archivio dei dati scientifici (presso l'ASI Science Data Center, ora Space Science Data Center, SSDC). INAF (OAPd e OACt) ha progettato l'ottica del telescopio, ovvero i due specchi principale e secondario e l'ottica di piano focale, e ha costruito un modello di sviluppo (Demonstration Model) dedicato allo studio delle procedure di integrazione e di verifica delle

prestazioni. INAF è anche responsabile dell'analisi della in collaborazione con lo Science Team. Il team italiano ha contribuito/contribuisce: *i)* alle attività scientifiche necessarie a definire i requisiti scientifici e alla loro trasposizione in requisiti tecnici; *ii)* a verificare le performance strumentali, in particolare modellando la luce diffusa nel telescopio, e le prestazioni ottiche dello stesso; *iii)* a preparare l'analisi dei dati, e *iv)* a definire il programma *Guarantee Time Observations* (GTO) della missione, che utilizzerà l'80% del tempo dedicato alle osservazioni scientifiche.

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

CHEOPS è un programma congiunto ESA-Svizzera, con il contributo importante dell'Italia e di altri stati membri dell'Agenzia Spaziale Europea, che hanno proposto la missione e poi costituito il Consorzio **CHEOPS** (CMC). La partecipazione italiana all'interno del CMC è guidata dall'Osservatorio Astrofisico di Catania dell'INAF e vede coinvolti INAF-OAPd e Università di Padova. Gli altri paesi e istituti coinvolti sono: Austria: Institut für Weltraumforschung, Graz; Belgio: University of Liège e Centre Spatial de Liège; Francia: Laboratoire d'astrophysique de Marseille e Institut d'astrophysique de Paris; Germania: DLR Institute of Planetary Research; Portogallo: Deimos e Centro de Astrofisica da Universidade do Porto; Spagna: The Instituto de Astrofísica de Canarias e Institute for Space Sciences; Svezia: Lund Observatory e Stockholm University; Svizzera: Universität Bern e Observatory of the University of Geneva; UK: University of Warwick e University of Cambridge; Ungheria: Admatis e Konkoly Observatory.

Secondo contributore al consorzio tra i paesi partners della missione, l'Italia è rappresentata nei comitati di alto livello che coordinano la missione da:

- Isabella Pagano (INAF-OACt), Roberto Ragazzoni (INAF-OAPd), membri del **CHEOPS** Mission Board
- Valerio Nascimbeni (UNIPd), Giampaolo Piotto (UNIPd), Gaetano Scandariato (INAF-OACt), membri dello Science Team;
- Davide Gandolfi (UNITo), membro dello Science Team in rappresentanza dell'ESA.
- Elisabetta Tommasi (ASI), membro dello Steering Committee.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Leonardo SpA (Firenze) è Prime Contractor per la realizzazione delle ottiche del telescopio di **CHEOPS** e per l'integrazione del Telescopio stesso. Sono subcontractors TAS (Torino) responsabili per analisi termomeccaniche relative al telescopio e Medialario (PMI) per la realizzazione della superficie asferica dello specchio principale.

A cura di: Isabella Pagano, INAF-OACatania, Catania.

Missione: Euclid

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.

Euclid è la seconda missione su satellite di classe media del programma Cosmic Vision 2015-2025 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). E' stata approvata nel 2012 tra oltre 50 candidati. Il suo obiettivo scientifico primario è indagare il mistero dell'esistenza e della natura dell'energia e della materia oscura, che costituirebbero il 96% dell'Universo. Sono necessarie queste nuove osservazioni per rispondere alle maggiori domande scientifiche, oggi ancora senza risposta, sul nostro Universo. La missione è stata pensata per misurare accuratamente la storia dell'espansione dell'Universo e la crescita delle strutture cosmiche, attraverso una mappatura 3D (nello spazio e in funzione del tempo) del cielo. **Euclid** registrerà la posizione e la forma di miliardi di galassie sulla quasi totalità del cielo, permettendo, attraverso ciò, anche di verificare la teoria della Relatività Generale di Einstein su scale di miliardi di anni-luce.

Euclid creerà la mappa più grande e completa dell'Universo intorno a noi, tracciando simultaneamente la distribuzione delle sue due componenti, quella visibile e quella oscura, su più di un terzo del cielo e fino ad epoche in cui l'Universo era più giovane di 3 miliardi di anni. Le proprietà statistiche di queste distribuzioni permetteranno di individuare dei limiti per molte proprietà della materia oscura, incluso il contributo dovuto ai neutrini. **Euclid** è unico nella combinazione dei suoi due strumenti d'investigazione primari: lo studio del *clustering* (raggruppamento) di galassie e quello del *gravitational lensing* (effetto di lente gravitazionale): questi non solo permettono all'esperimento di raggiungere una precisione statistica senza precedenti, ma forniscono anche la possibilità, combinando i loro risultati, di eseguire un cross-check sugli effetti sistematici, che diventano dominanti a questi livelli di precisione. Conseguentemente, **Euclid** sarà in grado di rispondere alle seguenti domande chiave, oggi ancora senza risposta, circa la componente oscura dell'Universo.

Energia oscura dinamica: l'energia oscura è semplicemente una costante cosmologica, oppure è un campo che evolve dinamicamente con l'espansione dell'Universo?

Modifica della gravità: l'accelerazione apparente dell'Universo che si osserva nelle fasi recenti della sua vita è una manifestazione di problemi nella teoria della Relatività Generale su scale più grandi, oppure un fallimento di assunzioni cosmologiche del Modello Standard?

Materia oscura: cos'è la materia oscura? Qual è la massa del neutrino e qual è il numero di specie relativistiche nel nostro universo?

Euclid è costituito da un telescopio in Carburo di Silicio di 1.2m di diametro, al fuoco del quale sono posti due strumenti criogenici che condividono il grande campo di vista (0.5 gradi quadrati): VIS (Visual Instrument) e NISP (Near Infrared Spectro-Photometer). Il primo è una camera nel visibile, mentre il secondo permette osservazioni alternate fotometriche e spettroscopiche. VIS e NISP sono ottimizzati per utilizzare due diversi metodi di indagine: 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. Il satellite orbiterà intorno al punto L2 del sistema Terra-Sole, a 1,5 milioni di chilometri da noi e la sua vita operativa sarà di sei anni. Il lancio è previsto per il 2020.

Nel 2017 **Euclid** entra nella fase di costruzione degli strumenti di volo, che saranno consegnati a ESA entro il 2018.

b. Principali contributi Italiani alla missione

L'Italia (INAF) ha la responsabilità del coordinamento del Science Ground Segment, la complessa struttura che costituisce il segmento di terra della missione, distribuita fra le nazioni partecipanti, che avrà il compito di analizzare la gran mole di dati provenienti dal satellite e fornirà i prodotti finali pronti per lo sfruttamento scientifico. L'Italia fornisce ad ESA l'elettronica di controllo e di acquisizione dati dei due strumenti di **Euclid** (VIS e NISP) e il software di controllo a bordo, nonché un elemento opto-meccanico (Grism Wheel) per lo strumento NISP e il supporto dei test a terra, in collaborazione con INFN. Italiano è il coordinamento delle operazioni in volo (6.5 anni di durata) della missione e, in particolare, dello strumento NISP. Infine l'Italia è

responsabile di tre strutture (chiamate Organization Unit) dedicate alla creazione del software scientifico per sfruttare i dati della missione e di uno dei nove Science Data Center adibiti alla costruzione ed esecuzione dell'analisi dati (pipeline).

Principale contributo INAF

INAF coordina il contributo nazionale alla missione **Euclid** e contribuisce con oltre il 90% delle risorse di personale alle attività scientifiche e tecniche in Italia, anche attraverso gli associati, per un totale stimato di oltre 60 FTE/anno, distribuite tra personale staff e a contratto. Dieci strutture INAF contribuiscono formalmente su tutto il territorio nazionale, fornendo laboratori e servizi per le attività sperimentali e infrastrutture di calcolo per la riduzione dei dati e l'analisi scientifica.

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

Euclid è realizzato da un consorzio scientifico internazionale che comprende oltre 1350 persone, di oltre 120 istituzioni distribuite in 16 nazioni (dati 2016). L'Italia fornisce alla missione il secondo contributo, in termini economici e di personale, dopo quello francese. La comunità scientifica italiana riveste anche altri ruoli di primo piano nell'organigramma della missione: responsabilità cruciali nel Science Team dell'ESA e nel Board del consorzio, le posizioni di Mission Survey Scientist, Spectroscopy Scientist e di uno dei responsabili della stesura dei requirement scientifici (clustering) e i co-leader di molti dei gruppi di lavoro scientifico, di responsabile delle operazioni di volo degli strumenti, dei test a terra dell'elettronica, e la responsabilità di definire e organizzare parti cruciali della riduzione dati sia di imaging che spettroscopici.

d. Coinvolgimento industriale italiano

L'industria italiana è fortemente coinvolta sia nella realizzazione degli strumenti di bordo, attraverso il finanziamento ASI, sia nel satellite **Euclid**, finanziato da ESA. OHB-Italia di Milano realizza le unità di elettronica di bordo per VIS e NISP, attività del valore di diverse decine di milioni di Euro. Thales AleniaSpace di Torino è *prime contractor* del satellite, di cui curerà l'integrazione e i test finali in vista del lancio dallo spazioporto europeo di Kourou, nella Guiana Francese. Il valore di questo contratto è di diverse centinaia di milioni di Euro.

A cura di: Luca Valenziano, INAF-IASF (Bologna) a nome del team italiano in Euclid.

Missione: IXPE

Area: Astrofisica e Cosmologia (Alte Energie); **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.
-----------	---

IXPE 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 ed, 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. 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 inizierà ai primi di luglio 2017. Mentre la fase C/D di missione inizierà a Marzo 2018 e si concluderà con il volo a Novembre 2020, la fase C/D di payload, che riguarda lo sviluppo degli items di cui è responsabile l'Italia, è invece anticipata per una conclusione a novembre 2018 con la calibrazione del modello spare. La consegna dello strumento al MSFC è per il 1 Luglio 2019.

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

Presso l' INAF c'è la PI-ship italiana mentre presso l' INFN c'è la co-PI-ship italiana. Il contributo italiano prevede la realizzazione e la calibrazione dei rivelatori sensibili alla posizione, i Gas Pixel Detectors. L'Italia inoltre provvederà alla realizzazione della elettronica di back-end che gestisce oltre al rivelatore, le filter wheels ed il Payload Computer. In Italia verranno integrati questi elementi in una Detector Unit. L'Università "Roma Tre" parteciperà alla definizione del piano osservativo e alla valutazione dei modelli teorici. Presso l' INAF verranno realizzate accurate calibrazioni di tutte le unità di rivelazione con l'equipaggiamento che è stato predisposta nel corso degli anni (da riadattare per ospitare i modelli di qualifica e di volo) e che produce radiazione monocromatica di polarizzazione nota. Inoltre l' INAF parteciperà 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.

c.	Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, 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 è la coPI-ship italiana (Ronaldo Bellazzini). Roma Tre è tra i

coordinatori del contributo alla teoria.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

L'industria italiana sarà 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 4, un modello ingegneristico, tre unità da volo (proto-flight) ed una unità spare. L'industria italiana sarà inoltre coinvolta nella realizzazione del Payload Computer per cui verrà realizzato un modello ingegneristico ed un modello proto-flight.

