

1. Approccio Strategico alla Attività Tecnologica INAF

Nel considerare il vasto panorama di infrastrutture osservative sia dalla terra che dallo spazio in cui INAF è impegnato, occorre tenere presente che le necessità osservative della moderna astrofisica spaziano su tutte le lunghezze d'onda in modo spesso complementare.

Il piano a lungo termine dell'INAF, pubblicato a fine 2006, costituisce l'asse portante della pianificazione a medio e lungo termine, ciò implica che nel prossimo triennio vanno poste in essere le azioni per la sua realizzazione, sia in termini di nuove iniziative che nel proseguimento delle azioni già intraprese.

1.1 Il Piano a Lungo Termine

Il piano indica tre livelli di priorità per i progetti in essere e futuri, sia da terra che dallo spazio:

Top Priority Projects: progetti che presentano un potenziale impatto d'innovazione per il prossimo decennio molto elevato;

Very Important Project: progetti che presentano un'elevata aspettativa in termini di ricaduta scientifica per la comunità nazionale ma che richiedono un'accurata analisi degli investimenti richiesti

Other Projects: progetti minori che comunque presentano un impatto scientifico da tenere in considerazione.

Per ogni classe di priorità vengono indicate le tipologie di partecipazione, azione o intervento sui diversi progetti, sintetizzabili nelle seguenti categorie:

- *Accesso alle grandi infrastrutture osservative internazionali, da terra e dallo spazio*
- *Partecipazione alle fasi di progettazione e costruzione*
- *Sviluppo di strumentazione da installare sulle facilities*
- *Azioni di supporto alla comunità coinvolta nei progetti*
- *Supporto alle attività di analisi dati*
- *Azioni mirate al raggiungimento di obiettivi specifici nell'ambito di singoli progetti*

1.2 Gli strumenti di attuazione

L'attuazione delle azioni richiede investimenti, in termini di risorse umane e finanziarie, che variano in funzione delle dimensioni dei progetti. In particolare la partecipazione alla costruzione delle grandi infrastrutture da terra necessarie per perseguire gli obiettivi della ricerca front runner, lo sforzo è tale da potersi attuare solo con partecipazioni transnazionali.

Un valido supporto in tal senso deriva dalla partecipazione ai bandi dell'FP7 della Commissione Europea finalizzati al supporto delle nuove infrastrutture di ricerca. In particolare attraverso due differenti attività:

- Design Studies
- Preparatory phase Studies

I Design Studies, come già nell'FP6, riguardano veri e propri studi di fattibilità ovvero la progettazione effettiva ed il R&D necessario. Ai Preparatory phase per la costruzione di nuove infrastrutture possono invece accedere solo i progetti riconosciuti come strategici e maturi nella ricognizione effettuata dalla Commissione Europea negli anni scorsi, attraverso lo European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) e pubblicata alla fine del 2006 nell'European Roadmap for Reserach Infrastructures e rivista nel 2008. Le infrastrutture di interesse dell'INAF identificate nel Rapporto 2008 sono:

- ELT (Extremely Lage Telescope)
- SKA (Square Kilometer Array)
- CTA (Cerenkov Telescope)

In risposta alle Call per il Programma della Commissione Europea FP7, INAF ha partecipato alle due proposte per SKA (Design Study) ed EST (European Solar Telescope, Preparatiron Study) e alla preparazione della proposta di Design Study per ELT (che è stata presentato da ESO come proposta monopartner di cui INAF è subcontractor). Tutte queste proposte sono state approvate e sono in fase di formalizzazione contrattuale. Una prima proposta per il design study di CTA presentata nel 2007 non ha avuto esito positivo e verrà ripresentata nel 2009 - 2010 al prossimo call for proposal.

Occorre notare altresì che lo sviluppo tecnologico in termini di R&D finalizzato ai progetti da terra ha trovato un valido supporto nelle azioni JRA nei due progetti Opticon e Radionet, già finanziati in FP6 dalla commissione europea e, nei progetti omonimi presentati all'inizio del 2008 ed approvati nel 2009. Sfortunatamente INAF non ha potuto contemporaneamente procedere ad un programma autonomo di R&D a causa delle ristrettezze finanziarie.

2. Attività di Terra

In questa sezione vengono brevemente descritti gli aggiornamenti sulle azioni sui diversi progetti che saranno poste in essere nel prossimo triennio per l'attuazione delle raccomandazioni indicate dal Piano a Lungo Termine. I progetti sono elencati in ordine alfabetico mentre le azioni si riferiscono alle categorie indicate nel paragrafo precedente.

Extremely Large Telescope

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	600	600	600	1.800	supporto alla progettazione di strumentazione per EELT.

ESO Council ha approvato, nel Dicembre 2006, un piano triennale di studio di fase B per la realizzazione del "European Extremely Large Telescope" (EELT), telescopio di nuova generazione della classe 30-60 metri.

La sua architettura di costruzione prevede:

- 1 specchio primario del diametro di 42 metri costituito da 906 segmenti da 1.45 metri ciascuno
- 1 specchio secondario da sei metri di diametro equivalenti
- 1 specchio terziario da 4,2 metri

nonché un sistema di ottiche adattive costituito da:

- specchio da 2,5 metri supportato da 5000 attuatori con capacità di distorsione dell'immagine pari a 1000 volte per secondo
- specchio da 2,7 metri per la correzione finale dell'immagine

Uno strumento con queste caratteristiche risulta essere 100 volte più sensibile dei più grandi telescopi attualmente operanti quali i VLT (8,2 metri) e Keck (10 mt), ponendo quindi l'Europa in un ruolo di leadership mondiale nella costruzione dei telescopi ottici del futuro, anche in considerazione delle caratteristiche dei progetti concorrenti nella stessa classe, quali il GMT - Giant Magellan Telescope, U.S.A., che arriva ad un diametro equivalente di 24 metri ed il TMT - Thirty Meter Telescope, che arriva a 30 metri.

Lo studio triennale dell'ESO per EELT può contare su un budget di circa 58 M€ a cui vanno aggiunti circa 7 milioni di € provenienti da fondi europei (FP7) e dovrebbe consentire di approdare entro il 2010 alla decisione finale per l'inizio effettivo della sua costruzione.

Questo studio segue una fase preliminare, coordinata da ESO, a cui la comunità astronomica Italiana ed in particolare l'INAF, ha partecipato attivamente sia per gli aspetti scientifici che tecnologici.

OPTICON FP6 (2005-2008)

"Joint Research Activities", co-finanziato dalla Commissione Europea nel Sesto Programma Quadro. In particolare le unità operative presso l'INAF - Osservatorio Astrofisica di Arcetri, si occupano degli specchi adattivi per il VLT e di sensori di fronte d'onda.

ELT DESIGN STUDY

E' un progetto con scadenza nel 2008, incentrato sullo studio della tecnologia per grandi telescopi e co-finanziato dalla Commissione Europea nel Sesto Programma Quadro con un budget complessivo di circa 23 M€. La partecipazione INAF passa attraverso le unità operative presso le sedi di Arcetri, Padova, Brera e Bologna, impegnate sia nel coordinamento generale che con contributi rispettivamente su:

- sensori d'onda a piramide,
- ottica adattiva multiconiugata,
- misure di grandezze atmosferiche rilevanti per l'ottica adattiva,
- specchi sottili e deformabili di grandi dimensioni con tecniche di "slumping",
- stelle artificiali laser,

A questi studi nell'ambito del Sesto Programma Quadro, si aggiungono anche altre attività per EELT svolte nell'INAF, che riguardano:

- reticoli olografici (sede di Brera),
- spettroscopia di area (sedi di Brera e Padova),
- spettroscopia ad alta risoluzione ultra stabile (sedi di Padova e Trieste),
- ELAT o "Extremely large Adaptive Telescope" (sede di Arcetri),
- Imaging ad alta risoluzione spaziale,
- alta risoluzione temporale (Università di Padova),

Per il periodo successivo ai programmi FP6, la Commissione Europea ha già approvato il progetto EELT, prosieguo naturale del progetto precedente del FP7 in cui vengono completate gran parte delle attività, incluse quelle a responsabilità INAF, iniziate nel progetto precedente e similmente nel progetto Opticon FP7, che è stato appena approvato dalla Commissione Europea, verranno portate avanti le attività descritte sopra.

In tutte queste attività europee l'Italia gioca, quindi, un ruolo cruciale sia per l'eccellente ricerca scientifica e tecnologica, che nel buon posizionamento per l'acquisizione di potenziali importanti commesse industriali.

A tal riguardo inoltre, esiste una potenziale interazione italiana con gli analoghi grandi progetti di ELT americani (TMT ed in particolare GMT, che utilizza in gran parte la tecnologia di LBT. Per tutti i progetti di ELT, infatti, la tecnologia degli specchi adattivi, sviluppata in collaborazione fra l'INAF e l'industria italiana in ambito LBT, riveste un ruolo essenziale ed universalmente riconosciuto.

In questo quadro, ricco di attività e di possibilità, si iscrive la necessità di rafforzare, accanto alle larghe collaborazioni internazionali in essere, alcune ricerche puramente italiane sugli aspetti tecnologici di punta che consentano di mantenere l'attuale vantaggio tecnologico e di inserirsi nei grandi progetti internazionali in sviluppo (europei e non solo) ad un elevato livello di partecipazione scientifica, tecnologica ed industriale.

Per quanto concerne la strumentazione a partire dal 2007 - 2008 ESO ha emesso alcuni bandi per studi preliminari di strumentazione per ELT. INAF partecipa ad alcuni consorzi che si sono costituiti per rispondere a questi bandi ed in particolare per gli strumenti MICADO, CODEX, Simple, Optimos, Maory etc.

ALMA

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso, Azioni specifiche				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario: (K€)	250	275	350	900	<i>Le spese si riferiscono alla gestione dell'ARC italiano</i>

L'Europa partecipa alla costruzione dello Atacama Large Millimeter Array (ALMA) tramite l'ESO. ALMA è una collaborazione tra Europa, Nord America, Giappone e Cile per la costruzione di un grande osservatorio millimetrico e submillimetrico sull'altopiano di Chajnantor a circa 5000m di quota nel deserto di Atacama in Cile. L'eccellente sito, la grande area collettiva (quasi 7000m²) e il gran numero di antenne (66 includendo l'Atacama Compact Array) lo renderanno uno strumento rivoluzionario per osservazioni astronomiche nelle bande di frequenza tra 30GHz e 1THz (0.3-7mm di lunghezza d'onda).

I principali obiettivi scientifici di questo progetto spaziano dallo studio della formazione ed evoluzione delle galassie alla formazione di stelle e sistemi planetari, fino allo studio delle molecole complesse e prebiotiche nel mezzo interstellare e nei corpi del nostro Sistema Solare.

L'Italia è molto coinvolta in questo progetto a vari livelli, sia scientificamente, che nell'organizzazione del centro di supporto agli utenti, che allo sviluppo di software e strumentazione. Infine l'industria italiana è pesantemente coinvolta nella costruzione di una grossa parte delle antenne.

Le strutture INAF principalmente coinvolte sono l'Osservatorio Astronomico di Trieste (OAT) e l'Istituto di Radioastronomia (IRA). L'OAT collabora allo sviluppo e realizzazione dell'ALMA Common Software, la spina dorsale di tutto il sistema software del progetto. L'Istituto di Radioastronomia di Bologna è direttamente coinvolto nell'organizzazione e nello sviluppo di una struttura che dovrà fornire assistenza agli utenti ALMA: l'ALMA Regional Centre (ARC).

L'ARC italiano rappresenta uno dei sei nodi che costituiscono la rete europea che dovrà occuparsi del supporto tecnico-scientifico ad ALMA. I nodi dovranno operare in stretta collaborazione tra di loro e con il nodo centrale a ESO Garching, cercando di mettere ognuno a disposizione le proprie esperienze in modo da sfruttare al meglio le competenze e le conoscenze presenti in Europa nel campo dell'astronomia millimetrica e dell'interferometria. I dettagli delle responsabilità dei vari partners nella rete sono descritti in un Memorandum of Understanding, firmato da tutti i responsabili (per l'ARC Italiano la firma è stata apposta dal Presidente dell'INAF) nel 2008.

La rete svolgerà il ruolo di interfaccia con gli utenti. In generale, gli ARC si occuperanno del supporto ai singoli utenti (non-esperti) nella riduzione avanzata dei dati, svilupperanno procedure ed algoritmi specifici richiesti e/o suggeriti dagli utenti, istruiranno i potenziali utenti di ALMA.

Oltre a svolgere tali attività a carattere generale, l'ARC italiano si occuperà dello sviluppo di procedure per la riduzione di dati in polarizzazione e per la produzione di immagini di tipo mosaico, nonché del supporto alla progettazione e realizzazione di grandi surveys/key projects sia dal punto di vista del processamento dei dati che dell'archiving. Presso l'IRA è già stata maturata una lunga esperienza in questi tre ambiti. Inoltre, verrà esplorata la tecnologia GRID per ottimizzare l'uso delle risorse nei diversi nodi. Infine, l'ARC italiano cercherà di diffondere e incentivare l'utilizzo di ALMA nella comunità astronomica italiana. Questo accadrà attraverso tutorials, workshops, e frequenti "ALMA-days": giorni in cui la comunità italiana viene aggiornata sugli ultimi sviluppi dei progetti ALMA e sull'attività dell'ARC.

Alla fine del 2008 il personale coinvolto nella realizzazione dell'ARC italiano è costituito da 6 membri dello staff dell'IRA (che forniscono complessivamente una FTE), da 1 postdoc-ARC e da un system manager. Nel corso dei primi anni di attività uno dei postdoc è diventato uno dei quattro attuali User Support Specialists europei di CASA, il nuovo software astronomico per la riduzione di dati interferometrici, sviluppato dallo staff dell'NRAO (Socorro NM, USA).

Nel marzo 2009 si è aggiunto un ulteriore post doc. Entrambi i postdoc-ARC hanno il compito di imparare di utilizzare e di testare il nuovo software. Attualmente sono impegnati in un confronto tra CASA e pacchetti software per la riduzione di dati radio interferometrici già esistenti. In particolare stanno valutando le performances dei diversi software relativamente alla riduzione e produzione di mosaici e al trattamento dei dati di polarizzazione. Uno dei postdoc ha la qualifica di system manager, e si occupa dello sviluppo della tecnologia GRID. Vari membri del Gruppo di Lavoro ARC si occupano di testare il pacchetto software per la preparazione delle osservazioni con ALMA (AOT). Inoltre, membri dell'ARC parteciperanno alla fase del Commissioning and Science Verification (probabilmente inizio 2010).

L'ARC dovrà essere completamente operativo per la prima "Call for proposals for Early Science" di ALMA (2010). Il piano di sviluppo dell'ARC prevede che a quella data ci siano 1 FTE costituito da personale dell'IRA, 3 post-docs, e 1 system manager. Negli anni successivi, con il funzionamento a regime dell'ARC, lo staff includerà anche una unità di personale amministrativo con compiti di segreteria, e il numero di post-doc salirà a 4. Mentre i primi postdoc si stanno occupando soprattutto della tecnica di riduzione dati, quelli che seguiranno dovranno avere competenze scientifiche nell'ambito dell'astronomia interferometrica millimetrica, per consentire un supporto adeguato sia al livello tecnico che al livello scientifico.

L'ARC dovrà inoltre provvedere ad una capacità di archiviazione di almeno ca. 100 Terabyte e un'adeguata potenza di calcolo.

L'ARC, una volta reso completamente operativo, dovrà rimanere in funzione per almeno 10 anni.

VST

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione, Supporto				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	800	250	250	1.300	Stima delle spese di completamento della cella M1 e dell'esapodo M2 nonché il rimontaggio a Paranal. Per gli anni successivi la cifra indicata si riferisce alle spese fisse come da MOU OAC-ESO.

Costruzione

La costruzione del VLT Survey Telescope (VST) è giunta nella fase finale grazie allo sforzo congiunto di parte del gruppo tecnologico di Napoli, del management del dipartimento progetti ed all' aiuto di gruppi tecnologici dell'INAF non originariamente coinvolti nel progetto VST.

Nel giugno 2007, la parte del telescopio relativa alla movimentazione dei 3 assi è stata spedita in Cile presso il sito ESO di Paranal. Sono subito iniziate le attività di integrazione in situ coordinate da un team INAF supportato da personale industriale, attività terminate con successo nel Marzo 2008. Le prestazioni della movimentazione sono in specifica. Lo specchio, replica di quello frantumatosi durante il trasporto nel 2002, è giunto integro a Paranal nel Maggio 2007 ed è di ottima qualità ottica.

La cella dello specchio primario, che presentava numerosi problemi sia a livello di attuatori che di sistema, è stata oggetto di una riprogettazione realizzata avvalendosi di supporto industriale qualificato (Tomelleri e BCV progetti). In dettaglio, gli attuatori assiali sono stati modificati per migliorarne prestazioni ed affidabilità, gli attuatori radiali sono stati sostituiti da un sistema di leve astatiche e sono stati inoltre progettati dispositivi di sicurezza anti-terremoto nonché "punti fissi" sia assiali che laterali (assenti nella precedente configurazione). Le attività previste sono state completate e la cella è stata spedita a fine Marzo 2009 a Paranal.

Le unità ausiliarie della cella di M1 sono state oggetto di verifica funzionale e di prestazioni da parte di una ditta specializzata. In seguito alle difficoltà emerse le unità ausiliarie sono state prese in carico da un gruppo dell'OA di Padova che ha provveduto al refurbishment ed al test delle unità ora perfettamente funzionanti.