A cura di: Paolo Soffitta INAF-IAPS, Roma

Missione: 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 nell'ottobre del 2018 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 nei 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 (una dozzina di anni fa) 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). Ci si aspetta che molti ricercatori e associati INAF facciano domanda per tempo di osservazione JWST con programmi GO (General Observer) e forse anche con quelli di Early Release Science. 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-OABologna, Bologna

Progetto: LSPE (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 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 La 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 aggiuntivo 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.

Il volo di SWIPE è previsto nell'inverno 2018-2019 mentre l'inizio delle osservazioni di STRIP è al momento programmato per il primo trimestre del 2018, 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..) . Principale/i contributo/i INAF

LSPE è un progetto italiano, a guida nazionale. La missione, sia scientificamente che nei principali sistemi hardware, 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 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 La Sapienza, Milano Statale, Milano Bicocca, con contributi fondamentali da parte di altri enti di ricerca quali il CNR (IFAC, IEIIT) e dell'INFN. LSPE è un progetto dell'ASI, supportato da un contratto, cofinanziato da parte dei suddetti enti.

L'INAF è fortemente coinvolto nello sviluppo dello strumento a bassa frequenza STRIP in collaborazione con le Università di Milano Statale e Bicocca, l'IEIIT-CNR di Torino e l'Università di Trieste. Le due strutture INAF che partecipano al progetto, l'IASF Bologna (coordinatore: G. Morgante) e l'Osservatorio di Trieste (coordinatore: A. Zacchei), hanno la responsabilità dello strumento a livello ingegneristico e guidano un buon numero di pacchetti di lavoro. In particolare:

- *system engineering* dello strumento
- progettazione, realizzazione e test del criostato e di tutto il sistema criogenico
- progettazione, realizzazione e test del calibratore polarizzato
- *AIV management* a livello strumentale (integrazione e test a livello di sistema dello strumento)
- 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.

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

Pur essendo un progetto italiano, a guida nazionale, **LSPE** è basato su un'ampia collaborazione internazionale. La partecipazione estera è costituita principalmente da contributi strumentali (polarimetri, 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 (IAC)

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 però, come detto, principalmente realizzati in Italia, inclusi sistemi di grandi dimensioni e di punta come i criostati, l'elettronica o il software. Per questi sistemi, come per un certo numero di soluzioni tecnologiche, anche innovative, si sta chiedendo un importante contributo industriale ad una serie di piccole e medie imprese sparse sul territorio nazionale.

A cura di: Gianluca Morgante, INAF-IASFBo, Bologna

Missione: PLATO

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.

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, per esse si può determinare 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 una grande regione di cielo in modo da poter raccogliere la luce di un gran numero di stelle brillanti. Il suo disegno ottico è estremamente innovativo. La necessità di avere un grande campo di vista e 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 4510×4510 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 con 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 serie temporali della luminosità di oltre un milione di stelle più brillanti della magnitudine visuale 13. Circa ventimila di queste saranno stelle simili al Sole per le quali i dati raccolti 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 2025 dalla base di Kourou dell'ESA con un razzo Soyuz 2-1b. 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. Tre industrie europee sono state incaricate dall'Agenzia Spaziale Europea di studiare il progetto del satellite, la Airbus in UK, la Thales Alenia Space in Italia e la OHB in Germania. Una delle soluzioni proposte sarà selezionata a fine del 2017. **PLATO** otterrà un importante censimento dei sistemi esoplanetari vicini nella galassia, risultato che andrà a completare l'impresa di 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, per trovare mondi simili al nostro, dove eventualmente scoprire indizi dello sviluppo della vita.

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

Il payload della missione, costituito da un insieme di 26 telescopi, sarà realizzato da un consorzio di istituti europei selezionato da ESA, 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 dei dati. La partecipazione italiana all'interno del consorzio

Coordinatori: Roberto Della Ceca, Marco Santoro e Andrea Argan

riguarda la responsabilità della fornitura di: i) 26 Telescope Optical Units (TOUs); ii) l'Instrument Control Unit (ICU); iii) il **PLATO** Input Catalog (PIC), ovvero 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 Science Data Center (ASDC, ora Space Science Data Center, SSDC).

I telescopi di **PLATO** (Telescope Optical Units) sono stati progettati in Italia dai ricercatori dell'INAF di Padova, Catania e Milano, e sono rifrattori che impiegano 6 lenti, una delle quali asferica.

Il computer di bordo, l'Instrument Control Unit, è stato progettato da ricercatori dell'INAF di Firenze, Roma e della sede di La Palma presso il Telescopio Nazionale Galileo, sia per quanto riguarda l'architettura HW che SW.

Le attività per il **PLATO** Input Catalog (PIC) sono coordinate da UNIPd con la partecipazione di INAF, e di ASDC che ne cura l'implementazione nel **PLATO** Data Center di cui ASDC è parte.

INAF (OACT) gestisce inoltre la pagina web e l'account twitter del **PLATO** Mission Consortium.

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

Sono diverse centinaia gli scienziati europei che a diverso titolo collaborano alla preparazione della missione, coordinati in un consorzio (**PLATO Mission Consortium**, PMC) che ha la responsabilità di fornire all'ESA il Payload, la preparazione scientifica della missione, e il **PLATO** Data Center.

I Paesi membri del Board del Consorzio **PLATO** sono: Austria, Belgio, Brasile, Danimarca, Francia, Germania, Ungheria, Italia, Portogallo, Spagna, Svezia, Svizzera e UK.

Tra i principali contributori al consorzio, l'Italia è rappresentata nei comitati di alto livello che coordinano la missione da:

- Isabella Pagano (INAF-OACT), Giampaolo Piotto (UNIPd), membri del **PLATO Mission Board**
- Roberto Ragazzoni (INAF-OAPd) e Giampaolo Piotto (UNIPd), membri del **PLATO Study Science Team**.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Leonardo SpA (Firenze) è stata selezionata da ASI per lo studio di fase B/C1 relativo alla realizzazione dei *Telescope Optical Units*. Sono coinvolti nello studio dei TOU come sottocontrattori di Leonardo SPA, Thales Alenia Space (Torino) e la PMI Medialario (Lecco). Kayser Italia (Livorno) è stata selezionata da ASI per lo studio di fase B/C1 relativo alla realizzazione dell'*Instrument Control Unit*.

A cura di: Isabella Pagano, INAF-OACatania, Catania

Missione: VERITAS

Area: Fisica del Sistema Solare; **Fase:** Studio di Fase A

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'attività scientifica presso l'INAF-OATeramo è svolta nell'ambito della fase A della missione **VERITAS** (Venus Emissivity Radio Science InSAR Topography and Spectroscopy) della NASA. L'Italia infatti è coinvolta in questa proposta di missione NASA con ASI e Thales Alenia Spazio e 5 Co-investigatori scientifici, di cui solo uno (G. Di Achille, OATeramo, Teramo) in INAF. **VERITAS** si propone di tracciare la topografia e di fare radar imaging di Venere in alta risoluzione grazie ad un SAR interferometro (VISAR: Venus Interferometric SAR) che consentirà di generare un DEM (digital elevation model) con un campionamento di 250 m in orizzontale con 5 m di accuratezza in quota, immagini radar globali con 30 m di risoluzione ed immagini "targeted" con 15 m di risoluzione sul 25% della superficie. Inoltre utilizzando la tecnica Repeat-Pass Interferometry su aree selezionate, presunte geologicamente attive, si intende dimostrare quanto Venere sia attivo e misurare quantitativamente l'ammontare e l'estensione di possibili deformazioni superficiali e di produrre quindi la prima mappatura globale dei rilievi sulla superficie e della composizione chimica. Grazie a questo si otterranno informazioni sulla storia degli impatti meteorici, sulla geodinamica, sulle principali strutture vulcano-tettoniche del pianeta, quali ad esempio le "tessere", le "corone" e i maggiori distretti vulcanici con l'obiettivo generale di capire quanto Venere sia diverso dalla Terra e perchè.

La missione è una classe Discovery ed è attualmente in downselection nei quartieri generali NASA insieme ad altre quattro candidate. La decisione è attesa per il primo quarto del 2017 e se selezionata la missione dovrebbe essere lanciata nel 2021 per iniziare la fase scientifica nel 2024; la fase scientifica nominale, a meno di successive estensioni, dovrebbe durare tre anni sino al 2027.

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

Di tale esperimento il contributo italiano previsto e concordato con NASA/JPL riguarda lo studio di fattibilità e successiva realizzazione dell'elettronica del radar e del trasponder dello spacecraft oltre che la definizione della fattibilità osservativa del radar e della gravimetria tramite radio science. In particolare, Thales Alenia, coordinata dai Co-I all'Università La Sapienza fornirà il Chirp Generator, Upconverter/Driver, Dual Downconverter, Frequency Synthesizer and Radio Frequency Power Converter con la generazione di tutti i documenti di interfaccia in ottemperanza al documento "Environmental Requirement Document" emesso dal JPL. In questa fase l'impegno della Università La Sapienza sarà quello di dare pieno supporto all'industria incaricata di procedere allo studio di fattibilità dei sottosistemi HW allo scopo di garantire la piena comprensione dei requisiti scientifici e la rispondenza ad essi del progetto proposto dal partner industriale. Oltre al contributo tecnologico, la parte scientifica del Dipartimento di Ingegneria dell'Università La Sapienza sarà quella di garantire la Co-Iship allo strumento, fornendo pieno supporto scientifico per lo strumento VISAR sia studiando un nuovo modo operativo basato su tecniche Toggle/MIMO sia garantendo pieno supporto alle operazioni nominali di pianificazione delle operazioni che di elaborazione dei dati forniti dell'InSAR.

Il ruolo di INAF-OATe è esclusivamente scientifico sia in questa fase che nelle eventuali successive. In particolare, l'accordo attualmente in corso prevede che l'unità scientifica presso OATeramo si:

- occupi del reperimento di basi di dati delle missioni passate, Magellan soprattutto, e
- effettui l'analisi dei dati e la cartografia con l'obiettivo di identificare le strutture su cui concentrare l'analisi dello studio di fattibilità correlato tra gravità (radio science) e topografia (radar).

Le strutture identificate saranno utilizzate per la generazione di radargrammi e mappe gravimetriche sintetiche da parte dell'unità dell'Università La Sapienza. Successivamente, l'unità INAF-OATe valuterà i dati sintetici ottenuti in termini di fattibilità osservativa e consistenza/interpretabilità dei risultati.

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

Ad oggi G. Di Achille (OATeramo) è l'unico Co-Investigatore della missione in INAF. Altri Co-I italiani sono il Prof. L. Iess (Univ. La Sapienza), e i Dott. M. Mastrogiuseppe, R. Seu, P. Lombardo, anch'essi dell'Università La Sapienza. ASI ha garantito pieno supporto alle attività italiane in **VERITAS**; il

Presidente dell'ASI, Prof. R. Battiston, ha partecipato nel Novembre 2016 alla "Site Visit" della NASA presso JPL per rinsaldare e garantire la partecipazione italiana nella missione.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Thales Alenia Spazio, Roma-L'Aquila per la realizzazione/fornitura del trasponder e elettronica del radar

A cura di: Gaetano Di Achille, INAF-OATeramo, Teramo.

Missione: THOR

Area: Fisica del Sistema Solare; **Fase:** Studio di Fase A

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.
-----------	---

THOR (Turbulence Heating ObserveR) è la prima missione spaziale pensata specificamente per risolvere il problema fondamentale del riscaldamento del plasma nell'Universo. Lo scopo di **THOR** è, infatti, quello di comprendere come la turbolenza possa contribuire a dissipare l'energia immagazzinata nei plasmi spaziali, dando luogo al riscaldamento del plasma e all'energizzazione delle particelle che lo costituiscono.

La maggior dissipazione avviene a scale molto piccole, le scale cinetiche, dove le proprietà degli elettroni, dei protoni e di altre specie ioniche diventano importanti ed il plasma non si comporta più come un fluido.

Per questo **THOR** avrà a bordo strumenti per misurare, nel vento solare, all'onda d'urto e nella magnetogaina terrestri, i campi elettrici e magnetici con estrema accuratezza e le funzioni di distribuzione delle particelle con risoluzione temporale e nello spazio delle fasi mai raggiunta prima. Ciò permetterà di osservare le caratteristiche della turbolenza come mai finora e, simultaneamente, l'accelerazione e il riscaldamento del plasma che ne consegue.

THOR, insieme ad **ARIEL** e **XIPE**, è candidata come prossima missione M4 dell'ESA nell'ambito del Programma "Cosmic Vision 2015-2025" ed è ora in Fase A. La selezione della missione M4 è prevista nel mese di giugno del 2017, il lancio nel 2026.

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

A bordo di **THOR** sono previsti 4 esperimenti dedicati allo studio delle particelle: il Turbulence Electron Analyser (TEA), che fornirà le funzioni di distribuzione tridimensionali per gli elettroni; l'Ion Mass Spectrum analyser (IMS), per la misura delle funzioni di distribuzione tridimensionali dell' H^+ , He^{++} , He^+ , O^+ , il Cold Solar Wind analyser per la misura ad alta risoluzione del vento solare e l'Energetic Particle Experiment per la misura delle particelle energetiche. Tutti questi esperimenti sono dotati di sensori multipli per soddisfare il requisito sull'alta risoluzione temporale della misura. Un'unica unità digitale controllerà la funzionalità della suite composta da TEA, IMS, CSW ed EPE: la Particle Processing Unit (PPU). La PPU sarà l'unica interfaccia fra gli strumenti della suite ed il satellite e dovrà fornire le capacità computazionali necessarie per l'esecuzione, l'elaborazione a bordo e la trasmissione a Terra del complesso insieme di misure della suite. La PPU è dunque cruciale per la riuscita della missione. La responsabilità dello sviluppo della PPU è affidata allo INAF-IAPS, Roma (P:I M.F. Marcucci).

Inoltre, poiché **THOR** studierà fenomeni fisici estremamente complessi ai quali ad oggi non si è avuto alcun accesso, le simulazioni numeriche giocano un ruolo basilare nella definizione della strategia di misura di **THOR**. Un contributo fondamentale in quest'ambito è fornito dal gruppo del Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria guidato dal Prof. F. Valentini.

Infine, ma non per importanza, i ricercatori italiani e di INAF, danno un contributo essenziale nell'ambito degli studi dei processi fisici che **THOR** vuole rivelare, processi fisici fondamentali per i plasmi del sistema solare, astrofisici e di laboratorio.

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

Il Lead Proposer della missione **THOR** è A. Vaivads dello Swedish Institute of Space Physics, di Uppsala, Sweden. Il Team Proponente conta circa 270 ricercatori di varie nazionalità. Gli Istituti che avranno la responsabilità dello sviluppo degli strumenti per la caratterizzazione delle proprietà del plasma e delle particelle energetiche a bordo di **THOR** sono altamente qualificati ed hanno una tradizione consolidata nella realizzazione dei suddetti strumenti e nello studio dei relativi dati, avendo partecipato ad alcune delle più importanti missioni spaziali finanziate dalle maggiori Agenzie Spaziali (e. g. ESA, NASA).

Nella Tabella seguente sono elencati gli strumenti a bordo di **THOR**, gli Istituti responsabili e le missioni di riferimento (missioni per le quali gli Istituti proponenti hanno sviluppato la strumentazione prevista a bordo di **THOR**)

Strumento	Descrizione	PI	Co-PI	Missioni di Riferimento
MAG	Fluxgate magnetometer	IWF(Austria)	ICL(UK)	BepiColombo, VEX
SCM	Search coil magnetometer	LPP(France)	LPC2E(France)	Cluster, MMS
EFI	Electric Field Instrument	IRF(Sweden)	SSL(USA)	Cluster, RBSP, JUICE
FWP	Field and Wave Processor	IAP(Czech Rep.)	SRC-PAS(Poland)	Solar Orbiter, JUICE
TEA	Turbulent Electron Analyser	MSSL(UK)	NASA/GSFC(USA)	Stereo, Solar Orbiter
CSW	Cold Solar Wind Analyser	IRAP(France)	BIRA-ISAB(Belgium)	Solar Orbiter
IMS	Ion Mass Spectrometer	LPP(France)	UNH(USA)	Cluster, IBEX, MMS, Stereo
PPU	Particle Processing Unit	INAF-IAPS(Italy)		Cluster, Solar Orbiter
FAR	Faraday cup	MFF(Czech Rep.)		Spectr R
EPE	Energetic Particle Analyser	IEAP(Germany)	Univ.Turku(Finland)	Solar Orbiter

Come è stato già menzionato nella Sezione **b**. l'Italia, ha la responsabilità dello sviluppo della Particle Processing Unit, sotto la guida dello INAF-IAPS (PI: M.F. Marcucci). Inoltre il Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria, nella persona del Prof. F. Valentini, guida le attività relative alla modellizzazione numerica. La Dott.ssa M.F. Marcucci e il Prof. F. Valentini sono inoltre fra i componenti dello Science Study Team che ha il compito di coordinare lo Studio di Fase A di **THOR**. La comunità nazionale interessata a **THOR** è ampia e comprende, oltre ai ricercatori INAF, numerosi ricercatori di varie Università e di Istituti del CNR.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Durante l'attuale Fase A di studio di **THOR**, l'industria italiana, e più precisamente la Techno System Development di Pozzuoli, collabora con l'INAF-IAPS alle attività della definizione dell'architettura della PPU e svolge gli studi e le analisi tecniche richieste dall'ESA riguardanti la PPU, da presentare nell'ambito della procedura della Mission Selection Review.

A cura di: Maria Federica Marcucci, INAF-IAPS, Roma

Missione: ARIEL

Area: Astrofisica e Cosmologia (con connessioni con la Fisica del Sistema Solare) **Fase:** Studio di Fase A

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.
-----------	---

ARIEL (Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey) è una delle tre missioni di classe M, selezionate da ESA per lo studio di fase A, per la slot M4 del programma Cosmic Vision, il cui lancio è previsto nel 2026. La selezione tra le tre missioni è prevista all'inizio dell'estate 2017.

ARIEL affronterà alcune questioni fondamentali: di che cosa sono costituiti gli esopianeti, come si formano ed evolvono. Per rispondere a queste domande ARIEL misurerà le proprietà fisiche delle atmosfere, incluso la loro composizione chimica. Si focalizzerà sui pianeti con temperature superiori a 600 K, in cui la composizione atmosferica è rappresentativa di quella del pianeta stesso e osserverà super-Terre, pianeti sub-nettuniani e nettuniani, così come pianeti gioviani, attorno a stelle di massa diversa. Queste classi di pianeti hanno diverse storie di formazione, migrazione ed evoluzione; storie che lasciano la loro impronta sulla composizione chimica. Il nostro Sistema Solare rappresenta solo uno dei sistemi planetari possibili ed è necessario sviluppare modelli che riescano a spiegare varie configurazioni e non solo quella del Sistema Solare.

ARIEL osserverà circa un migliaio di pianeti; il suo approccio statistico è cruciale per esplorare i vari regimi possibili e capire come le proprietà iniziali ed ambientali, in particolare la radiazione della stella ospite, determinano le proprietà dei pianeti e della loro evoluzione.

ARIEL sarà equipaggiato con un telescopio di classe 1m e uno spettroscopio operante fra 1μ e 8μ con risoluzione $R=300$, mentre la banda visibile sarà coperta da alcune bande fotometriche. Volerà in L2 e sarà caratterizzato da alta stabilità su tempi scala di alcune ore e avrà, in ogni istante, accessibilità ad una grande regione di cielo, allo scopo di massimizzare l'efficienza della missione.

Per derivare lo spettro dell'atmosfera planetaria ARIEL userà la tecnica dei transiti, utilizzando la spettroscopia differenziale, sottraendo gli spettri osservati fuori dal transito da quelli osservati durante il transito primario (spettro in trasmissione) o secondario (spettro termico e in riflessione).

La strategia osservativa prevede l'osservazione di tre campioni, ciascuno dei quali sarà osservato con un rapporto segnale rumore, banda spettrale e risoluzione spettrale ottimizzati agli obiettivi del singolo campione: il primo campione comprenderà tutti i target di ARIEL e sarà finalizzato all'identificazione della presenza di un'atmosfera, delle nubi e dei componenti chimici principali, alla misura dell'albedo e della temperatura caratteristica; il secondo campione sarà un sottoinsieme del primo, per esso sarà possibile misurare le abbondanze degli elementi, identificare gli elementi traccia, determinare i profili di pressione e temperatura; infine, il terzo campione sarà costituito dai target più brillanti per i quali sarà possibile determinare, in modo accurato, la chimica e la dinamica dell'atmosfera, incluso lo studio del clima.

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

I contributi italiani alla realizzazione del payload di ARIEL saranno:

- Progetto e realizzazione del telescopio;
- Elettronica di bordo;
- Disegno termico;
- Coordinamento a livello di consorzio delle attività di Ground Segment del payload.

Il contributo italiano è principalmente di INAF con contributi minori dell'Università di Firenze e dell'istituto IFN del CNR (Padova)

L'Italia ha un ruolo scientifico significativo, in particolare nelle aree seguenti :

- Selezione dei target;
- Controllo e strategie di correzione del rumore astrofisico (attività stellare);
- Modelli di atmosfere planetarie;
- Simulazioni di formazione delle atmosfere esoplanetarie;
- Applicazioni degli studi delle atmosfere planetarie del Sistema Solare agli esopianeti;
- Simulazioni di laboratorio;

➤ Strategia per osservazioni preparatorie e (quasi) simultanee.