Le attività di refurbishment dell'unità di M2 (ovvero dell'esapodo primario e della relativa unità di controllo, del sistema di leve astatiche e ad una verifica globale del sistema integrato utilizzando uno specchio dummy) sono state affidate ad una ditta qualificata che (ADS) che ha terminato con successo i lavori affidatigli. L'unità M2 è stata spedita a Paranal e montata nei primi mesi del 2009.

Nella schedula attuale il telescopio dovrebbe essere completato e testato a Paranal entro la fine del 2009.

Supporto

INAF, in base al MOU tra OAC ed ESO ha diritto ad una frazione di tempo osservativo, da negoziarsi, e a partire dal 2010 dovrebbe fruirne con un costo di supporto a Paranal come indicato in tabella.

VERY LARGE TELESCOPE

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso, Strumentazione				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	500	700	1000	2.200	Comprende i finanziamenti per X-shooter, SPHERE ed EXPRESS e per il 2009-2010 eventuali contributi a strumenti attualmente in fase di approvazione da parte ESO

Accesso

IL VLT certamente rappresenta per il prossimo triennio l'insieme di telescopi di uso primario per la comunità ottica italiana. L'accesso al tempo di osservazione, gestito da ESO, avviene attraverso un processo di peer-review dei progetti scientifici paritetico per tutti i paesi membri dell'ESO. A riguardo occorre implementare un meccanismo di finanziamento automatico dei progetti accettati (come avviene in altri

paesi, ad esempio nel Regno Unito) proporzionale al tempo di osservazione attribuito, che garantisca una efficiente analisi dati, la discussione degli stessi con eventuali collaboratori, soprattutto nel caso di collaboratori esteri, la pubblicazione degli stessi, e la partecipazione a congressi per la presentazione degli stessi. Una cifra tra i mille ed i duemila euro a notte (a seconda del progetto) appare congrua. 18% di 1200 notti equivale a 200 notti all'anno (se rispettata la quota) che equivale a circa 300 mila euro all'anno.

Strumentazione

La realizzazione di uno spettrografo di seconda generazione per il fuoco Cassegrain di un'unità VLT è stata completata nel 2008 ed ora lo spettrografo è in fase di commissioning. Questo spettrografo, denominato **X-shooter**, opera a risoluzioni intermedie ($R=4000-14000$ a seconda della banda spettrale e larghezza della fenditura) coprendo in una singola esposizione l'intero intervallo spettrale dall'UV alla banda K. Tale copertura avviene ripartendo il fascio mediante dicroici verso 3 spettrografi ottimizzati rispettivamente per la banda UV, la banda Visibile e l'Infrarosso. X-shooter è realizzato da un Consorzio di Istituti appartenenti a 4 nazioni europee, Danimarca, Francia, Italia ed Olanda e da personale di ESO. L'INAF, attraverso gli Osservatori di Brera, Catania, Trieste, Palermo e l'Istituto di Astrofisica Spaziale di Milano, contribuisce ad X-shooter con la realizzazione del canale visibile e la responsabilità dell'intero software di controllo dello strumento. A fronte del contributo in personale ed in attrezzature ESO riconoscerà 46 notti VLT garantite alla comunità Italiana.

L'Italia partecipa alla costruzione di un Planet Finder, ora denominato **SPHERE**, strumento VLT di seconda generazione, per la ricerca di pianeti extrasolari attraverso imaging, spettroscopia e polarimetria.

Le osservazioni dei verranno effettuate nelle bande Y, J, H e K ($\sim 0.95 - 2.32\mu\text{m}$) per mezzo della dual-camera IRDIS, lo spettrografo di campo integrale IFS e la camera Zimpol per la polarimetria a modulazione rapida. Lo strumento utilizza un sistema di ottica adattiva molto sofisticato ed un coronografo. L'obiettivo è quello di rivelare pianeti extrasolari giganti in prossimità di stelle brillanti e, quando possibile, caratterizzarne le proprietà fisiche. L'entrata in funzione è attualmente schedata per il 2011. Il consorzio internazionale che costruisce lo strumento è guidato da Grenoble (LAOG) ed include istituti francesi, italiani, tedeschi, svizzeri ed olandesi. L'INAF ha la responsabilità dello sviluppo dell'IFS, inclusi il montaggio, l'integrazione ed i test. È inoltre responsabile del control SW dell'intero strumento e partecipa attivamente alla definizione dei goals scientifici ed alla preparazione della grande survey che sfrutterà lo strumento.

ESPRESSO

(Echelle Spectrograph for PREcision Super Stable Observations, spettrografo echelle per osservazioni super stabili di precisione) è la proposta per il VLT di un precursore di CODEX, uno spettrografo ottico super stabile e ad alta risoluzione da destinare allo E-ELT per misurare direttamente la variazione nel tempo del tasso di espansione dell'Universo, studiare la variabilità delle costanti fondamentali, rivelare pianeti extra-solari di tipo terrestre. Il precursore non ha solo lo scopo di verificare la fattibilità di CODEX e, in particolare, approfondire alcuni aspetti operazionali e di sviluppo ma ha anche un proprio notevole potenziale scientifico (cf i recenti progressi nella ricerca dei pianeti extra-solari, prodotti dall'esperimento HARPS).

Sarà esplorata la possibilità di usare lo strumento al fuoco combinato incoerente del VLT. Questa configurazione (equivalente ad un telescopio di 16 m di diametro), aumenterebbe la magnitudine limite di ESPRESSO e sarebbe essenziale per sperimentare componenti critiche in vista di uno strumento equivalente per E-ELT.

Il gruppo di istituti (Institute of Astronomy di Cambridge, Observatoire de Geneve, INAF) che ha lavorato allo studio di CODEX ha convenuto di continuare con la proposta di CODEX per E-ELT e quindi procedere ad uno studio completo di Fase A per l'implementazione di ESPRESSO al VLT e ad essi si è recentemente unito l'Istituto de Astrofisica de Canarias (IAC). Lo studio si è concluso con la consegna della documentazione di Fase A nell'Ottobre 2009.

Va inoltre ricordato che gruppi italiani hanno partecipato alla proposta dello strumento interferometrico VSI, su cui INAF dovrà decidere la strategia ed il livello di partecipazione, essendo uno strumento che verrà finanziato essenzialmente su fondi nazionali dei paesi partecipanti al consorzio.

REM

Azioni raccomandate dal PLT	n.d.				
	2009	2010	2011	totale	note
Riepilogo finanziario (K€)	140	140	140	420	Comprende la cifra dovuta ad ESO in base al MOU per l'istallazione ed il supporto a La Silla e la manutenzione del telescopio

Il telescopio REM, realizzato da un consorzio di Osservatori italiani, guidati dall'Osservatorio di Brera, è stato completato e messo in funzione nel 2003 a La Silla, Cile. Può osservare contemporaneamente nel visibile e nel vicino infrarosso grazie a un dicroico e alle due camere, dotate di un set standard di filtri. Il suo funzionamento è completamente robotico e la serie di osservazioni notturne viene decisa dal proprio sistema operativo sulla base delle richieste inviate offline. Il suo breve tempo di risposta (30/40 sec tra comando e prima osservazione sul target), lo rende adatto allo studio di transienti veloci. Il suo primo scopo è infatti quello di reagire agli alert dei satelliti allo scoppio dei GRB: le osservazioni di REM hanno infatti permesso di vedere chiaramente la fase di massimo della luce infrarossa dell'afterglow, pochi secondi dopo lo scoppio.

Dal gennaio 2007 viene offerto per il suo tempo non GRB alla comunità italiana e internazionale attraverso call for proposal semestrali, valutati dal TAC-INAF. Online sulle pagine www.rem.inaf.it

Strumentazione Telescopio Nazionale Galileo

Azioni raccomandate dal PLT	Strumentazione				
	2009	2010	2011	totale	note
Riepilogo finanziario (K€)	100			100	

GIANO

Lo strumento di seconda luce "GIANO" è uno spettrografo ad alta risoluzione (fino a $R=50000$) per lunghezze d'onda infrarosse che, unico al mondo, permette la copertura completa di tutto l'intervallo spettrale 0.95-2.5 micron in una singola esposizione. Lo strumento permette anche di ottenere spettri completi 0.8-2.5 micron con altissima efficienza, paragonabile a quella del prisma di Amici di NICS, e con potere risolutivo dieci volte superiore ($RS=400$). GIANO include anche una cella di assorbimento, per misure ultra-precise di velocità radiale, ed un modulo polarimetrico per misure di polarizzazione lineare e circolare. Alcuni tra i principali obiettivi scientifici per il modo ad alta risoluzione sono la ricerca di pianeti con condizioni abitabili intorno a stelle di piccola massa, la determinazione dei parametri fisici e chimici delle atmosfere di nane marroni e lo studio dell'evoluzione chimica in popolazioni stellari di alta metallicità. Nel modo a bassa risoluzione GIANO sarà particolarmente adatto per lo studio spettroscopico di QSOs ad alto redshift, di galassie rosse (EROs) a $z=1-2$, e per la determinazione dei parametri fisici e chimici di oggetti minori del sistema solare. Un ulteriore vantaggio di GIANO è che, essendo permanentemente posizionato sulla stessa stazione focale di DOLORES e SARG, permette di ottenere spettri completi ottici - infrarossi con un minimo (<10 min) di tempo necessario per il passaggio da uno strumento all'altro.

Il nome GIANO non è un acronimo. È stato scelto per sottolineare la peculiare caratteristica dello strumento di avere due modi osservativi molto distinti tra loro ed entrambi altamente ottimizzati. Lo strumento è stato proposto in risposta al bando per strumentazione di seconda generazione per il TNG dell'ottobre 2002, e selezionato nella primavera 2003. Il primo finanziamento per lo studio di fattibilità è stato deliberato nell'estate 2003. Il documento di PDR (preliminary design review) è stato consegnato a fine 2003 ed approvato a metà del 2004. Il primo documento di FDR (final design review) è stato consegnato alla fine del 2004, per un costo previsto di 1.55 milioni di euro che è stato sostanzialmente rispettato. Lo strumento è ora in fase di test presso i laboratori dell'Osservatorio di Arcetri. Il commissioning al telescopio per il canale ad alta risoluzione dovrebbe iniziare nell'estate del 2009.

Per informazioni aggiornate si consulti il sito [<http://www.bo.astro.it/giano/>]

LARGE BINOCULAR TELESCOPE

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso, Strumentazione, Supporto				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	4.350	4.550	4.550	13.450	Comprende la quota (cash) di partecipazione alla Corporation, il contributo in kind per la costruzione degli specchi adattivi e della AO, la costruzione dell'interferometro NIRVANA e costo della struttura italiana per LBT. Per i 2009 è altresì prevista la partecipazione alla costruzione delle laser guide-stars.

Il Large Binocular Telescope (LBT) nasce dalla collaborazione fra Istituti di Ricerca italiani, statunitensi e tedeschi. I partners sono riuniti nella “LBT Corporation”, organizzazione no-profit fondata nel 1992. Compito della Corporation è stato in passato quello di realizzare il Large Binocular Telescope, mentre nel presente il compito primario è di gestire le attività dell’Osservatorio LBT.

I Partners del progetto LBT sono: INAF – Istituto Nazionale di Astrofisica per il 25%, University of Arizona (Tucson, Arizona) per il 25%, Ohio State University (Columbus, Ohio) per il 12,5%, la Research Corporation (Tucson, Arizona) per il 12,5%, e la LBT Beteiligungs Gesellschaft, che rappresenta un consorzio di Istituti ed Università tedesche, per il rimanente 25%.

Il telescopio, progettato e costruito in Italia, è il più grande telescopio a montatura singola mai costruito. Alto 25 metri, largo 23, costato sino ad ora circa 110 milioni di dollari è situato nell’Osservatorio internazionale del Monte Graham, in Arizona (USA). La sua particolarità è di essere un “binocolo”; è, infatti, costituito da due specchi di 8.4 metri ciascuno accoppiati in un’unica montatura meccanica. Sarà più potente non solo dell’attuale maggiore telescopio terrestre, il Keck delle Hawaii (10 metri, contro gli 11.8 equivalenti dei due specchi accoppiati di LBT), ma anche del Telescopio Spaziale Hubble: la risoluzione angolare di LBT (cioè la capacità di cogliere i dettagli) sarà infatti equivalente a quella di un telescopio con un unico specchio di 22.8 metri di diametro, circa dieci volte superiore a quella di Hubble.

LBT utilizza un sistema di ottiche adattive integrato nel telescopio, i cui specchi secondari sono deformabili con grande accuratezza e velocità per controllare la qualità delle immagini. Questa tecnica, in cui l’Italia è indiscusso leader a livello mondiale, consente al telescopio di ottenere immagini estremamente nitide, controbilanciando l’effetto dell’atmosfera che tende, col suo perenne movimento, a creare immagini “confuse” degli oggetti celesti. 672 magneti controllati da un computer agiscono su ciascuno dei due specchi secondari di LBT, deformandoli in tempo reale, in risposta alle variazioni della turbolenza atmosferica e mantenendo così sempre nitida l’immagine che si va formando. L’impiego dell’ottica adattiva e dell’interferometria ottica, possibile grazie alla struttura binoculare, rendono LBT uno strumento unico per l’astronomia.

Il Large Binocular Telescope si eleva su un supporto alto-azimutale. La struttura del supporto ottico di elevazione si sposta su due grandi anelli a forma di “C”. I due specchi primari di 8.4 m di diametro sono montati a una distanza di 14.4 m tra i due centri. L’utilizzo di bracci mobili per ruotare gli specchi secondari e terziari con i loro supporti, onde possibile cambiare rapidamente l’assetto del telescopio per passare da un’osservazione all’altra. La breve lunghezza focale degli specchi primari (F/1.142) permette che la struttura del telescopio sia molto compatta e quindi rigida.

Già nel 2007, con il primo strumento installato, la “Large Binocular Camera” (LBC) costruita in Italia, si sono effettuate ad LBT le prime vere osservazioni scientifiche nella forma di “Science Demonstration Time” di LBC. Le osservazioni con entrambe le camere di LBC in modo binoculare proseguono regolarmente dal gennaio 2008 dopo la decisione del Board di LBT di dedicare il 50% del tempo ad osservazioni scientifiche.

A metà del 2008 è stato installato il secondo strumento, LUCIFERa, uno spettrografo-imager nel vicino IR che può lavorare sia in modo “seeing limited” che in modo adattivo. Con l’installazione di LUCIFERa si sono purtroppo evidenziati numerosi problemi sul comportamento del telescopio non perfettamente a punto in numerose sue componenti che sino ad ora non hanno permesso di effettuare osservazioni scientifiche in IR. È stato approntato un piano straordinario di messa a punto che dovrebbe consentire l’attivazione di questo tipo di osservazioni entro l’autunno del 2009. Se questo piano avrà successo si riprenderanno le osservazioni scientifiche sia con LBC che con LUCIFER per il 50% del tempo.

Alla fine del 2009 verrà consegnato ad LBT il primo secondario adattivo, ora in fase completamento in Italia, che verrà usato da LUCIFERa e che sarà seguito dalla seconda unità (in congiunzione con LUCIFERb) nel 2010. Il 2009 vedrà anche l’installazione del terzo strumento, lo spettrografo ottico seeing limited MODS. In seguito verrà implementata l’interferometria con due strumenti, LINC-NIRVANA (anch’esso con importante partecipazione Italiana) nel vicino IR e LBTI nel medio IR ed un sistema di Laser Guide Stars per massimizzare l’efficienza dei sistemi adattivi.

Accesso

Per consentire l’accesso al tempo di osservazioni italiano nel 2008 è stato implementato, oltre alle usuali procedure di call for proposals e di review delle proposte, un Queuing Service Observing Mode per le osservazioni approvate in una forma ancora preliminare e limitata ad LBC, che dovrà essere estesa per coprire le necessità derivanti dai nuovi strumenti e dell’aumento delle notti utilizzabili. Va inoltre ricordato che il sistema di archiviazione dei dati raw di LBT è implementato presso l’IA2 di Trieste che provvede anche all’archiviazione dei dati del TNG. Contemporaneamente, per i dati provenienti da LBC è in funzione presso l’Osservatorio di Roma un servizio di analisi dati che permette agli osservatori di avere a disposizione science frames senza alcun intervento di riduzione dei dati da parte loro.

Supporto

A supporto della partecipazione italiana, sarà creato nel 2009 un Ufficio per la gestione delle Osservazioni con LBT con il compito di garantire assistere la comunità scientifica in tutte le fasi osservative e di garantirne un adeguato supporto tecnico logistico.

Croce del Nord, Parabole di Medicina e Noto ed EVN

Azioni raccomandate dal PLT	Azioni specifiche				note
	2008	2009	2010	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	1.200	1.200	2.100	3.600	Le cifre indicate includono: spese per la partecipazione alla rete VLBI (inclusa partecipazione al consorzio europeo JIVE) e relativi upgrade di strumentazione. Sono inoltre comprese le spese relative al servizio di protezione radiofrequenze la manutenzione straordinaria delle antenne di Medicina (cremagliera) e Noto (rotaia), ascensori e verniciatura suddivise nei tre anni.