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

Il consorzio ARIEL vede la partecipazione di tre nazioni leader: UK con il PI e Italia e Francia con un co-PI ciascuno. Per l'Italia il CoPI è G. Micela dell'INAF-OAPalermo. Partecipano inoltre Germania, Spagna, Polonia, Belgio, Austria, Irlanda e Paesi Bassi. E' in discussione un possibile contributo degli Stati Uniti.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

In fase A è previsto un piccolo coinvolgimento industriale per il disegno termomeccanico e un contributo più significativo per la realizzazione di un prototipo dello specchio primario nelle dimensioni finali.

Se la missione sarà selezionata, il coinvolgimento industriale riguarderà la realizzazione del telescopio e buona parte dell'ICU e del software di bordo, oltre alla realizzazione di alcuni elementi per il raffreddamento passivo.

A cura di: Giuseppina Micela, INAF-OAPalermo, Palermo

Missione: XIPE

Area: Astrofisica e Cosmologia (Alte Energie); **Fase:** Studio di Fase A

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.
-----------	---

XIPE si propone di realizzare misure del grado e dell'angolo di polarizzazione risolte in tempo, in energia ed in angolo. 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 dall' INFN con contributo dell' INAF con la finalità di fornire la polarizzazione e l'immagine ed, in aggiunta, simultaneamente lo spettro e le curve di luce. Questa capacità permette di aprire una nuova finestra nell'universo a raggi X. La missione prevede tre telescopi con una area effettiva totale degli specchi maggiore di uno specchio di XMM. Al fuoco di ogni specchio viene posta una 'Detector Unit' che comprende il GPD, la elettronica di Back-End e la ruota porta-filtri e che costituisce il sistema di calibrazione di volo. Una 'Instrument Control Unit' serve le unità di rivelazione. Le caratteristiche del GPD e l'area degli specchi permettono di studiare molte sorgenti e di tutte le classi, dalle binarie X brillanti agli AGN deboli permettendo di comprendere i meccanismi di accelerazione nei jet, nelle Pulsar Wind Nebulae e nei Resti di Supernovae, la propagazione in campi magnetici forti in binarie X che ospitano stelle di neutroni e nane bianche, i processi di scattering negli AGN radio-quiet e nelle nubi del Centro Galattico. Inoltre permette, in modo nuovo, di affrontare questioni di fisica fondamentale per mezzo della misura della birifrangenza del vuoto nelle magnetars, oppure con lo studio del possibile effetto su lunghe distanze della granularità dello spazio-tempo, e determinando il possibile effetto in campi magnetici deboli della presenza delle 'Axion-like Particles'. Inoltre permette di misurare lo spin dei black holes in modo complementare alle tecniche utilizzate sino ad ora. Grazie alle capacità di misurare una polarizzazione risolta spazialmente, si potranno studiare le diverse regioni delle Pulsar Wind Nebulae e delle Supernovae Remnants. Inoltre, grazie alle caratteristiche, seppur non spinte, di ripuntamento, sono obiettivi scientifici i Gamma Ray Bursts (GRBs) e le Tidal Disruption Events (TDE). Data la grande area degli specchi sarà possibile misurare una polarizzazione su 100-200 sorgenti sul tempo di vita previsto di tre anni. La fase A si concluderà a giugno 2017 con la selezione della missione tra le tre ora in competizione. Se selezionata questa sarà seguita dalla fase di 'adoption' (fase B1) che si concluderà a novembre 2018 quando la missione andrà in fase implementativa per un lancio ad Aprile 2026.

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

Presso l'INAF c'è la PI-ship (Paolo Soffitta, INAF-IAPS, Roma) della intera missione. Il contributo italiano prevede la realizzazione e la calibrazione dei rivelatori sensibili alla posizione, i Gas Pixel Detectors, sviluppati dall' INFN con il contributo dell' INAF-IAPS. Inoltre l'Italia provvederà alla realizzazione della elettronica di Back-End che gestisce il rivelatore. In Italia verranno integrati questi elementi in una Detector Unit. Inoltre in Italia viene coordinata l'attività teorica dei working groups che sono stati creati per rivedere il caso scientifico ed il piano osservativo. Presso l'INAF-IAPS verranno realizzate accurate calibrazioni di tutte le unità di rivelazione con l'equipaggiamento che è stata predisposto nel corso degli anni (da riadattare per ospitare i modelli di qualifica e di volo) e che produce radiazione monocromatica di polarizzazione nota. Inoltre l'INAF parteciperà 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.

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

XIPE è un progetto ESA che vede, inoltre, la partecipazione della Università di Valencia (Spagna) della Università di Tubinga e del Max-Planck Institute (Germania), del Mullard Space Science Laboratory/UCL (United Kingdom), della Università di Ginevra (Svizzera) del KTH (Svezia).

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

L'industria italiana sarà coinvolta nella realizzazione della elettronica che gestisce l'ASIC la quale a sua volta gestisce la ruota porta filtri ed il Peltier (elementi della elettronica di Back-End).

A cura di: Paolo Soffitta, INAF-IAPS, Roma

Missione: Rosetta-Philae

Area: : Fisica del Sistema Solare; **Fase:** Post-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.

Rosetta è una missione spaziale sviluppata dall'Agenzia Spaziale Europea, lanciata nel 2004 e terminata nel 2016. L'obiettivo primario della missione era lo studio delle fasi primordiali di formazione ed evoluzione del nostro Sistema Solare attraverso l'osservazione dettagliata di una cometa. La cometa prescelta è stata la 67P/Churyumov-Gerasimenko (67P/CG), che è stata selezionata dopo il ritardo di un anno del lancio dovuto ad un malfunzionamento del lanciatore Ariane 5. La missione era formata da due elementi: la sonda vera e propria **Rosetta** ed il lander **Philae**, atterrato il 12 novembre 2014 sulla superficie di 67P/CG. La sonda ha accompagnato la cometa attraverso il suo passaggio all'interno del Sistema Solare e si è conclusa il 30 settembre 2016, con lo schianto programmato dell'orbiter sulla cometa e disattivazione del segnale.

Durante la cruise la sonda ha effettuato tre fly-by gravitazionali con la Terra (2005, 2007, 2009) ed uno con Marte (2005), ha raggiunto i due targets secondari ovvero gli asteroidi 2867 Šteins (2008) e 21 Lutetia (2010), e successivamente è entrata in ibernazione dal giugno 2011 a gennaio 2014 (a causa della elevata distanza dal Sole maggiore di 4AU). Da Agosto ad Ottobre 2014 gli strumenti a bordo della sonda **Rosetta**, gli strumenti di Remote Sensing (OSIRIS, VIRTIS, MIRO ed ALICE) e gli strumenti in-situ (ROSINA, GIADA, COSIMA, RPC), hanno effettuato uno studio della morfologia e composizione del nucleo, dei gas e polveri presenti nella coma per individuare il luogo migliore per l'atterraggio del lander **Philae**. Il 12 Novembre 2014 il lander è stato rilasciato ed è atterrato sulla superficie della cometa. Subito dopo è iniziata la lunga fase di scorta della sonda **Rosetta** che ha seguito la cometa nel suo passaggio all'interno del Sistema Solare studiandone la composizione, la morfologia, l'attività e come queste proprietà siano variate nel passaggio a distanze sempre più ravvicinate al Sole, fino al perielio ad 1.27AU, ed in seguito durante l'allontanamento fino allo schianto sulla superficie avvenuto a circa 3.8AU il 30 Settembre 2016.

La missione ha prodotto 26 articoli su Science e Nature, inclusi due numeri speciali della rivista Science, un Numero speciale di Astronomy and Astrophysics ed un numero speciale di Monthly Notices of the Royal Astronomical Society ed un totale di più di 230 articoli fino ad ora nei due anni di missione operativa.

Le principali scoperte sono legate alla composizione chimica e mineralogica del nucleo:

- Per la prima volta, grazie allo strumento VIRTIS, è stata osservata la firma spettrale di materiali organici, molto probabilmente composti di acidi carbossilici, sulla superficie di un nucleo cometario.
- Lo stesso strumento ha identificato la presenza di solfuri (FeS) nonché di composti poliaromatici (assimilabili ai Composti Organici Insolubili presenti nelle Condriti Carbonacee) responsabili del basso albedo (<6%) del nucleo cometario.
- Lo strumento ROSINA ha determinato il valore del rapporto D/H (5.3×10^{-4}) un valore cinque volte maggiore che sulla Terra che insieme all'elevata abbondanza di Argon (100-1000 volte l'abbondanza terrestre) rende minoritario il contributo delle comete al budget di acqua della Terra.
- ROSINA ha anche osservato, per la prima volta, Ossigeno Molecolare come molecola primaria; la sua presenza implica che l'O₂ sia stato intrappolato insieme a ghiaccio d'acqua prima della nascita della nebulosa proto-planetaria. Inoltre, l'abbondanza relativa del CO ed N₂ indica che i materiali più volatili sono stati intrappolati nel nucleo a temperature non superiori ai 20-30K.
- L'elevata erosione superficiale del nucleo, stimata ad alcuni metri per orbita nell'emisfero sud, rendono estremamente plausibile che ciò che vediamo sulla superficie del nucleo siano composti organici e minerali con una composizione effettivamente primordiale e non rielaborata da radiazione ultravioletta e/o raggi cosmici nei successivi passaggi attorno al Sole.
- Il nucleo, di dimensione massima di circa 5km, è chiaramente bilobato e sembra essere formato da due corpi indipendenti coagulatisi durante la fase di accrescimento. La densità del nucleo è di $533 \pm 6 \text{ kg/m}^3$ e corrisponde ad una porosità del 70-80%. Il nucleo inoltre, dalle osservazioni tomografiche dello strumento CONSERT, non mostra cavità di dimensioni maggiori di alcuni metri. Questi dati hanno implicazioni importanti sulla storia evolutiva del nucleo che non è stato oggetto

di una evoluzione collisionale come postulato per corpi di queste dimensioni da modelli dinamici del Sistema Solare.

- E' stato scoperto dallo strumento VIRTIS, e successivamente osservato anche da OSIRIS, un ciclo diurno di sublimazione/condensazione del ghiaccio d'acqua ed un analogo ciclo stagionale riguardante la CO₂ che permettono di capire meglio la modalità di funzionamento di un nucleo cometario.
- Gli strumenti GIADA e MIDAS, ed in misura minore OSIRIS e VIRTIS, hanno determinato la presenza di due popolazioni distinte di grani di polvere cometaria: compatti e porosi. Nel primo caso si tratta di minerali e composti refrattari formati nelle regioni interne del Sistema Solare, i secondi sono invece formati da materiale organico residuo dell'irraggiamento di ghiacci primordiali. Questa osservazione ha rilevanza per i meccanismi di trasporto nella nebulosa primordiale e per le prime fasi di accrescimento di planetesimi.

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

L'Italia ha contribuito con due strumenti PI ed uno strumento Co-PI sull'orbiter **Rosetta** ed uno strumento PI sul Lander **Philae**. VIRTIS (Visible, InfraRed and Thermal Imaging Spectrometer) guidato da Fabrizio Capaccioni dell'INAF-IAPS e GIADA (Grain Impact Analyser and Dust Accumulator) guidato da Alessandra Rotundi dell'Università Parthenope di Napoli sono i due strumenti PI sull'Orbiter; la trivella SD2 (Sample Drilling and Distribution) è lo strumento PI sul lander **Philae** ed è guidato da Amalia Ercoli Finzi del Politecnico di Milano. Cesare Barbieri dell'Università di Padova è il Co-PI della camera OSIRIS (Optical, Spectroscopic and Infrared Remote Imaging System).

Il contributo INAF è stato rilevante per gli strumenti dell'Orbiter: VIRTIS è evidentemente 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 associatura INAF con incarico di ricerca.

c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, 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 fur 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 Col: 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, e 10 unità di personale tecnico (5 italiani presso IAPS, 2 francesi e 3 tedeschi)

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-IAPS, Roma

Missione: HERSCHEL

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

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

Il satellite ESA **HERSCHEL** 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:

- 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];
- 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];
- 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 7mag A_V . [Gould Belt, HOBYS];
- è stata determinata la funzione di luminosità di galassie star-forming fino a $z=4$, 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 z è dovuta a galassie massicce in ambienti molto ricchi e densi. [PEP, H-ATLAS, HerMES];
- 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];
- è stato possibile determinare l'abbondanza di acqua nei diversi stati 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'incotro 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]

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

Contributo italiano al payload scientifico

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 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 maintenance delle 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'OA Arcetri 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 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, entrambi allo INAF-IAPS, Roma

Missione: Planck

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

Planck missione ESA di cosmologia attiva da maggio 2009 a ottobre 2013. Spenta per esaurimento di liquidi criogenici.

Telescopio della classe 1.5m con due strumenti nel piano focale: LFI (PI N. Mandolesi) raffreddato a 20 K, HFI (J.L. Puget) raffreddato a 100 mK.

Nove bande di frequenza osservative tra 30 e 857 GHz

Risoluzione angolare dell'ordine di 5/10 arc min

Posizione: L2

Otto osservazioni complete del cielo

L'obiettivo principale di **Planck** è la misura delle anisotropie della radiazione di fondo cosmico (ovvero Cosmic Microwave Background o CMB), che ha un ruolo unico nella cosmologia e nella fisica fondamentale.

Il cielo osservato da **Planck** alle nove frequenze è il più completo set di dati della CMB in temperatura e Polarizzazione.

Le anisotropie in temperatura della CMB costituiscono il set definitivo di dati della CMB alle scale angolari della missione con accuratezza dettata da limiti astrofisici e da varianza cosmica: per far meglio di **Planck**, ovvero per ottenere un'altra realizzazione delle anisotropie della CMB occorrerebbe osservare il cielo da una galassia sufficientemente lontana dalla nostra per mostrare una diversa realizzazione delle anisotropie del CMB.

Le anisotropie in polarizzazione osservate da **Planck** hanno invece aperto la strada a nuove osservazioni sia da terra sia dallo spazio,

Planck rimarrà però unico come esperimento alla grandi scale angolari, almeno fino a possibili nuove osservazioni dallo spazio.

Tra i principali risultati:

- conferma del modello Lambda Cold Dark Matter e della dinamica dell'inflazione
- I limiti più stringenti oggi esistenti sul numero totale dei neutrini (inclusi possibili sterili) e della massa complessiva delle varie famiglie.
- Misura dello spettro delle fluttuazioni primordiali, per la prima volta in accordo con le previsioni del paradigma inflazionario (deviazione dalla perfetta invarianza di scala, indice spettrale $n_s < 1$)
- misura dell'epoca della reionizzazione, indotta dalla formazione delle prime stelle nell'universo e dell'epoca oscura
- misura dei componenti della nucleosintesi
- migliori limiti della birifrangenza cosmica
- migliori limiti della non gaussianità primordiale, e in generale sulla statistica e sull'isotropia dell'Universo
- comprensione dell'evoluzione della struttura a grande scala dell'universo attraverso la misura del lensing
- limiti delle onde gravitazionali primordiali
- limiti sulla topologia dell'Universo

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 e nel 2015 i dati analizzati 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 200, ha prodotto più di 200 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 New York 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 previsto nel corso del 2017 ad iniziare dalla primavera/estate fino alla fine dell'anno.

I Consorzi si scioglieranno così come lo Science Team guidato da ESA e l'Editorial Board indipendente con compiti di referaggio interno.

E' ipotizzabile che piccoli gruppi si coalizzeranno per continuare analisi più dettagliate e mirate dei dati pubblici di **Planck**.

**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 stata 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 INAF-IASFBo e INAF-OATrieste hanno contribuito a livello italiano INAF-IASFMi, INAF-OAPd e le Università di Milano, Roma Tor Vergata, Padova, Ferrara e la SISSA. Occorre menzionare che l'Università di Roma "la Sapienza" ha partecipato al Consorzio HFI.

c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, 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 per quanto possibile, 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 a ESA.

Prestigiosi istituti di ricerca fanno 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 i le antenne e il calibratore di bordo di LFI, inclusi gli sviluppi sperimentali è la Pasquali Microwave Systems (PMS) di Firenze. PMAS ha realizzato anche il calibratore di tutto il satellite operativo dalla temperatura ambiente fino a 4K e 100 mK.

A cura di: Giuseppe Malaguti (INAF-IASFBo, Bologna) e Reno Mandolesi (Uni-Ferrara)

Missione: Venus Express

Area: Fisica del Sistema Solare; **Fase:** Post-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.

La missione **Venus Express**, seconda missione interplanetaria di ESA, ha avuto come obiettivo lo studio del pianeta Venere, considerato il gemello della Terra. **Venus Express** 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'ossidrilite e dell'ozono, la mappatura ed evoluzione delle molecole traccianti (CO, SO₂, NO, O₂, ecc...), i meccanismi di dispersione dell'idrogeno ed ossigeno (e quindi dell'acqua) verso lo spazio profondo.

Tra i tanti primati raggiunti da **Venus Express**, 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 **Venus Express**.

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

L'Italia ha partecipato alla costruzione della sonda e del *payload* 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.

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

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.

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

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.

A cura di: Giuseppe Piccioni, INAF-IAPS, Roma

Progetto: AREMBES

Area: Alte Energie

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

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 ed amministrativo. La proposta di ricerca è stata selezionata rispondendo ad un bando internazionale di tipo competitivo.

Le finalità del progetto sono sostanzialmente due:

- 1) Valutazione dell'ambiente di particelle in orbita nel punto lagrangiano L2 (circa 1.5 milioni di km dalla Terra)
- 2) Sviluppo di un simulatore "user-friendly" basato su librerie dedicate 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)

Le attività sono fortemente inquadrate nell'ambito di ATHENA, di cui INAF ha la co-PI ship dello strumento X-IFU (IAPS Roma, Dr. Luigi Piro), missione ESA di classe "Large" in raggi-X con lancio previsto nel 2028 ed inserimento in orbita L2. 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 avente ottiche di focalizzazione quale ATHENA, tale ambiente ha un impatto differente a seconda dell'energia delle particelle: particelle aventi basse energie circa minori di qualche centinaio di 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 L2, l'ambiente di particelle in L2 non è mai stato caratterizzato per questa tipologia di strumenti. Pertanto è necessario fornire, tramite dati di altri satelliti posizionati su altre orbite o che hanno attraversato tale orbita, la migliore valutazione di ciò che ci si "aspetta" in 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 software Geant4 che simula 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, seguendo temporalmente l'ordine qui sotto riportato:

- 1) Valutazione dell'ambiente di particelle in L2; definizione e validazione dei processi fisici in ambito Geant4 maggiormente impattanti per ATHENA (9 mesi di durata, si concluderà entro Gennaio 2017)
- 2) Sviluppo del simulatore (9 mesi di durata)
- 3) Aggiornamento e mantenimento delle attività precedenti (12 mesi)

Esse sono in fase con la schedula di ATHENA dimostrando che il progetto ha ricadute dirette verso gli aspetti scientifici della missione. Lo sviluppo del simulatore si concluderà entro la fine del 2017 quando è programmata anche la fine della fase A di ATHENA.

I risultati (fase 1) al momento raggiunti sono già di rilevanza per la missione. Nell'ambito delle attività di caratterizzazione dell'ambiente di particelle in e vicino a L2 i risultati più significativi sono i seguenti:

- 1) Mancanza di forti variazioni in intensità e densità di protoni suprathermici nel passaggio da una regione magnetosferica all'altra
- 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).

Infine si rammenta che le misure di spettri ed intensità medie e mediane ottenute nel corso di questa

attività risentono inevitabilmente della scarsa copertura spaziale e temporale disponibile. Riguardo agli aspetti di Geant4 sono stati evidenziati i processi fisici (ad esempio, single e multiple scattering, electron backscattering, proton scattering e perdita per ionizzazione) e si sta concludendo la loro validazione. Inoltre è in dirittura di arrivo la produzione della cosiddetta "Space Physics List", chiaramente adottabile per ATHENA in quanto basata su essa, ma che comprende tutte procedure/routine che serviranno per poter simulare i processi di base per qualunque missione nel contesto spaziale. Questo simulatore risulterà utile non solo durante la fase di design degli strumenti, ma anche per l'analisi dei loro dati quando il satellite entrerà in fase operativa.

b. Principale/i contributo/i Italiano/i. 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 L2, e sulla determinazione e validazione dei processi fisici in Geant4. Inoltre gestirà, 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. Sarà 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 SWHARD (PMI = Piccola Media Impresa).

c. Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partnership, 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 spaziale 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".

A cura di: Claudio Macculi, INAF-IAPS, Roma

Progetto: ASPHEA

Area: Alte Energie

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

Lo scopo del progetto industriale **ASPHEA** (Alignment of Silicon Pore optics for High-Energy Astronomy) è sviluppare un metodo per l'allineamento dei mirror module in SPO (Silicon Pore Optics) che costituiscono i "mattoni" del modulo ottico del telescopio X ATHENA, approvato da ESA per la fase di studio fino al 2019 e - in caso la tecnologia permetta di raggiungere i requisiti richiesti (5 arcsec di risoluzione angolare e 2 m² a 1 keV) - con lancio previsto nel 2028. Il progetto ASPHEA, finanziato da ESA, si sviluppa su 2 anni a partire da settembre 2015, e ha finora passato con successo tutte le milestones previste dal contratto.

La problematica dell'assemblaggio dei SPO di ATHENA è duplice: da un lato l'ottica è composta da circa 1000 moduli ottici che devono essere allineati nella struttura di supporto con precisione migliore di 1 arcsec per evitare di degradare la risoluzione angolare. Dall'altro, la macchia focale di ogni modulo è difficilmente localizzabile con precisione a partire dai parametri costruttivi: il metodo più efficiente consisterebbe nell'illuminare l'intera ottica coi raggi X e così visualizzare il fuoco dell'assemblato a cui bisogna far convergere il fuoco dei moduli ottici man mano che vengono aggiunti, ma un'ottica con un diametro di 3 m non può essere montata - attualmente - nemmeno alla PANTER (MPE) che è la più grande facility di test X in Europa.