LA CROCE DEL NORD

Lo strumento, di proprietà dell'Università di Bologna, viene gestito dall'Istituto di Radioastronomia tramite convenzione. Dalla sua realizzazione quaranta anni fa, la Croce del Nord ha prodotto cataloghi di radio sorgenti, e ha permesso lo studio della variabilità a bassa frequenza dei blazars e di oggetti particolari come le pulsar.

Attualmente la sua grande area di raccolta fa della Croce un banco di prova unico per lo sviluppo di tecnologie osservative innovative (adaptive-beam forming, multi-beaming e RFI mitigation) e della relativa componentistica, utilizzate per lo sviluppo del radiotelescopio del futuro Square Kilometre Array (SKA). Questa attività è finanziata dalla Comunità Europea nell'ambito del progetto SKADS (FP6) e PrepSKA (FP7). Sino ad ora è stata completata la fase 1 di un dimostratore di SKA denominato BEST ed è stata quasi completata la fase 2 che prevede l'installazione di low noise amplifiers sull'intero ramo Nord Sud. I risultati sino ad ora ottenuti su beam forming e reiezione RFI sono estremamente interessanti ed appaiono come le tecniche più promettenti da applicarsi al futuro SKA. Il completamento della fase 3 (Installazione di low noise amplifiers sul ramo Nord Sud) necessita di ulteriori risorse, che non sono più garantite in toto in ambito comunitario al termine del programma SKADS nel 2009 e del programma PrepSka nel 2011. Esiste tuttavia un forte interesse di industrie italiane a partecipare al progetto che garantirebbe loro l'acquisizione di tecnologie di avanguardia, da utilizzare non solo nel puro ambito astronomico.

Al momento è anche in corso un progetto pilota, finanziato dall'Università di Bologna, che prevede la modifica di parte della Croce del Nord per il suo utilizzo come elemento lontano del radiotelescopio olandese di nuova generazione "Low Frequency Array" (LOFAR), al quale sono interessate diverse nazioni europee tra cui Germania, Inghilterra e Francia. Il primo passo è quello di verificare le prestazioni di LOFAR su una linea di base di circa 1000 km, utilizzando il collegamento in fibra ottica tra Medicina e l'Olanda, esperimento previsto per la metà del 2009.

Inoltre si sta concretizzando la possibilità di fare entrare la stazione Medicina nei programmi di monitoraggio dei detriti spaziali all'interno del programma ESA Space Situational Awareness Activities (attraverso ASI).

Parabole di Medicina e Noto

Le due parabole di Medicina e Noto sono dotate di strumentazione di prima qualità e permettono prestazioni di ottimo livello. Questo le rende elementi di eccellenza nelle attività osservative di Consorzi internazionali quali l'European VLBI Network, [EVN, <http://www.evlbi.org>], anche tramite la partecipazione al Joint Institute for Very Long Baseline Interferometry in Europe [JIVE <http://www.jive.nl>], il Global Millimeter VLBI Array [<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/div/vlbi/globalmm/>], l'International VLBI Service for Geodesy and Astrometry [<http://ivscc.gsfc.nasa.gov/>]. Grazie ad esse e alla qualità dei dati osservativi forniti ai vari Network, unanimemente riconosciuta di alto livello, la radioastronomia italiana partecipa a programmi internazionali di sviluppo tecnologico di grande respiro, come RadioNet (in FP6 ed FP7) e EXPReS (FP6). In ambito europeo, la parabola di Medicina è una delle poche capaci di cambiare la frequenza osservativa in modo completamente automatico con tempi che vanno dai 3 secondi ai 4 minuti.

È inoltre una delle poche che ha connessione in fibra ottica ad alta velocità alle reti internazionali, permettendo il trasferimento dei dati in tempo reale su distanze di migliaia di km. Questa tecnologia rappresenta un modo operativo che sta cambiando radicalmente l'utilizzo della rete VLBI ed è inoltre alla base del funzionamento dei futuri radiotelescopi di nuova generazione quali LOFAR e SKA. La parabola di Noto è l'unica ad avere lo specchio primario dotato di superficie attiva. Questo sistema, completamente progettato dall'Istituto di Radioastronomia e che viene replicato in SRT, consente all'antenna di operare a 43 GHz con una efficienza costante a tutte le elevazioni di puntamento del 45%. Sono in corso tests a 86 GHz dove si prevede arrivare a una efficienza del 35%.

Occorre notare l'importanza delle due antenne come nodi della rete per il VLBI geodetico. In particolare, la collocazione dell'antenna di Noto nella punta Sud della Sicilia (placca continentale africana) permette il monitoraggio dei moti crostali relativi della piattaforma europea e dell'Italia.

Le antenne sono utilizzate durante tutto l'arco dell'anno. Per circa 60 giorni (24 ore su 24) osservano per le sessioni coordinate dall'European VLBI Network e per 30 giorni per l'International VLBI Service for Geodesy and Astrometry. L'antenna di Medicina partecipa anche alle osservazioni e-VLBI (cioè nella rete VLBI connessa in fibra ottica). Se si esclude il periodo di manutenzione, test di strumenti e calibrazioni (circa 60 giorni), il resto del tempo è impiegato per osservazioni single-dish in continuo (variabilità di blazars) e spettroscopia (masers OH, H₂O, metanolo). I programmi, sottoposti da ricercatori di varie istituzioni italiane e straniere, sono selezionati dal TAC esaminando le richieste pervenute. Il tempo totale richiesto è sempre superiore alle disponibilità.

La prospettiva futura è la collaborazione con ESA per esperimenti di Radio Science, e la partecipazione alle osservazioni del VLBI spaziale (satellite giapponese VSOP2, lancio 2012).

Per quanto riguarda lo stato strutturale, entrambe le parabole risentono il peso di 20 anni di intensa attività osservativa. In particolare si cominciano ad evidenziare per entrambe cedimenti fisiologici nella movimentazione dovuti all'usura. A Medicina sono la cremagliera e pignone dell'Elevazione ad essere compromessi, mentre a Noto è la rotaia a mostrare deterioramento non essendo mai stata sostituita nei 20 anni successivi alla costruzione. Inoltre, si rendono necessari interventi sugli ascensori e sulla struttura, in aggiunta alla necessità di rinnovare la strumentazione e le apparecchiature di supporto (ricevitori, analizzatori di spettro, sintetizzatori, ecc.).

Protezione Radio Frequenze

L'attività di protezione delle frequenze assegnate al servizio di radioastronomia consiste di interventi locali, cioè campagne di monitoraggio giornaliero delle bande riservate alla radioastronomia per l'identificazione delle interferenze e della loro ubicazione e azioni attraverso gli Uffici Territoriali competenti, e di interventi nazionali per contatti diretti con l'Amministrazione Nazionale (Ministero Comunicazioni). A livello internazionale, è garantita la partecipazione alle azioni del Committee for Astronomical Frequencies (CRAF), organismo coordinato sotto l'egida della European Science Foundation.

LOFAR e SKA

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso, Strumentazione, Supporto, Costruzione				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	1.300	300	300	1.900	Le cifre indicate includono la partecipazione ai progetti europei SKADS e PREPSKA, nonché la possibile acquisizione di una stazione LOFAR

Questo è un progetto [www.lofar.org] portato avanti da 15 istituti olandesi con contributi in rapida crescita a livello europeo (è stato creato un apposito consorzio di istituti tedeschi per porre stazioni in Germania, lo stesso si verifica in UK, e in Francia; anche la Svezia partecipa). Lo strumento, che coprirà le frequenze 10-240 MHz (1.5-30 m), sarà costituito da un insieme di circa 100 stazioni osservative radio di nuova generazione, ciascuna delle quali costituita da circa 200 antenne *fisse*: la novità è costituita dal “puntare” elettronicamente questo insieme di antenne tramite ritardi di fase (“digital beamforming”). A questa novità si aggiunge il fatto che tutti i segnali saranno analizzati in tempo reale tramite reti ad alta velocità che collegano le stazioni ad un supercomputer centrale che correlerà i dati. Gli scopi scientifici sono moltissimi, la maggior parte dei quali di sicuro interesse per INAF e di importanza tale da auspicare una partecipazione diretta in questa impresa, sia con una l’acquire una stazione presso il sito di Medicina, già servito da fibra ottica, e/o con un opportuno upgrade della Croce del Nord, come discusso sopra, sia con una ulteriore possibile estensione delle baselines con l’avere una vicino all’antenna di SRT, che anch’essa sarà connessa a breve in fibra ottica. INAF ha mostrato tutto il suo interesse alla acquisizioni di stazioni Lofar sottoscrivendo alla fine del 2008 una lettera di intenti inviata al consorzio internazionale Lofar. La realizzazione di una Stazione LOFAR in Sardegna è stata inserita fra le attività proposte nell’ambito di un Progetto Integrato di Sviluppo Regionale, presentato in risposta ad un avviso recente del POR Sardegna mentre per la stazione a Medicina è stata presentata una domanda PRIN.

SKA

Il progetto **SKA**, costituisce il più ambizioso progetto radioastronomico attualmente in fase di studio e come tale, raccomandato dalla *ESFRI List*. Il network previsto coprirà infatti le frequenze 0.1-25 GHz mediante 1 Km² di area collettore pertanto, considerate le dimensioni ed i costi conseguentemente previsti (1000 – 10500 M€), vede necessariamente un coinvolgimento mondiale.

Azioni Specifiche

La partecipazione europea al progetto è articolata attraverso le seguenti azioni:

SKA DESIGN STUDY: studio preliminare di fattibilità, finanziato nell’ambito del Sesto Programma Quadro, iniziato il 1 Luglio 2005 con termine nel 2009. In particolare l’INAF, che ne è partner, sta riconvertendo gradualmente le sezioni della attuale Croce del Nord in uno dei prototipi (BEST2) che consentiranno di effettuare una ragionata scelta finale del sistema d’antenna. Attualmente è stata completata la fase denominata BEST-2, che consiste nella installazione di 32 Low Noise Amplifiers su 8 antenne del ramo Nord-Sud della Croce, nei tempi previsti dal programma.

MARIE CURIE CONFERENCES AND TRAINING SKA-DS:

programma, per consentire a giovani ricercatori e tecnologi di inserirsi nelle attività del progetto.

PREPSKA

Preparazione alla realizzazione del progetto approvato dalla Commissione Europea nel FP7 ed articolato in una serie di work packages di carattere organizzativo per SKA (Governance, Financing ed Industrial Procurement, quest'ultimo a leadership INAF) e di carattere tecnico (selezione del sito e progettazione). Inaf partecipa a tutti questi work packages in maniera qualificata attraverso l'IRA, OAC ed Arcetri e, per quanto concerne la parte organizzativa e gestionale attraverso il Dipartimento Progetti.

SRT

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	300	1.500	1.500	2.100	La cifre indicate corrispondono al rateo del mutuo SRT.

Costruzione

Il Sardinia Radio Telescope è un paraboloide da 64m di diametro, che è in via di costruzione e sarà il più grande radiotelescopio italiano. Il suo completamento è previsto per la fine del I 2009. Il suo utilizzo sarà sia in modalità singola antenna che come terzo polo italiano del VLBI. Dettagli sul progetto e sulle tematiche scientifiche sono presentati sulla pagina web del progetto (<http://www.srt.inaf.it>). Le scelte costruttive e le correzioni attive lo rendono capace di operare su un grande intervallo di frequenze (da 0.3 a 100 GHz) con un grande campo di vista e i numerosi fuochi sono facilmente accessibili. Al momento sono previsti tre ricevitori, uno per ognuna delle posizioni focali principali: un ricevitore dual frequency 300MHz-1.4GHz, per fuoco primario, pensato principalmente per applicazioni nell'ambito del EPTN (European Pulsar Timing Array), un ricevitore multibeam a 22 GHz per il fuoco Gregoriano, pensato principalmente per effettuare grandi survey di cielo spettroscopiche, polarimetriche o in total power, sfruttando la larga banda di acquisizione, e un ricevitore a 6,7 GHz pensato principalmente per osservazioni del Metanolo e osservazioni VLBI. Il sito di SRT sarà inserito nella rete telematica a larga banda della regione Sardegna con risorse messe a disposizione di recente del Governo regionale e quindi avrà la possibilità di operare in e-VLBI. Inoltre ospiterà un polo della rete di supercalcolo regionale "CyberSAR", gestita dal Consorzio Cosmolab, di cui l'INAF fa parte. Durante il 2008 -2009, in parallelo al completamento dello strumento e delle infrastrutture edilizie, sono previste attività sistematiche di monitoraggio del sito che consentiranno, in due anni, di caratterizzarlo sia dal punto di vista elettromagnetico, sia dal punto di vista della trasparenza ad alte frequenze.

Di recente l'INAF ha concluso un'importante trattativa con l'ASI, che si è conclusa con la stipula di un accordo per il completamento del Complesso (SRT e Stazione), che vede un significativo contributo economico dell'ASI, a fronte di un tempo di utilizzo garantito del 20%. Il quadro economico di massima per portare rapidamente SRT e la Stazione ad un "regime di operatività altamente competitivo", allegato all'accordo con l'ASI, prevede sostanziose risorse necessarie per la strumentazione accessoria e per gli apparati di Stazione, per un totale di 12.7 M€.

La costruzione di SRT è sostanzialmente in schedula e si prevede il completamento dell'infrastruttura entro i primi mesi del 2010. Le cifre indicate per il 2010 e 2011 si riferiscono alla gestione dell'antenna.

Astrofisica TeV e Telescopi Cherenkov

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione e accesso				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	650	650	1.000	2.300	La cifra include la partecipazione a MAGIC, La partecipazione a CTA sarà oggetto di una eventuale decisione nel corso del 2009. Una stima della quota di eventuale partecipazione è inclusa

L'astronomia gamma di alta energia (Very High Energy, VHE), tra 0.1 e 10 TeV, ha raggiunto negli ultimi anni risultati eccezionali, con profonde e sorprendenti implicazioni sui modelli teorici e sui meccanismi di emissione delle sorgenti osservate. I dati forniti dai telescopi Cherenkov di ultima generazione hanno infatti portato alla scoperta di nuove sorgenti e hanno rivelato un cielo ricco di diverse morfologie.

Nel breve futuro la comunità scientifica internazionale punta quindi a incrementare gli sforzi di ricerca in questo settore seguendo due strategie:

1. rafforzando gli apparati Cherenkov funzionanti da terra già esistenti o in corso di realizzazione, quali i grandi esperimenti:

HESS: costituito da 4 telescopi gemelli con diametro di 12m e situato in Namibia, l'apparato fa capo all'Istituto MPIK di Heidelberg (con partecipazioni francesi e britanniche) ed è operativo dal 2004.

MAGIC: situato alle Canarie, usa due telescopi di diametro di 17m e i partecipanti sono MPG (Germania), INFN ed INAF (Italia), and CICYT (Spagna).

VERITAS: un array di 4 telescopi del diametro di 12 metri operativo a Mount Hopkins in Arizona (USA) e gestito da un consorzio di Università americane.

2. successivamente cercando di realizzare il **CTA - Cherenkov Telescope Array**.

La comunità scientifica nazionale investe un notevole interesse nella partecipazione agli sviluppi dei telescopi Cherenkov ed al futuro CTA. L'interesse si manifesta sia per gli aspetti teorici ed osservativi che per quelli strumentali, ivi compresi i metodi di fabbricazione di specchi (Osservatorio di Brera) e lo sviluppo di telescopi Cherenkov non convenzionali basati su lenti di Fresnel a largo campo (progetto GAW a IASF/Palermo).

Nel 2007-2008 INAF ha firmato una serie di MoU con la collaborazione MAGIC (preliminare nel 2007, definitivo nel 2008), in forza dei quali INAF ha fornito 104 pannelli di circa un mq ciascuno per coprire metà della superficie di MAGIC II. La tecnica adottata è quella di sandwich di vetro messi "in forma" tramite cold slumping. Il valore di investimento attribuito a questo contributo è stato di 300 keuro, inclusivi sia del contratto industriale (Media Lario) sia dell'attività di ricerca e sviluppo (Oss. di

Brera e Padova). Il successivo montaggio degli specchi a La Palma è stato curato da personale INAF degli Osservatorio di Brera, Padova e TNG.

In conseguenza del MoU INAF ha il diritto di partecipare al Board della collaborazione; sei full scientist e due postdoc sono coinvolti nelle attività scientifiche e di gestione, e compaiono nella authorship dei lavori MAGIC; altri scienziati INAF possono essere coinvolti on a caseby case basis.

Costruzione

Con la costruzione del secondo telescopio, che opera simultaneamente al primo in stereoscopia, MAGIC II ha ottenuto un miglioramento della risoluzione angolare e l'abbassamento della soglia di energia sotto i 50 GeV. Le migliorate prestazioni consentono un effettivo raccordo con la banda spettrale dell'astronomia gamma dallo spazio di grande tradizione scientifica e di grande interesse attuale per la comunità INAF per il ruolo primario che essa svolge su AGILE e per l'apporto che dà a Fermi. Parallelamente, in collaborazione con gruppi spagnoli e portoghesi, vengono esplorate nuove tecniche sperimentali ed osservative con l'implementazione presso l'osservatorio di Calar Alto (Spagna) del prototipo di GAW orientato alla realizzazione di un grande campo al TeV.