E' possibile invece ottenere l'allineamento dei moduli ottici in luce visibile o UV, in un banco ottico dotato di collimatori abbastanza grandi e specchi di rimando per contenere il percorso dei raggi entro ragionevoli limiti. Questa è la strategia adottata nel progetto ASPHEA che fa uso del banco ottico a 218 nm di Media-Lario (Bosisio Parini, LC). Il progetto studia diverse problematiche come le deformate strutturali del supporto degli specchi, il sistema di allineamento e di incollaggio, e soprattutto come allineare i mirror module usando la macchia focale UV come riferimento. In particolare, la struttura del mirror module è fortemente ostruita dalla struttura a pori e quindi soggetta a diffrazione di apertura. L'allargamento dello spot focale è dominante in UV ma quasi trascurabile in raggi X, quindi la macchia focale UV è molto allargata rispetto a quella attesa in X rendendo incerta la posizione di quest'ultimo. Si assume quindi che il centroide della macchia UV corrisponda alla posizione del fuoco in X, ma tale assunzione va verificata.

Il primo anno di progetto si è concluso con successo ottenendo vari risultati, fra cui:

- 1) Una procedura di allineamento ed incollaggio dei mirror module nella struttura a petali;
- 2) Un progetto della struttura a petali da realizzare, da accoppiare alle brackets dei SPO;
- 3) Simulazione a elementi finiti delle deformate in seguito alla gravità nel banco ottico;
- 4) Simulazioni dello spot focale del SPO MM a 218 nm, verificata al banco ottico, allo scopo di validare la procedura di allineamento;
- 5) Simulazioni della sensibilità dell'intensità del fascio UV focalizzato ai disallineamenti;
- 6) Un progetto di upgrade del banco ottico per facilitare l'integrazione dei moduli;

Nel secondo anno di progetto si prevede di perfezionare ulteriormente la procedura di allineamento e di estendere le simulazioni dello spot focale in luce UV a diverse configurazioni di mirror module.

b. Principale/i contributo/i Italiano/i. Principale/i contributo/i INAF

I task di INAF-OABrera (Milano), sottocontrattore di Media-Lario, sono: a) eseguire uno studio delle tolleranze e delle sensibilità ottiche dello spot focale alle rotazioni e alle traslazioni e b) assistere la procedura di allineamento tramite analisi dei dati del banco ottico UV, simulazioni dello spot focale atteso in UV, stima della posizione del centroide rispetto alla posizione attesa del fuoco in raggi X in diverse condizioni di errori di profilo e diverse configurazioni del modulo.

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

Con un consorzio di istituti e imprese italiane, il progetto è interamente italiano. La ditta olandese (Cosine) incaricata di produrre i mirror module in SPO è inclusa nel progetto come consulente.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Media-Lario (Bosisio Parini, LC) è presente nel progetto come prime contractor. Sono presenti come subcontractors altre imprese sul territorio italiano come ADS International (Valmadrera, LC), Thales Alenia Space Italia (Torino), BCV Progetti (Milano)

A cura di: Daniele SPIGA, INAF-OABrera, Milano

Progetto: Contamination Assessment Microbalance (CAM)

Area: Fisica del Sistema Solare

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

Obiettivi Scientifici

Controllo della contaminazione da outgassing nello Spazio.

Rilevazione di composti volatili e polveri emessi da asteroidi/comete.

Studio di organici e acqua presenti nei regoliti o polveri planetarie, mediante termogravimetria.

Attività Svoluta

Realizzazione Breadboard ed Engineering Model dello strumento

Test di funzionalità

Test di performance

Misura in laboratorio di parametri termodinamici (e.g. entalpia di sublimazione) di vari composti volatili.

Attività future

La realizzazione di un modello qualificato Spazio è previsto in una fase successiva.

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

Progetto realizzato da Consorzio Italiano a guida INAF (PI Ernesto Palomba, INAF-IAPS, Roma) con PoliMi, IIA-CNR, Kayser-Italia

Contributi al progetto Management, Design, Tests, elettronica principale (INAF), Design, Struttura termomeccanica, elettroniche di prossimità, teste sensoriali (PoliMI, IIA-CNR), Software (Kayser-Italia)

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

Progetto realizzato da Consorzio Italiano a guida INAF con PoliMi, IIA-CNR, Kayser-Italia

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Kayser Italia

A cura di: Ernesto Palomba, INAF-IAPS, Roma

Progetto: Microcalorimetri criogenici superconduttivi per Astrofisica Spaziale (Premiale ASI 2012)

Area: Alte Energie

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

Contesto Scientifico e programmatico. The “Hot and Energetic Universe” è la tematica scientifica selezionata da ESA nel 2013, che risulta essere la linea portante di ATHENA, il grande osservatorio per raggi X, seconda missione di classe Large il cui lancio è previsto nel 2028. Per fornire le risposte al tema scientifico la missione prevederà due strumenti: X-IFU e WFI sul fuoco di un ottica per raggi X. Lo XIFU aprirà una nuova finestra osservativa: spettroscopia X ad altissima risoluzione spettrale con imaging.

La comunità astrofisica italiana è fortemente presente sullo strumento X-IFU, strumento innovativo basato sui microcalorimetri criogenici a transizione di fase superconduttiva, su cui l'Italia ha sviluppato esperienza da 15 anni (incluso supporto ASI).

L'obiettivo del Premiale è rafforzare entro il 2015 il TRL delle tecnologie dei TES per consolidare la posizione italiana nel settore con particolare riguardo ad Athena.

X-IFU richiede tecnologie di punta sia nel settore della sensoristica avanzata, che nella fisica e chimica dei materiali, nei sistemi criogenici per lo spazio e nella elettronica criogenica.

=> questo premiale ASI è fortemente basato sulle tecnologie Transition Edge Sensor microcalorimeters, tecnologia in cui il team italiano, con base INAF-IAPS (Roma) e INFN/Univ. Genova, ha consolidato una esperienza decennale acquisendo la leadership insieme a pochi altri gruppi al mondo (SRON, NASA/Goddard, ISAS).

La nuova finestra osservativa aperta dai TES si potrà avvantaggiare dalla possibilità di osservare fenomeni transienti ed elusivi, quali i Gamma-Ray Burst. Questo richiede un monitor di campo largo, con estensione nei raggi X, il cui consolidamento di una delle potenziali tecnologie (SDD – Silicon Drift Detector) è parte di questo progetto (XRM X-Ray Monitor).

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

INAF ha la co-PIship (L. Piro INAF-IAPS, Roma) di XIFU, e il consorzio italiano ha la responsabilità della riduzione e stima del fondo di particelle con lo sviluppo di un rivelatore criogenico per la reiezione attiva di questa componente, le simulazioni del background (bkg), i filtri criogenici, la ICU e il science innovation center del Ground Segment. Le attività di questo progetto hanno consolidato il livello di TRL delle componenti criogeniche e supportato gli studi per i trade off strumentali. In particolare, un forte sforzo è stato dedicato allo sviluppo di una nuova generazione di prototipi del nuovo sensore di grande area basato su multi TES criogenici, operante a circa 100 mK, interamente ideato e realizzato in Italia, che lavorano in regime di raccolta fononica a-termica. Questo rivelatore è alla base del sistema di reiezione attiva del fondo dello strumento XIFU, e grazie all'abbattimento del fondo di un fattore 20, abilita in sostanza la scienza più pregiata di Athena. Contestualmente si è anche lavorato sul fronte dell'elettronica criogenica sui dispositivi quali SQUID ed EMI filtering responsabili il primo alla lettura dei TES, ed il secondo ad assicurare un ambiente radio-quieto necessario per ottimizzare le prestazioni dei rivelatori TES.

Componente fondamentale per questo progetto è stata la messa a punto e il miglioramento delle simulazioni per le stime del fondo. Ciò richiede un investimento su molti fronti, dalla stima delle varie componenti del fondo di particelle nella orbita di Athena (L2, ma si considererà anche la ipotesi di L1), la focalizzazione dei soft protons attraverso le ottiche, e la propagazione di particelle di energia più alta con generazione di sciami secondari attraverso lo spacecraft, fino alla interazione nel rivelatore, tramite Geant4. Tale compito è fondamentale in quanto guida il disegno dello strumento e delle componenti a livello di missione, come il magnetic diverter, finalizzandolo alla riduzione del fondo. Grazie a questo progetto sono state identificate le aree critiche sul bkg, in particolare: la componente principale del fondo residuo è dominata dal processo di scattering elettronico e richiede una ulteriore investigazione con Geant4; la stima dell'environment dei protons e la loro propagazione nello spacecraft e nello strumento. Altro aspetto a guida italiana che ha una forte valenza scientifica, in quanto determina l'area efficace alle basse energie, sono i filtri criogenici, necessari per disaccoppiare termicamente l'ambiente criogenico, ma che nel contempo assorbono parzialmente i raggi X alle basse

energie. L'esigenza scientifica di realizzare filtri molto sottili e quindi a grande trasmissività deve confrontarsi con la robustezza strutturale che va nella direzione opposta. Per confronto i filtri di Athena saranno i più sottili mai volati in esperimenti X, ed avranno circa 1/5 dello spessore dei filtri di XMM. Il progetto ha sviluppato studi di trade-off e l'acquisizione e misura di alcuni prototipi di filtri per consolidare il TRL.

Per quanto concerne la parte che riguarda i Silicon Drift Detectors (SDD), è questa una tecnologia di sviluppo decennale in collaborazione tra INAF, INFN e FBK (Fondazione Bruno Kesler). Obiettivo del progetto è quello di consolidare la tecnologia estendendo la banda verso gli X soffici, regione dove monitor di campo largo sono particolarmente importanti per la messe di fenomeni astrofisici (GRB, X-ray flash, etc). Le simulazioni hanno identificato il regime di funzionamento ottimale dei parametri strumentali, e lo sviluppo strumentale ha migliorato le prestazioni di rumore e di efficienza quantica alle basse energie, permettendo di estendere la banda fino ai 1-2 keV con ottime figure di rumore, come confermato da misure in luce di sincrotrone.

In conclusione, il progetto ha raggiunto l'obiettivo di consolidare il TRL delle tecnologie critiche relative ai microcalorimetri TES in Italia, in particolare il contributo italiano ad Athena, e rafforzato la posizione italiana dei ruoli di responsabilità sulla missione, delineando le aree che richiedono ulteriori sviluppi nel futuro. In generale ha rafforzato il ruolo italiano nel campo della Astrofisica in raggi X spaziale, anche consolidando una delle tecnologie per realizzare camere X a campo largo da utilizzare in missioni future.

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

INAF ha la co-PIship dello strumento XIFU (L. Piro, INAF-IAPS), Roma, con PI IRAP (Francia) e altro CoPI SRON (Olanda). Sul WFI INAF è Co-I, con lead del MPE (Germania). Altri principali partners di Athena e dei suoi strumenti: UK (Universita 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.

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

Thales Alenia Space (Milano), CGS e FBK per i microcalorimetri criogenici, FBK per SSD.