Per la realizzazione del CTA - *Cherenkov Telescope Array* la comunità scientifica europea, inclusi INFN e INAF, ha avviato un'attività di coordinamento preliminare teso a delineare il contesto di tale progetto, in particolare a definire:

- obiettivi e caratteristiche dell'array
- modalità di localizzazione del sito d'impianto
- attività di monitoraggio delle caratteristiche atmosferiche dei siti candidati
- parametri di costruzione
- ottimizzazione dell'array
- organizzazione delle operazioni tecnico-scientifiche
- modalità di realizzazione che soddisfino criteri di rapidità ed economicità
- governance, procurement e stato giuridico dell'entità preposta alla sua costruzione e gestione in ambito pan-europeo

L'inserimento di CTA nella lista ESFRI 2008 di infrastrutture di interesse europeo apre la possibilità di ottenere al prossimo call for proposal previsto per la fine del 2009 finanziamenti sostanziali per la fase di progettazione dell'array.

Occorre notare inoltre che il gruppo americano proponente dell'analogo di CTA denominato AGIS ha dimostrato grande interesse per la tecnologia degli specchi Magic sviluppata all'Osservatorio di Brera.

Altre attività nell'ambito dell'Astrofisica delle alte energie

L'interesse allo studio della radiazione cosmica primaria di alta ed altissima energia viene da motivazioni legate alla comprensione della natura dei primari e dei processi astrofisici che li accelerano e dalla fisica particellare in quanto i raggi cosmici permettono di esplorare la fisica delle interazioni elementari ad energie più alte di quelle raggiungibili con gli acceleratori. Lo studio sperimentale dei neutrini emessi dai collassi gravitazionali stellari permette di ottenere informazioni dirette sulle fasi finali delle più accreditate sorgenti di raggi cosmici (SuperNova, SN) e può aggiungere informazione agli studi sulla massa del neutrino e sulle ipotesi di

oscillazione in modo complementare rispetto agli esperimenti sui neutrini solari, atmosferici e terrestri.

I progetti da terra sono quindi finalizzati alla comprensione delle caratteristiche dello spettro energetico, della composizione chimica ed alla ricerca di anisotropie e sorgenti dei raggi cosmici con misure distribuite su intervalli energetici contigui dello spettro primario tra 10^{11} e 10^{21} eV. Le osservazioni sono effettuate con grandi apparati a terra rivelando le particelle delle cascate prodotte in atmosfera (Extensive Air Showers, EAS) dalla interazione dei primari. L'obiettivo è quello di contribuire a costruire un solido quadro di risultati sperimentali in particolare negli intervalli energetici attorno al "ginocchio" ($\approx 10^{15}$ eV) ed alla "caviglia" ($\approx 10^{19}$ eV) dello spettro energetico raccordandoli con le misure dirette effettuate da satellite nella regione dei GeV e dagli apparati Cerenkov nella regione delle centinaia di GeV. Le misure permettono anche un controllo dei modelli di interazione adronica in atmosfera ad energie non ancora raggiungibili dagli acceleratori di particelle. Per quanto riguarda l'astronomia neutrinica, l'attività è dedicata alla rivelazione di burst di neutrini di bassa energia (≈ 10 MeV) di origine cosmica ed è finalizzata allo studio sperimentale dei collassi gravitazionali stellari ed alla interpretazione dei relativi meccanismi di emissione neutrinica.

I progetti da terra in cui l'INAF partecipa tramite l'IFSI di Torino sono:

ARGO - YBJ

Dedicato alla ricerca di Gamma Ray Bursts al suolo, di sorgenti gamma galattiche ed extragalattiche localizzate e diffuse con tecnica di imaging degli sciami atmosferici e allo studio dello spettro primario dei raggi cosmici tramite rivelatori RPC (Resistive Plate Chambers) a quota di 4300 m slm (Yangbajing, Tibet). Questo permette di abbassare la soglia di rivelazione a poche centinaia di GeV e quindi di sovrapporsi alla regione tipica degli apparati Cherenkov.

KASCADE GRANDE E PIERRE AUGER OBSERVATORY

L'apparato è costituito dai rivelatori della componente elettromagnetica, muonica, adronica e radio (LOPES) ed è in funzione dal 2004 a Karlsruhe (Germania). Esso opera nell'intervallo energetico 10^{14} – 10^{18} eV con l'obiettivo di rivelare l'eventuale cambiamento di pendenza dello spettro dei primari pesanti (Fe) atteso a 10^{17} eV e di studiare le proprietà fondamentali delle interazioni adroniche ad altissima energia e lo studio della "fisica del ginocchio" complementando le misure di EASTOP e il Pierre Auger Observatory (P.A.O.). Quest'ultimo opera nell'intervallo energetico 5×10^{18} – 10^{21} eV per lo studio di spettro, composizione chimica ed anisotropie alle energie estreme con l'obiettivo di verificare l'esistenza del cosiddetto GZK cutoff dovuto alla interazione dei raggi cosmici con il Cosmic Microwave Background. Si prevede un sito per ciascun emisfero. Il sito Sud dell'esperimento si trova a Malargue, Argentina e il rivelatore di superficie, in cui il gruppo IFSI è impegnato, è stato inaugurato nel Novembre del 2008 ed ora è in fase presa dati continua

LVD

E' un Osservatorio Neutrino per rivelare burst di neutrini di bassa energia (e il loro flavour) generati da collasso gravitazionale stellare nella galassia. L'esperimento è in funzione presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS). LVD è inserito nella rete globale di rivelatori di neutrini denominata SuperNova Early Warning System (SNEWS) e collabora con la rete di rivelatori gravitazionali. Da agosto 2006 è operativo il fascio di neutrini dal CERN ai LNGS. Oltre che come osservatorio neutrino LVD effettua misure su antineutrini solari, flusso di interazioni di neutroni a grande profondità e su sciami di muoni a grandi angoli zenitali raccordandosi così con lo studio dei raggi cosmici di alta energia.

Strumenti solari ed European Solar Telescope

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione Large Solar Telescopes				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario (K€)	100	100	100	300	Le cifre indicate includono la manutenzione dello strumento IBIS a Sac Peak ed un minimo supporto alla partecipazione ad EST.

La comunità solare europea ha identificato come obiettivo infrastrutturale prioritario per le proprie attività di ricerca la costruzione di una nuova generazione di telescopi che consentano osservazioni del Sole caratterizzate dall'elevata precisione polarimetrica e da un'alta risoluzione spaziale.

Il primo passo in questa direzione è rappresentato dalla costituzione di *EAST - European Association for Solar Telescopes*, come previsto dalla risoluzione sottoscritta durante il "New Generation Large Aperture Solar Telescopes Workshop", organizzato dal European Science Foundation nel 2006, con l'intento di creare un contesto europeo nel quale maturare e condividere idee riguardo progettazione e realizzazione.

In questi progetti, la comunità solare italiana vede la naturale evoluzione dell'importante attività tecnologica, scientifica e formativa svolta nell'ambito del progetto Franco-Italiano THEMIS e nella costruzione di IBIS, di cui si sta studiando la possibilità di svilupparne una nuova versione da collocare sul ATST – Advanced Technology Solar Telescope nonché dell'esperienza, che si intende proseguire, maturata nell'acquisizione ed analisi dati raccolti da strumenti italiani e nei principali osservatori internazionali.

In particolare l'INAF, come indicato dal Piano a Lungo Termine, considera questi strumenti necessari per la ricerca su:

- struttura interna del Sole;
- generazione, dissipazione e rimozione del campo magnetico dalla superficie solare;
- riscaldamento dell'atmosfera solare esterna, eventi coronali esplosivi ed altri fenomeni;
- variabilità solare
- interazioni Sole-Terra

prevedendone pertanto nella roadmap la partecipazione alla loro eventuale costruzione, a cominciare dalle fasi di studio preliminare. In questa ottica si colloca l'adesione dell'Istituto alla richiesta di finanziamento, avanzata alla Commissione Europea nell'ambito del Settimo Programma Quadro, da 36 istituzioni di ricerca, (29 partner + 7 associati) presenti in 14 paesi, per il Design Study di *EST – European Solar Telescope*, un telescopio solare della classe 4 metri, dalle caratteristiche quindi fortemente innovative, soprattutto in considerazione della tecnologia che sarà necessario implementare per arrivare alla sua costruzione. La proposta è stata approvata e le attività sono iniziate nell'autunno del 2008.

ATTIVITÀ IN ANTARTIDE

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso, Azioni specifiche				note
	2009	2010	2011	totale	
Riepilogo finanziario: (K€)	200	200	200	600	Le spese si riferiscono alle attività già presenti a Dome C ed agli studi di nuove infrastrutture

Diverse unità operative sono impegnate in ricerche relative all'astronomia e alle relazioni Sole-Terra, dal territorio antartico, in varie basi, nazionali o straniere, nell'ambito dei seguenti programmi:

IRAIT

Un telescopio infrarosso da 80 cm, finanziato dal PNRA a partire dal 1996, e in fase di installazione presso la base italo-francese antartica Concordia di Dome-C, per la quale è stata completata la camera **AMICA** (Antarctic Multiband Infrared CAMERA). Questa è una camera antartizzata per osservazioni nel vicino e nel medio IR. Un unico sistema ottico serve due rivelatori, un InSb 256x256 (sensibile a lambda tra 1 e 5 micron) e un Si:As 128x128 IBC moderate flux (sensibile da 7 a 25 micron. La FOV risultante è 2.29x2.29 arcmin² e 2.86x2.86 arcmin², rispettivamente. L'obiettivo scientifico è quello dello studio di sistemi astronomici in fase di formazione. Il progetto AMICA è stato ideato presso l'Osservatorio Astronomico di Teramo e nel dicembre 2004 si è concretizzato tramite un'ampia collaborazione che vede impegnate altre 3 strutture dell'INAF: l'Osservatorio di Torino, l'Osservatorio di Padova e l'Osservatorio di Milano con oltre 20 partecipanti. La collaborazione IRAIT vede poi coinvolte l'Università di Perugia Dip. Di Fisica e la Spagna con l'Università di Granada, responsabile della realizzazione dello specchio secondario, e l'Istituto di studi avanzati di Barcellona.

CONCORDIASTRO

Telescopio solare che ha l'obiettivo di osservare la superficie solare in alta risoluzione. Il programma è stato sostenuto da PNRA, a partire dagli anni 90, con interventi limitati, che non hanno consentito altro che lo studio di fattibilità del telescopio. La partecipazione del partner francese, Observatoire de Nice, Francia, garantisce l'ospitalità sulla piattaforma da 5 metri che è già realizzata a Dome-C.

SUPERDARN

Sistema di radar ionosferici destinati allo studio della dinamica del plasma nella ionosfera terrestre, comporta la realizzazione a Dome-C di due radar gemelli, sotto la responsabilità congiunta dell'INAF IFSI (Roma) e del CNRS LPCE (Orléans, Francia). Tale programma è già finanziato dal PNRA, per i prossimi anni, per la costruzione e l'installazione. L'intervento INAF ha consentito attività di preparazione all'analisi dati. IFSI cura inoltre la manutenzione del radar installato sull'isola subantartica di Kerguelen, nell'oceano indiano, sempre in collaborazione con LPCE e per tale radar si prevede di raddoppiare la capacità osservativa (uso di due frequenze di sondaggio contemporaneamente - modalità STEREO). Il programma SuperDARN si basa su una più ampia collaborazione fra USA, Giappone, Australia, UK, SudAfrica, Canada, che gestiscono l'intera rete nella regione antartica e nella regione artica, che consente l'osservazione continua delle regioni aurorali settentrionale e meridionale.

Osservazioni di raggi cosmici nella regione antartica vengono effettuate dai "neutron monitor" italo-cileni sull'isola di Re Giorgio, nella base cilena, presso il LARC.

La partecipazione italiana è stata garantita dal PNRA fin dall'inizio degli anni 90. Il sistema partecipa alla rete mondiale di rivelatori destinati allo studio della distribuzione in energia, e della sua modulazione per effetti solari, dei raggi cosmici, nonché allo studio degli eventi di protoni solari.

Strumentazione di corredo alle osservazioni di SuperDARN è dislocata presso altre basi nelle regioni polari, e curata da unità INAF; in particolare osservazioni dei fenomeni aurorali vengono effettuate con lo strumento AURORA, presso la base italiana antartica MZS (Stazione Mario Zucchelli) e con le due "All-sky camera" artiche ITACA, a NyAlesund, sull'isola di Svalbard, e a DAneborg, in Groenlandia. Queste installazioni sono state realizzate, e vengono mantenute, con fondi PNRA e CNR, a partire dal 1998.

Recentemente si è sviluppato in Europa un forte interesse per il sito Antartico, con particolare riferimento a Dome C, a causa del fatto che stime iniziali indicavano caratteristiche eccezionali sia di trasparenza che di turbolenza atmosferica. In conseguenza di queste caratteristiche del luogo sono stati proposti numerosi progetti per la costruzione telescopi ottici, radio, esperimenti nel sub-millimetrico e di polarizzazione del CMB in collaborazione con diversi partners internazionali. In questo ambito l'Italia partecipa anche al programma **ARENA**, un network EC che ha lo scopo di promuovere la caratterizzazione e ricerca astronomica nei siti antartici, con particolare attenzione a Dome-C. Le misure successive in ambito arena hanno alquanto smorzato il possibile interesse nella banda visibile mentre nelle bande infrarosse e millimetriche il sito presenta ottime caratteristiche. Il progetto Arena pubblicherà una completa caratterizzazione del sito nel 2009.

3. Attività spaziali

L'INAF, in seguito alla riforma del 2003, è l'ente italiano maggiormente impegnato nelle attività di astrofisica spaziale ed esplorazione del sistema solare con circa un terzo del suo personale di ricerca impegnato nello studio, realizzazione di missioni spaziali dedicate all'astrofisica e nello sfruttamento dei dati con esse ottenuti. Numerose sono le missioni spaziali che vedono un coinvolgimento più o meno importante dell'INAF. L'elevato numero dei progetti è dovuto, oltre al consistente impegno dell'ente nel campo, al fatto che non tutti gli studi si concretizzano in missioni approvate e che le missioni, una volta approvate, coprono un arco temporale molto lungo dell'ordine dei 10-20 anni o più. Ricordiamo che in base a quanto detto sopra in questo campo di ricerca è essenziale avere continuità e mantenersi competitivi a livello internazionale partecipando alle opportunità offerte dalle varie agenzie spaziali (ASI, ESA, NASA, etc.) sulla base delle competenze acquisite dalla comunità nazionale. L'elevato numero di missioni alle quali INAF partecipa nelle varie fasi è testimonianza della vivacità e competenza della comunità che opera in questo campo di ricerca.

I progetti elencati in questa sezione sono suddivisi sulla base delle tre tematiche applicative: (a) Astrofisica dallo Spazio ; (b) Fisica del Sistema Solare (c) Fisica Fondamentale dallo spazio. All'interno di ciascuna di queste tre tematiche, i progetti sono raggruppati in: (i) Missioni operative o terminate da due anni; (ii) Missioni in fase di realizzazione, fasi C/D; (iii) Missioni o Progetti in fase di studio (assessment o fasi A/B).

Per lo studio, sviluppo, realizzazione di questi progetti si opera sia a livello nazionale che internazionale per lo più sulla base di "Announcement of Opportunity". Per questo motivo è necessario poter rispondere rapidamente attuando studi di fattibilità sulla base delle competenze scientifiche e tecnologiche presenti nella comunità. Tra i progetti futuri, sono presenti sia missioni in avanzata fase di studio, sia concetti sviluppati e proposti sulla base degli sviluppi tecnologici.

Si riportano inoltre attività di supporto, finanziate da ASI, relative all'analisi dei dati e a studi preliminari di nuove missioni ed R&D.

I progetti elencati di seguito sono riportati in maniera sintetica, e vengono evidenziati soprattutto i contributi offerti da parte delle strutture INAF. Una breve descrizione dei progetti è anche reperibile sul sito web dell'INAF, Unità Organizzativa Attività Spaziali, Progetti ove sono indicati anche i link per eventuali approfondimenti.

3.1 ASTROFISICA DALLO SPAZIO

Vengono qui brevemente descritte le missioni, dedicate all'osservazione e studio del cielo oltre il sistema solare.

È importante sottolineare che nel 2008 è stato lanciato con successo il satellite della NASA Fermi-GLAST alla cui realizzazione l'Italia ha dato un contributo significativo e che nel 2009 saranno lanciate le missioni HERSCHEL e PLANCK dell'ESA che hanno visto un importante contributo dell'INAF. In particolare è ricercatore dell'INAF il Principal Investigator dello strumento LFI di Planck.

Missioni in fase operativa

Le missioni considerate attualmente nella loro fase operativa sono quelle per le quali si è avuto un contributo alla realizzazione del carico scientifico da parte della comunità scientifica italiana che fa riferimento all'INAF, e/o esiste una funzione di mission support. Le missioni sono presentate in ordine di data di lancio crescente.

CHANDRA

Lanciato nel 1999, Chandra è uno dei due grandi osservatori X attualmente in orbita. La missione, operata interamente su fondi NASA, ha una durata prevista di almeno 10 anni. Chandra è un osservatorio aperto a tutta la comunità scientifica, cui gli astronomi INAF interessati propongono regolarmente richieste di osservazione con un buon tasso di successo.

L'Osservatorio Astronomico di Palermo è stato coinvolto nello sviluppo strumentale ed in particolare nello sviluppo e calibrazione dei filtri per la camera HRC, effettuata a Palermo, e conseguentemente ha avuto accesso a parte delle osservazioni di tempo garantito.

XMM-NEWTON

XMM-Newton, la seconda missione cornerstone di ESA, lanciato il 10 dicembre 1999, è uno dei due grandi osservatori per astrofisica X oggi disponibili. Il contributo italiano a questa missione è stato ed è molto significativo. Le strutture INAF IASF-Milano, IASF-Bologna, (già Sezioni dell'Istituto IASF del CNR), hanno partecipato allo sviluppo della camera EPIC, di cui ha avuto fino al 1997 la PI-ship. Personale dell'Osservatorio di Brera ha partecipato, tramite MediaLario, alla realizzazione degli specchi dei telescopi di grande area, costruiti con la stessa tecnologia sviluppata per i telescopi di BeppoSAX e Jet-X. L'Osservatorio Astronomico di Palermo è stato coinvolto nello sviluppo e calibrazione dei filtri per la camera EPIC. La comunità italiana si è sempre particolarmente distinta, sia per l'utilizzo del Guaranteed Time, che per la capacità di ottenere dati nei vari cicli di osservazioni fino ad oggi effettuati. La missione, tuttora pienamente funzionante, è stata estesa sino al 2012. Oltre all'analisi dei dati, è prevista una attività di mantenimento del software di bordo di EPIC.

INTEGRAL

INTEGRAL, messo in orbita il 17 ottobre 2002, con le sue osservazioni continua a studiare i fenomeni più energetici dell'Universo al meglio permesso dalle tecnologie esistenti nella banda operativa 5keV - 10 MeV.

Il risultato più rilevante ottenuto nel 2008 è stato quello relativo **alla scoperta** dell'emissione polarizzata di alta energia dalla Crab Nebula (100 keV-1 MeV) e del conseguente limite alla "Planck scale violations of special relatività". Importanti risultati sono stati ottenuti nello studio di classi di sorgenti quali Bursters, Black Holes, AGNs, PWNs e X-ray Pulsars.

Particolare enfasi è stata dedicata nella seconda parte del 2008, alla costruzione dell'elenco di possibili candidate per il quarto catalogo di IBIS. Come di consueto nel 2008 è stata inoltre svolta attività di supporto al mantenimento e verifica delle prestazioni scientifiche di IBIS attraverso le calibrazioni periodiche (6 mesi di intervallo), ottimizzazioni dei pacchetti di telemetria in funzione delle variazioni del fondo strumentale.

La missione è stata recentemente estesa fino al 31 dicembre 2012 e sono quindi previsti regolari ulteriori "calls for observing proposals" su base annuale dal 2009 al 2012.

SWIFT

Swift è il risultato di una collaborazione tra NASA, Italia (ASI e INAF) e Gran Bretagna. Il satellite è stato lanciato nel Novembre 2004. L'Italia ha fornito e fornisce alcuni elementi chiave della missione, come le ottiche del telescopio per raggi X (MediaLario con Osservatorio Astronomico di Brera (OAB)), la base ASI di Malindi per il controllo del satellite e la trasmissione dei dati, il software per l'analisi dei dati di XRT (ASI ASDC), e le calibrazioni del telescopio per raggi X (OAB). L'archivio dei dati di Swift è ospitato in Italia da ASI ASDC.

L'Italia è inoltre molto attiva per i programmi di follow-up ottico e infrarosso dei GRB con i telescopi ESO (VLT) e con TNG. È da notare che il telescopio robotico REM, espressamente dedicato al follow up ottico e infrarosso dei burst rivelati da Swift è stato costruito da un gruppo di Istituti INAF, anche con il contributo del MIUR e di ASI, ed è pienamente funzionante a La Silla (Cile).

Swift è perfettamente funzionante e sta rivelando GRB secondo le aspettative ad un tasso di 3 alla settimana.

COROT

La missione spaziale COROT (CONvection, ROTation and planetary Transits) è stata lanciata il 27 Dicembre 2006 ed è dedicata allo studio della struttura degli interni stellari tramite l'astrosismologia e l'attività stellare, nonché alla ricerca di pianeti extrasolari di dimensioni terrestri. La comunità italiana ha fornito un valido contributo alla preparazione della missione, ritenendo i dati COROT cruciali per il progresso dei campi scientifici interessati. INAF/OACT è responsabile del monitoraggio dei target principali per il programma di astrosismologia.

AGILE

AGILE, prima delle Piccole Missioni scientifiche realizzata interamente in Italia sotto l'egida ASI, si basa sul coordinamento tra gli istituti INAF, INFN, CIFS, Università e industria spaziale nazionale. Le tre caratteristiche principali di AGILE sono: (1) ottimo imaging nella banda di energia 30 MeV - 30 GeV; (2) simultaneo imaging nella banda X 15-45 keV, (3) timing al μ s e rivelazione di GRB su un ampio spettro dinamico. Il lancio è stato effettuato il 23 Aprile 2007 dalla Sriharikota in India. Il satellite è attualmente nella Fase Operativa dopo la Fase di Commissioning e la Fase di Science & Verification, terminata alla fine di Novembre 2007 e dal mese di dicembre ha avuto inizio la fase operativa. Nel 2008 è stata emessa la seconda Announcement of Opportunity per lo sfruttamento scientifico della missione da parte della comunità nazionale ed internazionale. La base ASI di Malindi è la stazione di terra della missione. ASI-ASDC gestisce le attività di archiviazione, processamento e distribuzione dei dati scientifici, e rende disponibile il software per l'analisi dei dati.

La missione è stata estesa di 2 anni e pertanto la fase operativa di AGILE è prevista continuare sino al 2011.

FERMI - GLAST

L'osservatorio spaziale GLAST, lanciato l'11 giugno 2008, è una missione NASA con ampia collaborazione internazionale (Italia, Giappone, Francia, Svezia). Da parte italiana partecipano ASI, INAF ed INFN. Dopo il lancio, la missione è stata dedicata ad Enrico Fermi e si chiama ora Fermi Gamma Space Telescope. La partecipazione Italiana alla missione Fermi si articola su: (a) un importante contributo, a responsabilità INFN, alla progettazione, costruzione e calibrazione del tracker del LAT; (b) partecipazione all'attività di analisi dei dati di volo da parte di INAF, INFN ed ASI; (c) gestione dei dati della missione attraverso l'ASI-ASDC per permettere il loro utilizzo ottimale da parte della comunità italiana che è, tradizionalmente, tra le più attive nell'astrofisica delle alte energie. Particolare interesse riveste il programma di

monitoraggio ottico e radio degli oggetti celesti più promettenti, quali AGN e microquasar. Grossi sforzi vengono anche concentrati sulla mappatura X delle sorgenti gamma non identificate allo scopo di proporre candidate controparti.

Missioni in fase realizzativa

Le missioni sono presentate in ordine alfabetico.

BOOMERANG-B2K

BOOMERANG-B2K è un esperimento condotto dall'Università di Roma La Sapienza, che eredita e sviluppa le tecnologie bolometriche già utilizzate nei voli di Boomerang del 1998 e 2000. Lo strumento ha volato nel 2003 e il prossimo volo è previsto nel 2009.

GAIA

Gaia è la missione ESA dedicata al censimento di tutto il cielo a $V=20$ ed il cui lancio è previsto per la fine del 2011. Gaia nei suoi 5 anni di vita operativa misurerà posizioni, moti propri annuali e parallassi di circa 1.5×10^9 stelle della Via Lattea con un errore, dipendente dalla magnitudine, di circa 20 m.microarcsec a $V=15$. La survey è completata da fotometria multi banda e spettroscopia per velocità radiali e composizione chimica, fornendo l'astrofisica, oltre che la dinamica, di ogni oggetto misurato. Gaia fornirà una visione senza precedenti della nostra Galassia e darà contributi decisivi nei campi dell'astrofisica stellare, della relatività generale e dei sistemi di riferimento, della cosmologia locale, dei corpi minori del sistema solare, e della ricerca e caratterizzazione dei pianeti extrasolari.

L'Italia ha molto contribuito allo sviluppo della missione assumendosi importanti responsabilità all'interno del Consorzio Europeo DPAC che dal 2007 opera, per conto dell'ESA, come il consorzio unico per la riduzione ed analisi dei dati della missione.

HERSCHEL

Herschel è una "missione cornerstone" dell'ESA per osservazioni astronomiche nel lontano infrarosso. Il lancio avverrà nell'aprile 2009; la durata nominale della missione è di 3.5 anni e alle osservazioni può accedere la comunità internazionale attraverso "call for proposal".

Il satellite contiene un telescopio di 3.5m raffreddato a 80 K con al piano focale due camere spettrofotometriche (PACS e SPIRE) che lavorano tra 60 e 670 μm al limite di diffrazione ($R \sim 3$ ed $R \sim 300-2000$) ed uno spettrometro eterodina (HIFI) operante tra 480 e 1900 GHz (625 e 150 μm) con risoluzione $< 0.1 \text{ km/s}$ ($R > 10^6$).

L'Italia ha partecipato (con IFSI di Roma che coordina le attività, il LENS e l'IRA di Arcetri, gli Osservatori di Arcetri, Padova e Trieste, e l'Univ. di Padova) alla realizzazione dei 3 strumenti al piano focale. L'attività hardware è consistita nella realizzazione delle Data Processing Units e del software di bordo (OBS) dei tre strumenti, del back-end dello spettrometro WBS di HIFI; in futuro il contributo riguarderà la "maintenance" dell'OBS e la partecipazioni alle attività degli Instrument Control Center dei 3 strumenti.

Al contributo tecnologico si affianca un notevole impegno scientifico per la partecipazione a numerosi "key projects" (KP) galattici ed extragalattici in tempo garantito (GT) e aperto (OT).

JWST

Il James Webb Space Telescope (JWST) è una delle missioni chiave del programma NASA Origins. La comunità astronomica italiana ha espresso un forte interesse per questa missione e si sta preparando per partecipare in modo competitivo alla raccolta e all'utilizzo di dati JWST. In particolare, ricercatori italiani sono coinvolti nella formulazione del programma scientifico di due degli strumenti di JWST: la camera/spettrografo nel medio infrarosso (MIRI) e lo spettrografo nel vicino infrarosso (NIRSpec). I prossimi anni saranno importanti per la definizione del Guaranteed Time dei due strumenti. Il coinvolgimento della comunità italiana in JWST è di tipo scientifico.

OLIMPO

OLIMPO è uno strumento da pallone per misure di anisotropia del fondo cosmico e del fondo IR lontano. OLIMPO è anche un precursore tecnologico di future missioni per la misura della polarizzazione del fondo cosmico. L'esperimento è condotto dall'Università di Roma La Sapienza, ed il volo di lunga durata è previsto nel 2009.

PLANCK

Planck è la missione di terza generazione, dopo COBE e WMAP, dedicata allo studio del fondo cosmico di microonde (CMB). Planck (ex Cobras/Samba) è una missione ESA, di tipo "PI". Il lancio è previsto nel 2008, in combinazione con Herschel. Planck comprende due strumenti (LFI e HFI), ciascuno sviluppato da un Consorzio Internazionale finanziato da Agenzie nazionali. Ciascuno dei due Consorzi ha anche la responsabilità di realizzare un Data Processing Center (DPC). Un terzo consorzio è responsabile dello sviluppo dei riflettori del telescopio.

Il PI di LFI è italiano, come 3 dei 10 membri del Planck Science. Il payload LFI è stato consegnato ad ESA nel 2007 e dopo la consegna sono stati effettuati i test di integrazione nel satellite. L'Italia ha anche una importante partecipazione in HFI (a leadership francese) con Università di Roma La Sapienza. Anche a livello industriale l'Italia ha una parte fondamentale: Thales Alenia Spazio Italia (TAS-I) è Prime Contractor di LFI; TAS-I è coinvolta nella realizzazione della missione.

Il lancio di Planck è fissato per il mese di aprile 2009.

Missioni in fase di studio

Le missioni sono presentate in ordine alfabetico tranne quelle selezionate nell'ambito della Call "Cosmic Vision" dell'ESA che sono riportate in un paragrafo a se stante.

EDGE/XENIA

Edge/Xenia è una mission per astrofisica e cosmologia in raggi x il cui concetto è stato ideato in Italia. Xenia è attualmente supportata da una collaborazione internazionale come proposta alla Decadal Survey Americana. La missione esplorerà l'evoluzione della materia nel nostro universo, fino alle epoche oscure in cui si sono formate le prime stelle tredici miliardi di anni fa, utilizzando tre traccianti: i Gamma-Ray burst, gli ammassi di galassie, la rete di filamenti cosmologici su larga scala.

La missione prevede un insieme di strumenti che includono un localizzatore di Gamma-Ray Burst, un telescopio X con micro calorimetri TES ad alta risoluzione spettrale ed un telescopio X a largo campo.

EXIST: BLACK HOLE FINDER

Exist è una missione americana di classe media proposta nell'ambito della Decadal Survey della NASA. Exist è attualmente il miglior candidato come "Black Hole Finder

Probe" previsto dal programma *Beyond Einstein* della NASA e una delle tre missioni raccomandate dalla Decadal Survey del 2001 (insieme a GLAST e Con-X).

Gli obiettivi principali di Exist sono la survey del cielo extragalattico in raggi gamma soffici e la rivelazione di un grande numero di GRB (~2/giorno). L'elemento principale del payload è lo HET (High Energy Telescope) che consiste di uno strumento a maschera codificata di grande area (~4.5m²). Il contributo italiano alla missione potrebbe essere un **Soft X-ray Imager (SXI)**, un telescopio X con un'area efficace di ca. 1000 cm² operativo nella banda di energia 0.1-10 keV e l'ottimizzazione del sistema di anti-coincidenza (AC) del telescopio HET, basato su scintillatori BGO.

GREAT

Il programma GReAT è stato finanziato dalla NASA per l'attività USA; l'ASI ha finanziato parte degli studi italiani per la realizzazione dell'accelerometro differenziale, l'elemento principale. Nei prossimi 3 anni si avvierà la progettazione/realizzazione della facility (parte USA) con finanziamenti chiesti alla National Science Foundation. In Italia si conta di iniziare i lavori di realizzazione dell'accelerometro con fondi ASI.

HXMT

HXMT (Hard X-ray Modulation Telescope) è una missione per astronomia X selezionata dal governo Cinese come una dei "Major State Basic Research Projects". L'Italia è stata inizialmente invitata a partecipare alla missione sulla base dell'esperienza sviluppata con il satellite BeppoSAX (esperimento PDS). L'Agenzia Spaziale Cinese ha inoltre manifestato interesse all'utilizzo della base di Malindi e al coinvolgimento di industrie italiane nella realizzazione di parti del satellite. È attualmente in fase di studio la possibilità di avere a bordo anche un telescopio, di responsabilità italiana, dedicato alla polarimetria X.

POLARIX

La missione Polarix è in grado di eseguire la polarimetria di oggetti appartenenti a molte classi di sorgenti galattiche e di alcune sorgenti extragalattiche più brillanti. Questa possibilità deriva dalla disponibilità di una tecnologia di rivelazione tutta italiana, combinata con l'eccellenza della comunità italiana nel campo delle ottiche X. Polarix si propone di effettuare misure della polarizzazione lineare dei raggi X da sorgenti cosmiche. La missione è stata selezionata per uno studio di fase A a seguito del bando ASI per Piccole Missioni.

PRE-B-POL

Il progetto prE-B-Pol è un esperimento da pallone per lo studio delle anisotropie in polarizzazione del fondo cosmico a microonde. Con un volo di ~15 giorni ad esempio la sensibilità su un'area di cielo di (10°-20°)x(10°-20°) consentirebbe la misura dello spettro di potenza angolare (APS) della polarizzazione del sincrotrone a multipoli (l) compresi fra circa 40 e 90.

SAGACE

La missione ha come obiettivo lo studio spettroscopico dell'effetto Sunyaev-Zeldovich. La missione permetterà in particolare di investigare la fisica e la geometria di strutture cosmiche su grande scala, di fornire un catalogo completo a microonde degli AGN, di fornire una mappatura delle regioni di formazione stellare. La missione è stata selezionata per uno studio di fase A dalla Agenzia Spaziale Italiana a seguito del bando Piccole Missioni.

SIMBOL-X/NHXM

Simbol-X è una missione per astrofisica nella banda 0.5-80 keV proposta al CNES nell'ambito del "Call for ideas for a formation-flight demonstrator mission" del 2004 da un gruppo di astronomi francesi ed italiani. Allo stesso tempo la comunità italiana aveva ultimato lo studio commissionato da ASI "Feasibility study on high Energy astrophysics: fields of interest and perspectives for the national community", da cui emergeva come una delle massime priorità un telescopio focalizzante per aprire la finestra tra 10 e 100 keV. Nel Maggio 2007 ASI e CNES hanno firmato un Memorandum of Understanding per la realizzazione dello studio di Fase-A congiunto della missione.

Questo studio di Fase-A si è concluso positivamente dimostrando la fattibilità della missione con una data di lancio prevista nel periodo 2014-2015. Nell'autunno 2008 si sono tuttavia evidenziate delle difficoltà nel coprire tutti i costi della missione. È stato costituito un ristretto gruppo di lavoro italo-francese con il compito da un lato di cercare una possibile riduzione dei costi senza per questo ridurre le capacità scientifiche della missione e dall'altro per cercare nuovi partners internazionali che garantissero di nuovo la piena copertura dei costi. Tuttavia il CNES all'inizio del 2009 ha unilateralmente deciso di ritirare il suo appoggio alla missione. Dato l'elevato interesse della comunità nazionale ed internazionale nella realizzazione di una missione in grado di ottenere immagini X nella banda di energia sino ad 80 KeV, ASI ha acconsentito ad indirizzare lo studio di fase-B di Simbol-X nello studio di una New Hard X-ray Mission multinazionale con leadership italiana.