A cura di: Luigi Piro, INAF-IAPS, Roma

Progetto: Tecnologia del vetro per le ottiche in raggi X di prossima generazione

Area: Alte Energie

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

Sviluppo di ottiche innovative per missioni di astronomia in raggi X: Athena, Lynx/XRS, eXTP and FORCE .

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

La comunità Italiana ha una lunga tradizione nello sviluppo e realizzazione (con partner industriali nazionali) di ottiche per raggi X in geometria radente. Queste ricerche negli anni passati hanno portato all'implementazione delle ottiche per le missioni BeppoSAX, Swift, XMM-Newton (e, a livello industriale, eRosita/SPECTRUM) con un coinvolgimento diretto della comunità italiana che fa capo a INAF, con il supporto diretto di ASI e ESA. Inoltre sono stati svolti studi avanzati per l'implementazione delle missioni per raggi X duri NHXM/Simbol-X, della missione a largo campo WFXT (ricerche svolte in collaborazione con Riccardo Giacconi) e IXO, l'International X-Ray Observatory.

In questo momento, i maggiori progetti in corso di studio riguardano:

- ATHENA, il grande osservatorio nei raggi X approvato da ESA come missione L2 nel programma Cosmic Vision. E' previsto che l'ottica abbia un diametro di 3 m e un'area efficace di 2 m² a 1 keV, mentre la risoluzione angolare sarà 5 arcsec HEW. In questo caso, dopo diversi anni di sviluppo in parallelo delle due tecnologie Silicon Pore Optics (SPO) e Slumped Glass Optics (SGO, quest'ultimo progetto guidato da INAF) ESA ha deciso di adottare la prima tecnologia per la fase implementativa. INAF è partner di ESA essendo coinvolto in diversi contratti riguardanti le fasi di progettazione, simulazione e calibrazione delle ottiche. Inoltre, INAF ha progettato la facility di calibrazione per i singoli moduli ottici "full illumination" Beatrix di cui un dimostratore sarà presso la sede di Merate dell'Osservatorio di Brera, parzialmente sostenuto dal progetto europea AHEAD e, in prospettiva, da ESA. Diversi ricercatori INAF partecipano inoltre al Telescope Working Group di Athena. NASA sta sostenendo un gruppo di lavoro (Science and Technology Definition Team) per l'ottimizzazione della missione.
- LYNX/XRS è la grande missione allo studio di NASA per sostituire il grande osservatorio Chandra. Dovrà avere un'area efficace simile a Athena (2 m², cioè ca. 20 volte maggiore di Chandra) ma con una risoluzione angolare 10 volte migliore (0.5 arcsec HEW). La comunità Italiana partecipa allo studio tramite un osservatore INAF nominato da ASI. INAF, tramite contratto ASI sta sviluppando una tecnologia particolarmente interessante per la realizzazione degli specchi, basato su figuring & superpolishing diretti, con correzione finale tramite ion-beam, di substrati in quarzo spessi 1-2 mm.
- eXTP and FORCE: per queste missioni ad alta area efficace per studi di polarimetria, spettroscopia e timing in raggi X allo studio delle agenzie cinese CAS e giapponese JAXA rispettivamente, INAF, tramite contratto ASI, sta sviluppando una tecnologia particolarmente interessante per la realizzazione degli specchi, basata sullo slumping a freddo di vetri sottili.

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

- INAF-OABrera guida il progetto ASI "Tecnologia del vetro per le ottiche in raggi X di prossima generazione" (proposta selezionata con massimo score per il bando ASI "Tecnologie 2014") - in corso
- INAF-OABrera ha guidato il progetto ESA "Back-up IXO mirror technologies" terminato nel 2014, dedicato allo sviluppo di ottiche X in vetro formato a caldo per la missione IXO
- INAF-OABrera è l'Istituto Europeo per lo sviluppo degli specchi della missione NASA Lynx/XRS
- Collaborazione di ricerca con NASA per lo sviluppo di ottiche X (accordo INAF NASA HQ)
- Collaborazione con istituto MPE di Monaco per lo sviluppo comune di ottiche innovative in vetro e calibrazione di ottiche X alla Panter facility (diverse lettere formali scambiate per sancire la collaborazione)
- Collaborazione con agenzia cinese CAS sancito da diverse lettere per lo sviluppo missione EXTP

d.	Coinvolgimento industriale italiano (se presente)
<ul style="list-style-type: none">- La ditta Media Lario, specializzata nella produzione di ottiche per raggi X, è nata da uno spin-off dell'Osservatorio di Brera e dell'Istituto IASF di Milano.- Collaborazione con diverse piccole ditte piccole e medie per lo sviluppo di sottosistemi optomeccanici (ZAOT, Officine Dell'Oro, Laboratorio Ottico Colombo, Ottiche Consonni, Gestione SILO)- Collaborazioni con industrie di importanza nazionale (TAS-I, Leonardo (selex galileo), CGS) per lo studio di missioni basate su ottiche innovative e la partecipazioni a grandi progetti come ATHENA.	

A cura di: Giovanni Pareschi, INAF-OABrera, Milano

Progetto: PixDD (Pixel Drift Detector)

Area: Alte Energie.

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

Il progetto **PixDD** si propone di realizzare un nuovo rivelatore spettroscopico veloce per raggi X che permetta studi spettrali e temporali (anche) di sorgenti brillanti poste nel fuoco di ottiche ad incidenza radente. L'obiettivo scientifico di **PixDD** è quello di studiare la variabilità spettrale nella banda X (0.5-10 keV) ad alta risoluzione temporale in oggetti collassati (e.g., stelle di neutroni, buchi neri stellari e supermassivi), al fine di studiare il comportamento della materia in presenza di campo gravitazionale forte (e quindi test di Relatività Generale) e lo stato della materia ultradensa (e quindi misura dell'equazione di stato delle stelle di neutroni). Come noto, con i classici rivelatori CCD (che peraltro richiedono temperature operative di circa -70°C) non è possibile osservare sorgenti brillanti, a causa dei ben noti effetti di pile-up e tempo morto, dovuti alla tecnica di integrazione di immagini. Questo è per esempio il caso di XMM-Newton. Il rivelatore **PixDD** sarà invece in grado di operare in modalità single-photon con un raffreddamento moderato (e.g., $0^{\circ}\text{-}10^{\circ}\text{C}$). Il sistema sarà letto in sparse-readout (in contrasto all'integrazione di immagini di CCD o DEPFET) e permetterà una risoluzione spettrale di <150 eV FWHM a 6 keV, con risoluzione temporale di 10 μs . Il rivelatore **PixDD** è basato sulla tecnologia italiana delle Silicon Drift Detector. Il dispositivo finale sarà una matrice di 32×32 singole celle con passo 300 μm , letto da un ASIC a bassissimo rumore a matrice integrato attraverso la tecnologia flip-chip. Nella sua versione finale **PixDD** permetterà il tiling (tecnologia edgeless) e sarà quindi anche in grado di coprire aree molto grandi.

Per quanto ancora nella fase di sviluppo tecnologico, **PixDD** ha già potenzialità di applicazione in due missioni spaziali in fase di studio presso l'Accademia delle Scienze Cinese (CAS). La missione eXTP (enhanced X-ray Timing and Polarimetry mission), con importante partecipazione europea, prevede studi di spectral-timing sia con rivelatori collimati (come LOFT) che con una batteria di 11 ottiche (SFA - Spectroscopy Focusing Array). **PixDD** ha le specifiche che soddisfano i requisiti dei rivelatori per SFA. **PixDD** ha anche la caratteristica di poter coprire un'area molto grande, grazie alla possibilità di tiling. Questo permette di rispondere ad un altro requisito scientifico: il rivelatore imaging per ottiche di grande campo di tipo Lobster Eye. Queste richiedono infatti rivelatori molto grandi (tipicamente 14 cm x 14 cm) che se realizzati con la tecnologia CCD sono estremamente costosi e richiedono risorse tecnologiche molto ingenti a causa della necessità di un raffreddamento a -70°C . Per questo motivo il nostro gruppo è stato invitato dal PI della missione Lobster-Eye cinese Einstein Probe a discutere la possibilità di un impiego del rivelatore **PixDD** a bordo di Einstein Probe.

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

La tecnologia dei Silicon Drift Detectors impiegata per **PixDD** è stata sviluppata dalla sezione di Trieste dell'INFN, partner in questo progetto, nell'ambito dell'esperimento ALICE di LHC (CERN). Nello scorso decennio è stata avviata e consolidata una collaborazione con la Fondazione Bruno Kessler di Trento che partecipa alla progettazione e realizza i dispositivi nelle sue facilities di produzione. I dispositivi sono quindi interamente italiani, dalla loro ideazione, progettazione, produzione e validazione sperimentale. Alla realizzazione del rivelatore si affianca il design e la realizzazione di ASIC a bassissimo rumore e basso consumo, progettati e realizzati dai partner di **PixDD** presso il Politecnico di Milano e l'Università di Pavia. Tale sviluppo è reso necessario dalla indisponibilità sul mercato di ASIC con le caratteristiche di rumore, consumo e numero di pixel richieste da **PixDD**.

Il ruolo specifico di INAF vede coinvolti primariamente IAPS Roma, leader del progetto, e IASF Bologna. Il contributo consiste principalmente in: definizione obiettivi scientifici e requisiti dello strumento, contributo alla progettazione del rivelatore e dell'ASIC, identificazione e test della tecnologia di interconnessione, progettazione e sviluppo di un test equipment dedicato alla caratterizzazione del rivelatore, test e caratterizzazione in raggi X dei dispositivi in tutte le loro fasi, progettazione e proposta dell'esperimento, qualifica spaziale.

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

Il progetto **PixDD** è un progetto di sviluppo tecnologico che mira a riempire un gap tecnologico nell'Astrofisica delle Alte Energie. Tuttavia, già in questa fase ci sono concrete prospettive di

applicazione nell'ambito delle missioni spaziali, guidate dalla Chinese Academy of Sciences, eXTP (enhanced X-ray Timing and Polarimetry mission) and EP (Einstein Probe, per all-sky imaging ad alta sensibilità). La tecnologia delle Silicon Drift Detector per esperimenti di spectral-timing di grande area ha una riconosciuta leadership internazionale dell'Italia (e.g., LOFT con ESA, eXTP con CAS, Strobe-X con NASA, MVN-M2 con Roscosmos). **PixDD** ha lo stesso obiettivo scientifico, ma si propone di raggiungerlo utilizzando un rivelatore spettroscopico veloce al fuoco di ottiche X. Non essendo ancora disponibile questa tecnologia, il successo di **PixDD** permetterebbe di acquisire la leadership internazionale anche in questo campo. Per l'interconnessione del rivelatore e dell'ASIC è stata inoltre avviata una collaborazione con il Karlsruhe Institute of Technology (KIT), in Germania.

d. Coinvolgimento industriale italiano (se presente)

Lo sviluppo di **PixDD** avviene e di fatto nasce in stretta collaborazione con la Fondazione Bruno Kessler di Trento che collabora con la sezione di Trieste dell'INFN e con l'INAF alla progettazione dei dispositivi e ne cura la produzione presso le facilities di Povo (Trento).