SVOM-XIAO

SVOM (Space-based multi-band astronomical Variable Objects Monitor) è un satellite per la rivelazione, localizzazione rapida e studio dei GRB e di altre sorgenti X/gamma transienti, realizzato in collaborazione tra l'Agenzia Spaziale Cinese (CNSA) e l'Agenzia Spaziale Francese (CNES) e con una possibile partecipazione italiana. CNSA e CNES hanno recentemente approvato l'inizio della fase B per questa missione, il cui lancio è previsto per il 2013.

La proposta INAF (IASF-Mi, OAB, IASF-Bo, OAR, OAP) per la realizzazione di un telescopio X da mettere a bordo di SVOM (XIAO, X-ray Imager for Afterglow Observations) è stata selezionata a inizio 2008 e finanziata per la fase A in risposta al bando ASI per Missioni di Opportunità.

La fase A di XIAO si è conclusa con successo.

WFXT

WFXT (Wide Field X-Ray Telescope) è una missione americana di classe medium size basata su ottiche per raggi X a grande campo proposta nell'ambito della Decadal Survey 2010 (P.I. S. Murray, Senior Advisory Scientist G. Giacconi). Grazie all'uso di ottiche polinomiali avrà un'ottima risoluzione angolare costante (5 arcsec HPD) su un campo di visto di 1 deg². Il grasp di 9000 cm²/deg² (circa 200 volte maggiore di Chandra, 10 più di XMM e almeno 7 più di e-Rosita). WFXT effettuerà una survey sistematica del cielo, coprendo almeno 15000 deg² ad una sensibilità mai raggiunta in precedenza, costituendo uno strumento formidabile per la mappatura dei cluster e degli AGN ad alto redshift. Diversi gruppi INAF partecipano alla definizione della missione e della proposta scientifica. L'Italia è anche coinvolta nel design e nello sviluppo dei moduli ottici, mentre ASI è stata contattata per contribuire fornendo la base di Malindi e, eventualmente, il lanciatore VEGA.

Le missioni per il programma Cosmic Vision 2015-2025 dell'ESA

Numerose sono state le proposte, anche da parte della comunità italiana, inviate ad ESA in risposta alla "Call for Ideas" per il piano Cosmic Vision 2015-2025. Le missioni sottoposte al vaglio dell'ESA corrispondono a progetti a diversi stadi di maturazione. Per alcune di queste sono stati già effettuati degli studi di pre-fattibilità, mentre altre rappresentano concetti di missione che corrispondono a sviluppi di nuove tecnologie. Delle missioni sottoposte ad Esa con una lettera di intenti, sei erano a PI italiano. Le proposte sono state valutate nel corso della seconda metà del 2007 dalla Science Programs Advisory Structure dell'ESA ed alcune di esse sono state selezionate per essere studiate quali missioni candidate per essere lanciate nel periodo 2017-2018.

Le missioni che hanno superato la prima selezione sono:

EUCLID

Euclid è la missione ESA dedicata alla ricerca sulla Dark Energy e sulla Cosmologia, attualmente in fase di studio nell'ambito Cosmic Vision 2015-2025. Euclid presenta due componenti strumentali fondamentali: un imager VIS-NIR (denominato EIC) ed uno spettrografo multi-oggetto denominato E-NIS. Il consorzio ex-Dune ha assunto il nome di EIC (Euclid Imaging Channels) e sta studiando l'implementazione di due piani focali per imaging, uno ottico con caratteristiche eccellenti tali da poter fare analisi di immagini per il lensing gravitazionale in una banda larga R+I+Z, uno NIR tale da poter fare fotometria nelle bande Y, J e H necessarie per ottenere accurati redshift fotometrici. Oltre alla pianificazione, riduzione dati ed analisi scientifica, l'Italia è presente con la co-PIship, è una delle quattro nazioni responsabili di sistema (data handling), e fornirà la PDHU per entrambi i canali di imaging.

Lo strumento E-NIS, è a PI-ship italiana ed è allo studio in un Consorzio multinazionale (Francia, Regno Unito, Germania, Austria, Olanda, Spagna, Norvegia). E-NIS è uno spettrografo multi-oggetto a bassa risoluzione ($R=400$) che lavora nel vicino infrarosso (0.8-2.0 micron) dedicato alla misura di redshift di galassie in una grande area di cielo (20,000 gradi quadrati). Lo scopo scientifico principale è quello di ottenere circa 10^8 redshift ($0.2 < z < 2$) con cui misurare le oscillazioni acustiche barioniche (BAO), il fattore di crescita e la struttura a grande scala dell'Universo, e quindi porre vincoli molto stringenti sull'equazione di stato della energia oscura e sulla cosmologia.

INTERNATIONAL X-RAY OBSERVATORY (IXO-XEUS)

A metà 2008, ESA, NASA e Jaxa hanno firmato un accordo ufficiale per lo studio di una futura missione nei raggi X denominata International X-ray Observatory (IXO). IXO nasce, di fatto, sulla scia degli studi svolti per XEUS (ESA) e Constellation-X (NASA) e da queste missioni mutua i goal scientifici principali. XEUS, lo ricordiamo, era stato selezionato da ESA come unica missione di alte energie nelle Cosmic Vision.

IXO è un progetto internazionale per un grande osservatorio spaziale in banda X (0.1-40 keV), da prevedersi come naturale successore degli attuali XMM-Newton e Chandra. Combinerà grande area di raccolta, capacità di timing, spettroscopia fine e polarimetria. Questo nuovo progetto è in linea con la naturale evoluzione di XEUS nelle CVs (che di fatto includevano la partecipazione della NASA) e con l'evoluzione negli USA di Con-X in un singolo grande telescopio X.

I possibili contributi principali da parte della comunità italiana riguardano i rivelatori di piano focale (micro-calorimetri studiati da gruppi INAF presso lo IASF/Roma, lo IASF/Palermo, OAPA/Palermo ed INFN presso Genova, polarimetro sviluppato da

gruppi di INAF presso lo IASF/Roma e INFN presso Pisa, rivelatori CCDs studiati da INAF presso lo IASF/Milano e Politecnico di Milano), e le ottiche di bassa e alta energia (INAF - Osservatorio di Brera in collaborazione con l'industria italiana).

Una scadenza importante, a breve termine, per questa missione è quella di superare la prossima US Decadal Survey 2010, nonché i vari processi selettivi in ESAs CV ed in JAXA. In questo contesto sono in corso diversi studi per l'assessment della configurazione di baseline e strumentazione a bordo.

PLATO

Plato, PLANetary Transit and Oscillations of stars, rappresenta una missione di nuova generazione per la ricerca di pianeti extrasolari simili alla terra e per effettuare studi di astro sismologia.

L'INAF è stato coinvolto nel progetto Plato (PLANetary Transits and Oscillations of stars) selezionato dall'ESA nel 2007 nell'ambito delle missioni di classe M della Cosmic Vision 2015-2025 per effettuare uno studio di fattibilità. L'INAF ha aderito al PLATO Payload Consortium, formato da ricercatori in istituti europei (Francia, Gran Bretagna, Germania, Svizzera, Italia, Spagna, Belgio, Danimarca) e ha dato inizio agli studi preliminari dei sottosistemi "Telescope Optical Units" e "Instrument Control Unit (ICU)", dei quali ha responsabilità, e agli studi volti al perfezionamento dei requisiti scientifici della missione e alla verifica delle prestazioni strumentali. Sono state avviate le procedure per ottenere un contratto ASI a sostegno di queste attività.

SPICA/SAFARI

La missione giapponese SPICA (Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics, JAXA) prevede di mettere in orbita ed operare un telescopio da 3.5 metri di diametro per il medio e lontano IR, raffreddato attivamente a 4.5 K. La partecipazione europea a SPICA è stata pre-selezionata da ESA come *mission of opportunity* nell'ambito del programma *Cosmic Vision*. L'ESA, se il progetto supera la review di pre-fase A in autunno 2009, prevede di partecipare alla missione fornendo lo specchio in Silicon Carbide (simile a quello di Herschel), mentre un consorzio d'istituti europei, tra cui l'IFSI, propone di realizzare uno spettrometro ad immagini (SAFARI) tra 30 e 200 micron. La missione SPICA sarà il primo grande telescopio spaziale raffreddato a 4K da criogeneratori e avrà una sensibilità, rispetto a quella di Herschel, migliore di circa due ordini di grandezza. La partecipazione italiana allo studio di pre-fase A di SPICA/SAFARI, finanziata dall'ASI, è coordinata dall'IFSI-INAF e coinvolge, oltre all'IFSI per l'elettronica e il s/w di bordo e lo studio degli obiettivi scientifici, lo IASF-RM, per lo sviluppo di amplificatori a basso rumore per i rivelatori TES, lo OA BO e il Dipartimento di Astronomia dell'Università di Padova per gli studi di cosmologia ed una futura partecipazione al Ground Segment.

Concetti per missioni future

A livello generale, la comunità intende promuovere e partecipare a proposte di missioni, nell'ambito di collaborazioni nazionali ed internazionali, da parte di agenzie spaziali (ASI, ESA, NASA, JAXA, CNES, etc.), basate sulle competenze scientifiche e tecnologiche.

Queste comprendono diversi sviluppi tecnologici, tra cui (tra parentesi si elencano alcuni esempi di missione per le quali la tecnologia citata potrebbe trovare applicazione): (i) rivelatori polarimetrici in raggi X (HXMT, Polarix, IXO-XEUS); (ii) microcalorimetri per spettroscopia X ad alta risoluzione (EDGE-XENIA, IXO-XEUS); (iii) telescopi focalizzanti per raggi X e gamma molli (EXIST, HAXTEL, GRI, Symbol-X, IXO-XEUS, EDGE-XENIA, WFXT); (iv) rivelatori a stato solido per raggi X (all sky

monitors); (v) rivelatori per raggi gamma molli basati su strumentazione a stato solido (GRIPS, ACT, GRI); missioni dedicate allo studio dei raggi cosmici (JEM-EUSO).

Gestione Scientifica dell'ASI Science Data Center

L'ASI Science Data Center, una struttura ASI istituita nel settembre 2000 e ospitata presso ESA/ESRIN, gestisce gli archivi scientifici dei satelliti, distribuisce i dati alla comunità nazionale e la supporta nell'analisi scientifica degli stessi. ASDC ha responsabilità primaria negli archivi di BeppoSAX, Swift, AGILE, GLAST e ospita una copia degli archivi di numerose missioni ESA, NASA e JAXA. ASI ha firmato nel giugno 2005 un contratto con INAF della durata di due anni, per l'attività di archiviazione ed analisi dati presso l'ASDC. Tramite l'assunzione a tempo determinato di 12 unità di personale con funzioni di "Ricercatore Junior" e l'assegnazione di 2 unità di personale con funzione di "Senior Scientist", INAF ha assicurato la gestione scientifica e tecnica del personale INAF e la realizzazione di programmi di servizio e ricerca di interesse per tutta la comunità. Inizio 2008 è stato firmato da ASI e INAF un protocollo per la gestione congiunta dell'ASDC della durata di tre anni a partire dal primo gennaio 2008 che prevede il mantenimento e rafforzamento delle attività precedentemente previste dal contratto.

3.2 FISICA del SISTEMA SOLARE

Vengono qui brevemente descritte le missioni dedicate all'osservazione e studio del sole e del sistema solare.

Missioni in fase operativa

Le missioni sono presentate in ordine di data di lancio.

ILWS

Opera attualmente nello spazio un insieme di sonde, SOHO(1995), Ulysses(1990), CLUSTER(2000) e Double Star(2003), che fanno parte del programma International Living With a Star (ILWS), cui partecipa l'ASI.

Future missioni di ILWS, in ambito europeo, sono il Solar Orbiter e CORONAS-FOTON. L'Italia ha contribuito a SOHO in modo sostanziale, realizzando lo spettrometro dell'Ultraviolet Coronagraph Spectrometer, a CLUSTER, partecipando alla realizzazione dell'analizzatore di plasma e contribuisce all'analisi dei dati di Ulysses. Per il Solar Orbiter, che permetterà di sondare l'eliosfera in prossimità del Sole ed i poli solari, si intendono proseguire gli studi, fino a livello di proposta all'ESA, di innovativi coronografi, spettrometri, analizzatori di plasma, polveri e particelle neutre, che permetteranno alla comunità di proseguire in questa linea di ricerca.

Il progetto Analisi Dati è finanziato dal settembre 2005. La comunità scientifica partecipa però alle missioni da molti anni, ed ha ottenuto risultati rilevanti nella fisica del vento solare sia in corona, sia in eliosfera. Nell'ambito del progetto GIFINT prosegue lo sviluppo di indici per predire l'attività geomagnetica. Gli studi magnetosferici di CLUSTER e Double Star hanno dato risultati molto interessanti per

quanto riguarda la fisica della riconnessione e proseguiranno su questa linea di ricerca. La comunità italiana ha realizzato l'archivio di SOHO, con i dati accessibili on line, dei 12 strumenti di bordo.

CASSINI

Questa missione, partita nell'Ottobre 1997, dopo sette anni ha raggiunto il sistema di Saturno. Il 1 luglio 2004 è avvenuto con successo l'inserimento in orbita attorno a Saturno e l'inizio del Tour orbitale; la missione nominale è terminata nel luglio 2008 con il suo straordinario carico di scoperte, ma è immediatamente partita una fase di missione estesa approvata dalla NASA inizialmente per il periodo agosto 2008 – agosto 2010 e successivamente da estendere fino al 2017. La missione estesa è volta a proseguire l'esplorazione del sistema di Saturno e dei suoi anelli, principalmente rivolgendosi alle straordinarie scoperte della missione nominale. Va ricordata tra tutti la scoperta di vulcanismo attivo su Encelado.

La missione estesa affronterà quindi con particolare attenzione lo studio di Encelado e degli altri satelliti ghiacciati, e della superficie e della atmosfera di Titano.

La partecipazione italiana alla missione Cassini-Huygens è importante e qualificata: in particolare il canale visibile dello spettrometro VIMS è stato fabbricato in Italia dalle Officine Galileo sotto la stretta guida dell'INAF IFSI.

Nel corso della missione lo spettrometro VIMS, uno degli strumenti a responsabilità italiana, si è rivelato uno degli strumenti chiave della missione Cassini in grado di determinare la composizione degli anelli e dell'atmosfera di Saturno, nonché di determinare variazioni locali della composizione superficiale dei satelliti di Saturno e di metterle in relazioni con la presenza di strutture geologiche superficiali.

TRACE

Il Transition Region And Coronal Explorer (TRACE), lanciato nel 1998, è ad oggi il telescopio XUV coronale a immagine dotato della più alta risoluzione spaziale ed elevata cadenza temporale in attività. In Italia diversi ricercatori si sono dedicati all'analisi dei dati dalla missione TRACE. Gli istituti INAF finanziati per progetti relativi all'analisi di dati di TRACE sono gli Osservatori di Capodimonte, Catania, Arcetri e Palermo, e le Università di Catania, Firenze e Palermo.

STARDUST

La missione NASA Stardust ha eseguito un fly-by nella chioma della cometa Wild 2 nel gennaio 2004 ed è rientrata a Terra con successo nel gennaio 2006. Per il triennio si prevede nell'ambito di questo programma di perseguire i seguenti risultati: Analisi di particelle raccolte dalla sonda STARDUST (NASA) a seguito del proposal LANDS (Laboratory Analyses of Dust from Space) accettato dalla NASA. Si contribuirà alla costituzione della banca dati della NASA sulle particelle raccolte dalla sonda STARDUST e allo studio della polvere extraterrestre. Lo spacecraft è attualmente in stato di ibernazione per un eventuale uso futuro.

MARS EXPRESS

Mars Express è la prima missione planetaria dell'ESA ed è stata lanciata il 2 giugno 2003 dal poligono di Baikonour, inserendosi in orbita attorno a Marte il 25 dicembre 2003.

Gli obiettivi della missione sono la ricerca dell'acqua nel sottosuolo marziano, la mappatura globale geologica e mineralogica della superficie, e l'analisi della composizione e circolazione atmosferica. A bordo della sonda vi sono sette esperimenti, di cui due realizzati in Italia (PFS- Planetary Fourier Spectrometer, e MARSIS - Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding), due in

cui parti dello strumento sono state realizzate in Italia (OMEGA - Observatoire pour la Mineralogie, Eau, Glaces e l'Activit  e ASPERA - Analyzer of Space Plasma and Energetic Atoms), ed uno in cui sono presenti ricercatori italiani nel team scientifico dell'esperimento (High Resolution Stereo Camera - HRSC).

L'INAF   presente in Mars Express con una partecipazione di alto profilo, con la realizzazione e la gestione di PFS, la gestione operativa e scientifica di MARSIS, la realizzazione e la gestione del canale visibile di OMEGA e del sensore di atomi neutri energetici di ASPERA.

ROSETTA

Rosetta, "Cornerstone planetario" della Agenzia Spaziale Europea,   stata lanciata il 2 Marzo 2004 ed   attualmente in volo verso la cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko.

Rosetta trasporta un "lander" che, una volta raggiunta la superficie della cometa, permetterà di effettuare misure in-situ e di campionare il materiale superficiale per una analisi chimico-mineralogica dettagliata. L'INAF   direttamente coinvolto in tre strumenti:

VIRTIS (Visual Infrared Thermal Imaging Spectrometer)   costituito da uno spettrometro ad immagine (VIRTIS-M) e da uno spettrometro ad alta risoluzione (VIRTIS-H). Lo scopo di VIRTIS   studiare la composizione mineralogica e molecolare della superficie cometaria e come essa si evolve nel corso del viaggio della cometa verso il Sole.

OSIRIS   il sistema di imaging a bordo della Rosetta, costruito (per la parte strumentale) con fondi ASI. Nel triennio 2006/2008 si dovr  analizzare l'ingente mole di risultati ottenuti da OSIRIS sia in fase di commissioning dopo il lancio, che soprattutto durante l'evento Deep Impact, in cui OSIRIS ha ottenuto oltre 3000 immagini, solo in minima parte ridotti.

GIADA (Grain Impact Analyser and Dust Accumulator)   stato disegnato per eseguire, per la prima volta, misure dirette di: flusso di particelle solide provenienti da varie direzioni e durante diverse fasi evolutive della cometa bersaglio. Verranno misurate velocit , quantit  di moto e massa dei singoli grani provenienti dal nucleo. Inoltre, GIADA sar  in grado di porre in allerta la sonda nel caso in cui il flusso di polvere proveniente dalla cometa dovesse superare i limiti di sicurezza per altri esperimenti e per parti vitali.

Rosetta ha svolto gi  due importanti fasi della sua investigazione: il fly-by di Marte e il Close Encounter con l'asteroide Steins.

MARS RECONNAISSANCE ORBITER

La missione NASA Mars Reconnaissance Orbiter, lanciata il 12 agosto 2005,   alla ricerca di prove che l'acqua sia rimasta stabilmente presente sulla superficie di Marte per un lungo periodo di tempo.

Altre missioni su Marte hanno dimostrato che l'acqua   apparsa sulla superficie nel corso della storia di Marte, ma   essenziale determinare se essa sia stata presente abbastanza a lungo da fornire un habitat per la vita. Mars Reconnaissance Orbiter dal 2006 studia Marte con i suoi sei strumenti scientifici. Fra questi vi   SHARAD, un radar a bassa frequenza fornito dall'Agenzia Spaziale Italiana, realizzato da Thales Alenia Space Italia e gestito dall'Universit  di Roma "La Sapienza", con la partecipazione di INAF/IFSI. SHARAD trasmette un impulso elettromagnetico capace di penetrare al di sotto della superficie fino a profondit  di diverse centinaia di metri.

L'obiettivo primario dell'esperimento è rivelare le discontinuità dielettriche nel sottosuolo marziano, per interpretarle in termini di presenza e distribuzione di diversi materiali, quali roccia compatta, regolito, acqua e ghiaccio.

VENUS EXPRESS

Venus Express è la seconda missione interplanetaria ESA dopo Mars Express, ed è stata lanciata il 9 Novembre 2005. Dal suo inserimento in orbita a Venere, avvenuto l'11 Aprile 2006, ha studiato con regolarità questo pianeta, ancora poco conosciuto nonostante le passate missioni. Attualmente siamo nella fase di missione estesa.

L'INAF-IASF e INAF-IFSI sono direttamente coinvolti nella realizzazione dello strumento ASPERA-4, per lo studio del plasma, PFS, uno spettrometro nel range tra 0.9 e 50um, e lo spettrometro ad immagine VIRTIS. Il *prime contractor* dello strumento VIRTIS è la Galileo Avionica di Firenze che produce anche VIRTIS-M, mentre la Francia produce VIRTIS-H, e la Germania ha la responsabilità dell'elettronica e del circuito di alimentazione.

L'obiettivo scientifico primario della missione è lo studio dell'atmosfera, della superficie, della loro interazione, e dell'interazione del pianeta con lo spazio circostante, in particolare con il vento solare. I primi risultati sono stati pubblicati in un numero speciale di Nature nel Novembre 2007.

Nel corso del 2008 è stato preparato un volume speciale di Journal of Geophysical Research che include oltre 30 articoli, mentre un altro volume è in preparazione con uscita prima dell'estate del 2009. Il contesto internazionale della missione è ampio, e coinvolge più di 10 nazioni in Europa, Stati Uniti, Russia, Giappone ed Australia.

L'attività del triennio è essenzialmente dedicata alle operazioni in orbita degli strumenti, alla calibrazione, archiviazione ed all'analisi dati, insieme allo sviluppo di software, di modellistica e di attività di laboratorio in supporto alla riduzione dei dati in volo.

DAWN

La missione DAWN è stata selezionata il 21 dicembre 2001, nell'ambito del Programma Discovery della NASA. Il satellite è stato lanciato con successo il 27 settembre 2007 con l'obiettivo di raggiungere nel 2011 l'asteroide Vesta. Dopo l'incontro con Vesta è prevista una "extended mission" per raggiungere Cerere nel 2015. L'INAF contribuisce alla missione con lo spettrometro ad immagine VIR nel visibile e vicino infrarosso.

La missione ha superato con successo il periodo di commissioning. Gli strumenti a bordo funzionano in modo nominale ed il motore a ioni ha performances superiori a quanto preventivato. Pertanto nel corso di quest'anno si svolgerà, in anticipo, il primo periodo di attività scientifica –che consisterà nelle osservazioni di Marte. Anche in questo caso si opererà in sinergia con Mars Express. L'intento è di migliorare la calibrazione degli strumenti e di cercare di eseguire osservazioni a grande scala di Marte, di zone non osservate da VIRTIS Rosetta. In questo caso sarà osservato il polo sud marziano.

Hinode

Hinode (già Solar-B) è una missione JAXA (Giappone), con contributo USA e UK, sviluppata sulla base dell'esperienza di Yohkoh. Il lancio è avvenuto il 22 Settembre del 2006. A bordo è presente un set di strumenti ottici (SOT), EUV (EIS) ed X (XRT) che porteranno contributi fondamentali allo studio dell'attività solare. INAF con i suoi laboratori di XACT/OAPA è coinvolto direttamente nelle calibrazioni del telescopio XRT. Il coinvolgimento di INAF-OA PA e dell'Università di Palermo nelle attività sperimentali e tecnologiche di XRT/SOLAR-B consente un accesso di prima mano ai

dati e la messa a punto di un database locale. La partecipazione più in generale degli scienziati italiani alle attività con EIS, SOT ed XRT si realizza nell'ambito delle collaborazioni con i gruppi USA, UK e Giapponesi.

Missioni in fase realizzativa

Le missioni sono presentate in ordine alfabetico

Le missioni solari, eliosferiche e magnetosferiche in fase di sviluppo rientrano tutte nell'iniziativa International Living with a Star (ILWS), comprendente la maggior parte delle agenzie spaziali, inclusa l'ASI. Il contributo italiano per questo tipo di missioni ad ILWS assorbe il 24% delle risorse umane della comunità solare, eliosferica e magnetosferica.

BEPI-COLOMBO

Bepi-Colombo è un "Cornerstone" interdisciplinare ESA il cui lancio è previsto per il 2013. INAF è direttamente coinvolto con una serie di strumenti con PIs e Co-PIs. In particolare: 1) lo strumento SIMBIO-SYS è una suite che raccoglie una camera ad alta risoluzione HRIC, una stereo camera STC ed una camera iperspettrale VIHI; 2) lo strumento SERENA, una suite che raccoglie quattro diversi sensori e si prefigge di analizzare gli atomi neutri e gli ioni presenti nella esosfera erdiana; 3) lo strumento ISA e un accelerometro per ricerche di fisica fondamentale nel campo gravitazionale di Mercurio. Tutti gli strumenti Italiani hanno felicemente superato la Preliminary Design Review.

JUNO/JIRAM

La missione JUNO a Giove è in fase di avanzato sviluppo, poiché il lancio è previsto nell'agosto 2011. Tra gli strumenti di bordo che l'Italia fornirà alla NASA si contano JIRAM (Jovian InfraRed Auroral Mapper) e il sistema di telecomunicazioni inclusivo della banda K. Gli obiettivi scientifici di JUNO sono di determinare se Giove ha un interno solido, misurare l'abbondanza di acqua, il campo del vento nella bassa atmosfera e le caratteristiche del campo magnetico e dei fenomeni inerenti. La realizzazione di JIRAM fa tesoro delle precedenti esperienze sviluppatesi in Italia nella messa a punto di spettrometri ad immagine, della classe di VIRTIS realizzate dalla Galileo Avionica per le missioni Rosetta, VEX e DAWN. Lo strumento JIRAM ha superato la PDR con successo. Nei prossimi mesi si svolgerà la "Critical Design Review" presso la NASA (CDR).

HERSCHEL/SCORE (ILWS)

Il "Sounding-rocket Coronagraphic Experiment" (SCORE) consiste di due coronografi per l'osservazione della corona solare. SCORE è uno dei 2 esperimenti a bordo della missione NASA per razzo sonda Herschel, approvata nel Marzo del 2003. Questa è la prima missione del programma di sviluppo tecnologico della NASA nell'ambito dell'iniziativa International Living With a Star. L'OATo coordina le attività di sviluppo di SCORE con la collaborazione delle Università di Firenze, Padova e Pavia. SCORE è in attesa di finanziamento dall'ASI.

Missioni in fase di studio

Le missioni/progetti sono presentati in ordine alfabetico tranne quelli selezionati nell'ambito della Call "Cosmic Vision" e Next dell'ESA che sono riportati nel paragrafo successivo.

ADAHALI

La missione ADAHALI, il cui studio di fase A è stato approvato da ASI a seguito del bando piccole missioni, si propone di osservare il sole nel visibile-vicino infrarosso e di misurarne l'irradianza, integrata in regioni sub-arcmin, in banda millimetrica. La missione contribuirà alla comprensione dell'attività assoluta solare e dei campi elettromagnetici indotti sull'ambiente terrestre.

ESPLORAZIONE LUNARE-MAGIA

Il progetto Esplorazione della Luna iniziato con la missione SMART-1, è proseguito con lo studio di missione ASI.

La missione proposta, denominata MAGIA, è originale e permetterà di raggiungere un notevole numero di obiettivi scientifici con modeste risorse utilizzando un piccolo satellite di nuova concezione ed in corso di sviluppo presso la Rheinmetall S.p.A. ed un sottosatellite in comunicazione con il primo. Si utilizzeranno per il payload strumenti che sono già in avanzata fase di sviluppo per altre importanti missioni planetarie (BepiColombo, JUNO, Chandrayaan-1).

Inoltre si è mostrato come si possa utilizzare una piattaforma in orbita circumlunare al fine di ottenere misure di fisica fondamentale, quali un miglioramento della misura del redshift gravitazionale.

Negli scorsi mesi si è consegnato il rapporto di fase A all'ASI, a seguito del bando per piccole missioni.

EXOMARS

ExoMars rappresenta uno dei punti chiave del programma opzionale dell'ESA "Exploration" (Aurora). ExoMars coniuga innovazione tecnologica con importanti obiettivi scientifici in quanto ha l'obiettivo primario di rilasciare sulla superficie di Marte un sistema mobile, costituito da un rover e dal laboratorio automatico Pasteur, equipaggiato con strumentazione altamente sofisticata in grado di svolgere misure in situ per analizzare composti del suolo e del sottosuolo e per studiare i principali fenomeni ed agenti atmosferici. Il lancio di ExoMars è previsto per il 2016. Tra gli strumenti selezionati nel carico scientifico di Pasteur, 3 vedono una responsabilità diretta di INAF: (1) Uno spettrometro infrarosso; (2) Lo strumento MEDUSA; (3) Il sistema di carotaggio-driller.

La missione Exomars – Pasteur è stata rimandata di 3 anni a causa di problemi economici. Il ridimensionamento del budget probabilmente implicherà anche un ridimensionamento della intera missione. In questo periodo sono in corso le PDR dei vari strumenti. Quelle finora eseguite sono tutte state superate. Il supporto dell'ASI ai vari strumenti ha permesso di far partire finalmente anche il supporto industriale.

PHOBOS-SOIL

Phobos-Soil è una missione spaziale di ideazione russa che prevede per la prima volta l'atterraggio sul satellite naturale di Marte, Phobos, per condurre analisi in situ e raccogliere campioni di suolo da riportare a Terra e su cui condurre analisi in laboratorio. Phobos è probabilmente un asteroide catturato dal campo gravitazionale di Marte per cui potrebbe essere costituito da materiale primitivo del Sistema Solare.

L'INAF è coinvolta nello sviluppo di 3 strumenti approvati dall'agenzia spaziale russa per essere inseriti nel carico scientifico della missione: DIAMOND (sensore di impatto per la rivelazione di micro-particelle presenti nell'anello di polvere di Marte previsto sull'orbita di Phobos), TIMM (spettrometro ad immagini) e AOST (spettrometro di Fourier). I primi due sono ideati e coordinati direttamente da INAF (P/ship in INAF): DIAMOND presso l'Osservatorio Astronomico di Capodimonte, TIMM presso l'IFSI di Roma.

POLVERI INTERPLANETARIE

L'OAC-Napoli (in collaborazione con l'Uni. Parthenope Napoli) sta sviluppando due progetti: DUSTER e DARLING destinati alla raccolta di polveri interplanetarie in volo stratosferico e sulla ISS, rispettivamente. DUSTER si basa su un principio di aspirazione e filtraggio dell'aria per la raccolta delle particelle solide in essa disperse su appositi dispositivi da analizzare in laboratorio. DARLING è stato approvato dall'ESA nell'ambito del programma "Life and Physical Science 2004" ed è basato sull'impiego di aerogel quale mezzo di raccolta delle polveri. In entrambi i casi, le operazioni di raccolta e rientro a terra saranno seguite da campagne di misura in laboratorio sui campioni raccolti mediante la strumentazione disponibile nel Laboratorio dell'OAC-Napoli.

SOLAR ORBITER (ILWS)

La missione Solar Orbiter dell'ESA, caratterizzata da un'orbita che la porterà a distanze dal Sole finora mai raggiunte (perielio pari a circa un quinto della distanza Terra-Sole), ha come obiettivo lo studio del Sole e dello spazio ad esso immediatamente circostante.

Nell'ambito del progetto Solar Orbiter esiste un forte interesse degli Osservatori Astronomici di Capodimonte, Catania, Palermo, Roma, Torino, Trieste, dell'INAF-IFSI, dell'INGV e delle Università di Calabria, Firenze, Pavia, Padova, Roma II e Torino per lo sviluppo di strumentazione di tipo coronografico e spettrometrico nell'UV e dell'INAF-IFSI per lo sviluppo di un analizzatore di plasma e di un rivelatore di neutri di alta energia (ENA). La comunità solare ed eliosferica italiana è coinvolta nello studio di questa missione sin dalle fasi iniziali.

Le missioni per il programma Cosmic Vision 2015-2025 dell'ESA e Missioni NEXT

Numerose sono state le proposte, anche da parte della comunità italiana, inviate ad ESA in risposta alla "Call for Ideas" per il piano *Cosmic Vision 2015-2025* e per il programma *Next*. Le missioni sottoposte al vaglio dell'ESA corrispondono a progetti a diversi stati di maturazione. Per alcune di queste sono stati già effettuati degli studi di pre-fattibilità, mentre altre rappresentano concetti di missione che corrispondono a sviluppi di nuove tecnologie.

Le proposte sono state valutate nel corso della seconda metà del 2007 dalla Science Programmè Advisory Structure dell'ESA ed alcune di esse sono state selezionate per essere studiate quali missioni candidate per essere lanciate nel periodo 2017-2018.

CROSS-SCALE

La missione CROSS-SCALE rappresenta un ulteriore passo nello studio della fisica dei plasmi "collisionless". È infatti riconosciuta la necessità di effettuare osservazioni multiscala per comprendere fenomeni fondamentali come la formazione degli shocks, la riconnessione e la turbolenza.

LAPLACE

LAPLACE è una missione "large" per lo studio di Giove, magnetosfera, atmosfera ed interno, e del sistema Giove, con particolare riguardo ad Europa. La missione sarà composta da tre sistemi orbitanti: il primo dedicato al pianeta gigante, il secondo ad Europa e il terzo a Io, Ganimede e Callisto.

MARCO POLO

MARCO POLO è una missione che prevede di riportare a terra dei campioni di un asteroide. Questo permetterà una analisi dettagliata in laboratorio di materiale "primitivo" e pertanto di studiare la formazione e evoluzione dei pianeti terrestri, nonché di studiare il trasporto entro il sistema solare interno.

TANDEM

TANDEM è una missione "large" dedicata ad uno studio dettagliato di Saturno e dei satelliti di Saturno, Titano e Encelade proseguendo le investigazioni di Cassini/Huygens. La missione dovrebbe consistere di un sistema orbitante, una capsula per mettere nell'atmosfera di Titano palloni o dirigibili e dei penetratori per Encelado.

Missioni ai NEO

Nel 2004 l'ESA ha costituito il NEO Mission Advisory Panel (NEOMAP), il cui scopo è di valutare, per conto dell'agenzia, le opzioni migliori, dal punto di vista del rapporto costo/efficacia, offerte da una missione spaziale riguardo alla riduzione del rischio asteroidale. La partecipazione della comunità italiana a queste attività è rilevante.

Il CNES ha avviato lo studio preliminare di una missione in situ ad un NEO. ASI sta partecipando a questo studio con un piccolo team composto in massima parte da ricercatori INAF.