A cura di: Marco Feroci, INAF-IAPS, Roma

Progetto: SIMPOSium

Area: Alte Energie

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

Lo scopo del progetto **SIMPOSium** (Silicon pore optics modelling and simulations) finanziato da ESA è provvedere una serie di simulazioni delle prestazioni del modulo ottico del telescopio X ATHENA basato sui Silicon Pore Optics (SPO), approvato per la fase di studio fino al 2019 e – in caso la tecnologia permetta di raggiungere i requisiti richiesti (5 arcsec di risoluzione angolare e 2 m² a 1 keV) – con lancio previsto nel 2028. Il progetto è iniziato nel 2015 e ha concluso con successo la prima fase. Sono previsti altri due anni di contratto, con conclusione prevista nel giugno 2018 salvo proroghe. Le simulazioni prevedono lo sviluppo di software in grado di:

- 1) Elaborare efficacemente un design alternativo per il sistema ottico di ATHENA, a livello di poro, singolo mirror module, o di intero telescopio;
- 2) Determinare le prestazioni dell'ottica tramite ray-tracing e stimare il livello di stray light che potrebbe contaminare il campo di vista;
- 3) Determinare l'effetto degli errori di rotazione e delle traslazioni dei mirror module rispetto alla loro posizione nominale;
- 4) Simulare la Point Spread Function di un SPO mirror module in raggi X oppure in luce visibile/ultravioletta allo scopo di allineare i moduli ottici in un banco ottico;
- 5) Simulare le prestazioni di un magnetic diverter per deviare il flusso di particelle cariche che potrebbero essere focalizzate dal modulo ottico verso il piano del rivelatore;
- 6) Analizzare le misure di calibrazione dei moduli ottici SPO prodotti dalla compagnia olandese Cosine in luce di sincrotrone (nella beamline dedicata presso il sincrotrone BESSY presso Berlino) e confrontarle con i risultati attesi dalla rugosità superficiale misurata.

Risultati raggiunti: il primo anno di attività si è chiuso con progressi su tutti i fronti: in particolare sono stati sviluppati codici per le simulazioni di tutti questi aspetti a livello di mirror module. Per l'aspetto di design, sono state trovate utili espressioni per l'area efficace e quindi consentire l'ottimizzazione della struttura a livello di poro singolo. I risultati sono riportati in dettaglio qui: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2232230>

Risultati attesi per quest'anno: ci attendiamo di estendere i risultati ottenuti a livello di mirror module per il design e a livello di configurazione più generale per gli altri task (distribuzione dei disallineamenti, diffrazione da mirror module con rib non equispaziate, configurazioni alternative per il magnetic diverter, ...).

b. Principale/i contributo/i Italiano/i. Principale/i contributo/i INAF

I deliverable consistono di documentazione tecnica e il software realizzato al termine del progetto. INAF-OABrera (Milano) svolge ruolo di coordinamento e interfaccia verso ESA, ed esegue le simulazioni per quanto riguarda i task di design, simulazione di effetti diffrattivi, simulazione del magnetic diverter, metrologia di superficie dei campioni di SPO, interpretazione dei dati sperimentali di calibrazione in raggi X. La parte di ray-tracing vera e propria è prevalentemente a cura di DTU (Università Tecnica della Danimarca, Kongens Lyngby presso Copenhagen).

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

Posizione di leadership INAF-OABrera (Milano) nel progetto, con DTU come subcontractor. Contributi attesi anche da INAF-IASFBo (Bologna) per la simulazione della dispersione angolare dei protoni (solo per la parte legata al magnetic diverter) tramite GEANT4.

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-OABrera (Milano) come subcontractor.

A cura di: Daniele SPIGA, INAF-OABrera, Milano

Progetto: ASI Science Data Center

Area: Multifunzionale

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, l'ASI Science Data Center (ASDC) 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. L'ASDC 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 ASDC 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 dell'ASDC 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 ASDC.
- 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 sull'ASDC sono disponibili sul sito www.asdc.asi.it.

L'ASDC sta ora evolvendo verso il Scientific Science Data Center (SSDC), un nuovo centro dell'ASI in cui verranno gestiti ed analizzati i dati di interesse legati sia ad osservazione ed esplorazioni dell'Universo che a osservazione della Terra.

b. Principale/i contributo/i 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.

Il principale contributo fornito dall'INAF all'ASDC è nelle attività di realizzazione di software astronomico e di pipelines di processamento e analisi dati, archiviazione, gestione, distribuzione e supporto scientifico dei dati di esperimenti svolti o di osservatori operati 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 ASDC sancisce il suo ruolo di supporto scientifico alla comunità internazionale per lo studio multi-frequenza e multi-messenger della radiazione cosmica basata su una estesa varietà di dati con l'obiettivo di fornire un reale servizio di supporto scientifico alla comunità di riferimento sia nazionale che internazionale.

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

Il centro ASDC 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 (se presente)
-----------	--

Il supporto informatico specialistico ai progetti scientifici seguiti dal personale INAF presso ASDC viene fornito da industrie nazionali leader del settore quali Telespazio e Serco.
--

A cura di: Lucio Angelo Antonelli, INAF-OARoma, Roma

Progetto: CAT - Space Weather Expert Service Centres: Definition and Development

Area: Fisica del Sistema Solare

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

Il progetto "Space Weather Expert Service Centres: Definition and Development" (ESA Contract No 4000113186/15/D/MRP) 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. Questo network iniziale verrà sviluppato attraverso il presente progetto estendendo i servizi disponibili a nuovi Expert Service Centres, fra cui l'INAF-Osservatorio Astrofisico di Catania. Il programma del progetto affronta attivamente le necessità di quei gruppi interessati ad accurate e tempestive informazioni relative allo Space Weather:

Spacecraft Designers

Spacecraft Operators

Human Spaceflight Mission Operators

Launch Operators

Transionospheric Radio Link Service Users and Operators

Space Surveillance and Tracking Services

Non-Space systems Operators Affected by Space Weather

- Power System Operators

- Pipeline Operators

- Airlines and Aerospace Sector including Regulatory Authorities

- Resource Exploration: geomagnetic surveying, oil and gas prospecting and exploitation

Il progetto è volto ad espandere il range di dati e applicazioni fruibili tramite il portale SSA SWE (<http://swe.ssa.esa.int>) che opera presso lo Space Weather Data Centre sito allo Space Pole di Brussel.

Il progetto si articola in diverse fasi. Dopo la fase di sviluppo in cui saranno realizzati 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). La durata del finanziamento è di 18 mesi (kick-off: 1-10-2015).

b. Principale/i contributo/i Italiano/i. Principale/i contributo/i INAF

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 tre rifrattori da 150 mm e due filtri interferenziali di tipo Lyot con banda passante regolabile da 0.25 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 (http://swrl.njit.edu/ghn_web/).

Durante il progetto l'INAF-OACt metterà a disposizione i propri dati in near real-time e contribuirà al confronto delle osservazioni sinottiche della bassa atmosfera solare acquisite dal Royal Observatory of Belgium e dall'Osservatorio di Kanzelhoehe (Università di Graz).

L'INAF-OACt è coinvolto nel Task 2 del progetto: Solar Weather Expert Service Centres Development and Operation. Questo task ha lo scopo di coordinare e sviluppare i servizi di Space Weather legati all'attività solare, assicurando un servizio di monitoraggio e previsione.

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

L'INAF - OACt è partner del progetto la cui leadership è affidata al Royal Observatory of Belgium (KSB-ORB subcontract 2015SWE1CAT1).

Il progetto è basato su una collaborazione con il Royal Observatory of Belgium, University of Graz, University of Applied Sciences North Western Switzerland.

A cura di: Paolo Romano, INAF-OACatania, Catania

Progetto: Space Surveillance and Tracking

Area: Multifunzionale

a. Finalità, obiettivi scientifici, principali risultati raggiunti.

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 due dei suoi grandi radiotelescopi: la Croce del Nord di Medicina e il Sardinia Radio Telescope (SRT) di Cagliari.

La Croce del Nord è gestita 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).

Queste due antenne formano la parte ricevente di un radar bistatico, il cui trasmettitore si trova in Sardegna, in un'area protetta e gestita dall'Aeronautica Militare italiana.

Le due antenne assieme sono in grado di svolgere le attività di monitoraggio richieste 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.

Data la loro grande area di raccolta dei segnali radio (circa 3000 metri quadrati), i due radiotelescopi risultano molto sensibili ed in grado di rilevare oggetti di piccole dimensioni (fino a qualche decina di centimetro quadrato orbitanti ad altezze di 1000 km). La precisione con cui si riesce a determinare l'orbita è inferiore ai 100 metri o risoluzioni angolari migliori di 10 arcsec.

Questi due strumenti sono in grado di monitorare oggetti in orbita bassa, cioè LEO (Low Earth Orbit), che va da circa 200 km a 2000 km.

Per poter operare in questo campo, diverso dalle normali osservazioni che compiono gli astronomi, i due radiotelescopi necessitano 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.

Tali upgradi sono attualmente in corso grazie ai finanziamenti europei provenienti dai due Frame Programme: H2020 e Copernicus/Galileo.

La Croce del Nord dovrebbe diventare operativa nella primavera 2017, mentre SRT si stima che possa cominciare ad operare all'inizio del 2018. Con entrambe le antenne sono stati svolti test preliminari, ottenendo risultati promettenti.

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

Per quanto riguarda i contributi italiani, in data 9 ottobre 2015 è stato firmato un accordo tra l'ASI e l'INAF (N. 2015-028-R.0, "Detriti Spaziali - Supporto alle attività IADC e validazione pre-operativa per SST"), attraverso il quale l'Agenzia Spaziale Italiana si è impegnata a finanziare attività di ricerca riguardanti gli studi di upgrade e test che l'INAF deve svolgere al fine di validare i propri hardware e software per l'operatività in ambito SST e di supportare le attività dello IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee), che è 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).

L'INAF a sua volta contribuisce attraverso la man power dei propri ricercatori, mettendo a disposizione i suoi laboratori e i propri sensori (Croce del Nord e SRT).

c.	Collaborazioni internazionali e posizione nazionale (e.g. leadership, partner, etc..)
<p>Essendo questo progetto coordinato a livello europeo da un consorzio formato da Italia, Francia, Spagna, Regno Unito e Germania, 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.</p> <p>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).</p>	

d.	Coinvolgimento industriale italiano (se presente)
<p>Per quanto riguarda gli upgrade delle due antenne Croce del Nord e SRT, si è demandato parte del lavoro a ditte nazionali. Si sono aperte delle gare di appalto che al momento non sono ancora concluse, quindi non si conoscono le ditte vincitrici. L'intenzione è quella di affidare sottocontratti a ditte esterne per i lavori riguardanti l'installazione di sistemi di misura di distanza (range) e di sincronizzazione dei segnali trasmettenti e ricevanti. Seguiranno in futuro altre gare d'appalto riguardanti la manutenzione delle infrastrutture.</p>	

A cura di: Germano Bianchi, INAF-IRA (Bologna) e Tonino Pisanu, INAF-OACagliari (Cagliari)