Concetti per missioni future

A livello generale, la comunità intende promuovere e partecipare a proposte di missioni, nell'ambito di collaborazioni nazionali ed internazionali, da parte di agenzie spaziali (ASI, ESA, NASA, JAXA, CNES, etc...), basate sulle competenze scientifiche e tecnologiche.

Attività di supporto

ASI SCIENCE DATA CENTER

L'ASI Science Data Center è una struttura ASI istituita nel 2000 e ospitata presso ESA/ESRIN. ASDC gestisce gli archivi scientifici dei satelliti, distribuisce i dati alla comunità nazionale e la supporta nell'analisi scientifica degli stessi. INAF ha assicurato la gestione scientifica e tecnica del personale INAF che opera presso ASDC e la realizzazione di programmi di servizio e ricerca di interesse di tutta la comunità. In particolare nel 2008 è stato firmato da ASI ed INAF un protocollo per la gestione congiunta dell'ASDC della durata di tre anni a partire dal gennaio 2008 che prevede il mantenimento e rafforzamento delle attività.

ANALISI DATI

ASI finanzia l'attività di analisi dati di missioni spaziali dedicate all'astrofisica sia con contratti dedicati a singole missioni alle quali vi sia stato un contributo nazionale alla realizzazione di parti H/W e S/W, che con finanziamenti di carattere generale. Tali finanziamenti sono intesi quale supporto all'analisi dati di Guest Observer o di archivio di missioni di astrofisica spaziale.

STUDI DI NUOVE MISSIONI E ATTIVITÀ DI R&D

Per lo studio, sviluppo e realizzazione dei progetti spaziali si opera a livello nazionale e internazionale sulla base di "Announcement of Opportunity". È necessario pertanto poter rispondere rapidamente attuando studi di fattibilità sulla base delle competenze scientifiche e tecnologiche presenti nella comunità di riferimento. ASI finanzia studi nelle varie aree tematiche attraverso tre contratti di durata triennale. ASI finanzia inoltre contratti di R&D ai quali hanno partecipato e partecipano numerosi ricercatori afferenti all'INAF.

3.3 PROGETTI SPAZIALI DI SVILUPPO TECNOLOGICO

La partecipazione italiana alle missioni spaziali è basata su un contributo significativo di tecnologie sperimentali, che, all'epoca della partecipazione, erano allo stato dell'arte. La possibilità di mantenere e consolidare la presenza italiana nel settore dell'astrofisica spaziale è condizionata ad un'attività di sviluppi tecnologici che deve garantire la competitività internazionale della nostra comunità. Le tecnologie sulle quali l'INAF, in stretta integrazione con altre componenti della più larga comunità nazionale, a cominciare dall'INFN, investirà più risorse, sono quelle che configurano una partecipazione rilevante in progetti futuri (ad esempio a livello di PI-ship di strumento o di missione).

Alcuni dei progetti riportati si basano su finanziamenti esterni di durata limitata nel tempo, altri si riferiscono alle schede progetto ricevute. La continuazione e/o realizzazione di tali progetti dipenderà pertanto dalla disponibilità di un effettivo finanziamento.

OTTICHE PER RAGGI X-DURI/ GAMMA-MOLLI (80 KEV – 1 MEV)

L'importanza delle osservazioni di sorgenti celesti alle alte energie dei raggi X (>60 keV) è ben riconosciuta. Molte questioni aperte di astrofisica delle alte energie possono essere risolte solo con osservazioni celesti nella banda 60-600 keV. A titolo di esempio, per stabilire l'origine del fondo X/gamma diffuso, i modelli di sintesi richiedono un break con energia caratteristica di 100-400 keV, ma finora solo poche misure sono disponibili a causa della limitata sensibilità degli strumenti.

Per superare i limiti di sensibilità degli attuali telescopi a vista diretta del cielo (con o senza maschera), l'unica soluzione è l'impiego di ottiche focalizzanti. A energie maggiori di 60 keV ma, in particolar modo, al di sopra di 100 keV, non solo le ottiche tradizionali con grandi distanze focali (100 m) ma anche le ottiche multilayers diventano inefficaci. La soluzione più efficace appare, al momento, l'impiego della tecnica della diffrazione di Bragg da parte di cristalli a mosaico in configurazione trasmissione (geometria di Laue).

HAXTEL

Scopo del progetto HAXTEL (HARd X-ray TELscope) è lo sviluppo di lenti di Laue di bassa (60-200 keV) e di alta energia (150-600 keV) per poter superare i limiti di sensibilità della strumentazione attuale. Sulla base degli studi finora fatti di possibili payload con 20m di focale, ci si aspetta di poter raggiungere nella banda 60-600 keV sensibilità senza precedenti (a 200 keV dell'ordine di 10^{-8} fotoni/cm² s keV). L'obiettivo che ci siamo posti in questa fase è lo sviluppo di un piccolo prototipo (PM) di lente di bassa energia (60-200 keV) con circa 2m di focale, basata su cristalli a mosaico di rame (111). I cristalli saranno forniti dall'Institute Laue-Langevin (ILL) di Grenoble, che partecipa al progetto. Il PM è previsto essere qualificato presso la facility X (LARIX) di Ferrara e, possibilmente, a bordo di pallone stratosferico.

Ottiche a raggi X

Le attività avranno lo scopo di raggiungere i seguenti obiettivi:

- a) sviluppo di specchi monolitici Wolter I per raggi X duri (fino a 100 keV) con rivestimento multilayer tramite replica con elettroformatura di Ni, perfezionando la tecnologia sviluppata in Italia per produrre gli specchi con rivestimento in Au di SAX, JET-X/SWIFT e XMM. Il metodo è appropriato per realizzare ottiche con buona risoluzione angolare ed alta area di raccolta. Lo studio è rivolto in particolare alla realizzazione degli specchi delle missioni SIMBOL-X (CNES, ASI).
Oltre all'applicazione dei multilayer, un altro obiettivo importante è l'ottenimento della stessa risoluzione angolare di XMM (15"HEW) pur diminuendo gli spessori di un fattore 3. Queste attività saranno portate avanti in collaborazione con le ditte Alenia, Laben e MediaLario con finanziamento ad hoc dell'ASI. Collaborazioni sono pure in corso con CfA e il NASA/MSFC;
- b) sviluppo di specchi ultraleggeri a grande area di raccolta e ottima risoluzione angolare (IXO-XEUS) tramite slumping di fogli in vetro e successivo figuring di precisione con fascio ionico. Questa ricerca coinvolge pure MPE di Monaco;
- c) sviluppo di ottiche per raggi-X basate su fogli di plastica sottili. L'attività è principalmente portata avanti presso OAPa in collaborazione con il CfA. Il vantaggio principale di questo approccio è l'enorme throughput ottenibile con pesi molto piccoli. Anche se la risoluzione angolare ottenibile è relativamente modesta (alcuni arcmin), queste ottiche trovano un'ideale applicazione in applicazioni polarimetriche e spettroscopiche;
- d) spin-off per l'utilizzo di ottiche X in campo biomedicale e nanoelettronico (applicazioni nanolitografiche).

L'attività sullo sviluppo di ottiche multilayer, iniziata alcuni anni fa per i progetti Con-X-HXT ed HEXIT, ha portato alla prototipizzazione di ottiche in Ni con copertura multilayer calibrate alla facility Panter fino all'energia di 50 keV. I risultati ottenuti sono a nostra conoscenza i migliori a livello internazionale. L'attività sugli specchi in vetro sottile ha fornito una serie di risultati preliminari molto incoraggianti, ottenuti insieme al MPE su substrati di piccole dimensioni (200 mm x 200 mm). Il test di un primo prototipo assemblato è previsto nei prossimi mesi. L'attività riguardante le ottiche in materiale plastico portata avanti con il CfA ha portato alla calibrazione presso la facility di Palermo di prototipi molto leggeri con risoluzione di alcuni arcmin.

Sviluppo di ottiche a multistrato per spettroscopia ed imaging nell'estremo UV

I film multistrato "nanostrutturati" sono stati ampiamente usati, ormai da alcuni anni, in vari campi della fisica applicata, dell'astrofisica e della fisica nucleare. Ad esempio, sistemi di questo tipo sono stati usati per produrre ottiche per raggi X molli (soft X-ray) e per l'estremo ultravioletto (EUV), per polarizzatori, per ottiche per neutroni freddi, per specchi per telescopi astronomici, per giunzioni per rivelatori che sfruttano l'effetto tunnel superconduttivo.

Con il presente progetto ci si propone di sviluppare in Italia una capacità autonoma in un campo strategico, come quello delle ottiche multistrato, e di studiare possibili applicazioni innovative unendo competenze nei campi dell'ottica EUV e dei raggi X

molli, nell'astrofisica e nella fisica delle superfici e delle interfacce. In particolare l'obiettivo principale sarà lo sviluppo di rivestimenti a multi-strato per ottiche (specchi) anche diffrattive (es. reticoli) in una regione di notevole interesse dal punto di vista della diagnostica spettroscopica, come l'estremo ultravioletto.

Questo progetto ha come obiettivo lo sviluppo di rivelatori di raggi x e gamma basati sull'impiego di scintillatori e fotodiodi a bassissimo rumore quali le Silicon Drift Chambers (SDC). Nell'ambito di questa ricerca si intendono realizzare i seguenti prototipi per impiego in missioni spaziali di Astronomia x e gamma di prossima generazione: (a) un modulo rivelatore gamma (30-5000 keV) segmentato che risulti position sensitive con elettronica di lettura ad alta integrazione basata su ASICs; (b) un rivelatore position sensitive con energia estesa verso il basso (1-1000 keV); (c) un ASIC "general purpose" da utilizzare come front-end elettronica.

LASST (LARGE ACTIVE SEGMENTED SPACE TELESCOPE)

In risposta al bando ASI di sviluppo tecnologico CD-PRZ-2007-001, la proposta copre la costruzione del prototipo ingegneristico di un primario attivo di circa 1 metro quadrato, completo di controlli e pronti per le prove di lancio (vibrazioni, termiche, vuoto). INAF figura come primo contraente, con un impegno finanziario complessivo di 1.487 Meuro, di cui 1,189 Meuro a carico di ASI e 0.297 Meuro a carico di INAF, su tre anni di durata del contratto.

LIDAR

In risposta al bando ESA ITT A05917, si tratta dello studio di uno specchio primario leggero per telescopio **LIDAR** su satellite. INAF-Arcetri è uno dei contraenti; i costi dello sviluppo (circa 0.8 Meuro) sono a carico di ESA e INAF fornisce personale e consulenza.

RIVELATORI A SEMICONDUETTORE NON CONVENZIONALI PER TELESCOPI X-GAMMA

L'utilizzo di tecniche di focalizzazione che in Italia si stanno sviluppando con la tecnologia degli specchi multilayer (OAB) per energie da 10 a 80/100 keV e delle lenti di Laue a larga banda (Università di Ferrara e IASF-BO) per l'intervallo 60-600 keV richiede lo sviluppo di strumentazione di piano focale ad alta efficienza, elevate prestazioni spettroscopiche e buona risoluzione spaziale come quella realizzabile con semiconduttori a temperatura ambiente come CdTe e CZT. I due tipi di 'ottica' hanno requisiti diversi sui rivelatori di piano focale, ma ci sono alcune problematiche comuni alle quali si cercherà di rispondere con diverse tecnologie possibilmente nazionali, quali:

(a) Sviluppo di tecnica epitassiale per realizzare giunzioni p-n su cristalli di CdTe; (b) Studio di configurazioni di elettrodi per migliorare la raccolta di carica; (c) Sviluppo di metodi di analisi dei segnali per la compensazione del trapping in rivelatori di CdTe/CZT. È previsto inoltre lo sviluppo di rivelatori CZT, da produrre in Italia, per Astronomia spaziale in X e Gamma allo scopo di mantenere la posizione di eccellenza conquistata dall'Italia con Sax, XMM ed INTEGRAL.

SVILUPPO DI NUOVI RIVELATORI DI RAGGI X AD IMMAGINE PER STRUMENTI A GRANDE CAMPO

AGILE ha fornito esperienza e strumentazione su rivelatori a semiconduttore (Si microstrip) ed elettronica VLSI (ASIC). Il gruppo H/W (IASF Rm, Bo e Mi, INFN Ts e Mi) intende estendere l'esperienza acquisita a nuove missioni. Queste ricerche si orientano in 2 linee principali: All Sky Monitor nella banda 5-50 keV, sull'esperienza SuperAGILE, SA; Compton Telescope – CT, nella banda 0.1-10 MeV, sull'esperienza AGILE/GRID. Il progetto ASPEX (PRIN INAF), è un follow-up a SA: circa lo stesso design di SA può risultare in un esperimento molto più sensibile agendo sulle caratteristiche dei rivelatori, degli ASIC di Front-End, sulla geometria del campo di vista. Ulteriori sviluppi possono anche essere ottenuti attraverso lo studio di nuovi rivelatori, e.g., GaAs o diamante.

POLARIMETRIA IN RAGGI X

La polarimetria, rimasta finora quasi del tutto inutilizzata in Astronomia X, ha invece, secondo le previsioni teoriche grandi aspettative : i processi di emissione sono spesso non termici, i plasmi non sferici, i campi gravitazionali e magnetici intensi. Sono anche possibili effetti di gravità quantistica. L'interesse della comunità scientifica si è di nuovo coagulato attorno al 'break-through' dovuto al recente impiego della microelettronica: la tecnica del polarimetro fotoelettrico per piano focale è stata inventata in Italia dallo IASF-Roma e dall'INFN di Pisa ed è la convergenza di attività più che decennali di studi sulla polarimetria X e sui rivelatori a pixel nella banda dei raggi X molli. Questa attività prevede la definizione di un esperimento di Astrofisica Spaziale di polarimetria X di sensibilità adeguata ad aspettative teoriche realistiche per missioni quali POLAR-X, SIMBOL-X, IXO-XEUS. L'attività di strumentazione prevede la realizzazione di un prototipo di rivelatore fotoelettrico per impieghi spaziali. Nella banda dei raggi X duri/Gamma molli verranno studiati polarimetri Compton suddivisi a doppia fase, ideati allo IASF-Roma, che prevedono l'impiego di materiali attivi a basso Z (fibre scintillanti, rivelatori 2-D al diamante CVD o microstrisce al silicio) e materiali assorbitori veloci ad alto Z (YAP, GSO) per esperimenti di grande area su pallone di lunga durata.

Parallelamente verrà proseguito e ampliato, anche mediante l'utilizzo di codici numerici, l'aggiornamento delle aspettative teoriche della polarizzazione X prevista da stelle magnetiche di neutroni in accrescimento, da binarie X di piccola massa da sorgenti galattiche auto-assorbite e da AGN.

MICROCALORIMETRI PER SPETTROSCOPIA NON DISPERSIVA AD ALTISSIMA RISOLUZIONE

Questo progetto ha come obiettivo lo sviluppo di microcalorimetri criogenici per raggi X ad altissima risoluzione spettrale ($E/\Delta E \sim 1000-3000$), alto rateo di conteggi (300 cts/s per pixel) e capacità di imaging (1000 pixel) per la realizzazione di missioni e strumentazione per l'Astrofisica e Cosmologia in raggi X. È prevista la continuazione dello sviluppo dei microcalorimetri di nuova generazione a transizione di fase superconduttiva TES e lo studio delle potenzialità dei microcalorimetri magnetici (IASF-Roma, Univ./INFN Ge, INFN-CNR, Roma), e le attività di miglioramento dei microcalorimetri con sensore resistivo a semiconduttore di tipo NTD (OAPA e Univ. Palermo).

Le linee guida di sviluppo tecnologico sono simili e volte a migliorare la risoluzione energetica, rendere i dispositivi più veloci, realizzare matrici con un grande numero di pixel, ottimizzare le tecniche costruttive per ottenere rivelatori robusti ed affidabili.

RIVELATORI INNOVATIVI PER APPLICAZIONI ASTROFISICHE IN OTTICO/UV

Da alcuni decenni i rivelatori CCD dominano la scena dei rivelatori utilizzati nell'astrofisica ottica ed UV. Nonostante il continuo miglioramento nel campo della tecnologia del silicio esistono alcuni campi di applicazione in cui tali dispositivi mostrano dei limiti, in particolare quando è richiesta solar blindness (astrofisica UV) e/o risoluzione temporale (ottica adattiva) accompagnata da una elevata sensibilità e dinamica. Il laboratorio rivelatori dell'OA CT in collaborazione con altri gruppi di ricerca italiani ha attualmente allo studio tre tipi di rivelatori. Il primo è un rivelatore basato su diamanti sintetici. Le proprietà fisiche di tale materiale lo rendono ideale per realizzare rivelatori XUV per l'astrofisica spaziale. Il materiale sotto studio attualmente è il diamante CVD omoepitassiale a singolo cristallo.

Il secondo rivelatore è un Single Photon Avalanche Diode (SPAD) basato su silicio monolitico e funzionante a conteggio di fotoni. Il terzo rivelatore, a matrice attiva (CMOS-APS), ha una elevata integrazione on chip ed una elevata velocità di lettura, accoppiato con MCP funziona a conteggio di fotoni a elevata dinamica.

TECNOLOGIE OTTICHE ED ELETTRONICHE PER LO STUDIO DI RAGGI COSMICI UHE DALLO SPAZIO MEDIANTE LA FLUORESCENZA DI SCIAMI IN ATMOSFERA

La componente di Radiazione Cosmica (RC) di più alta energia (10^{18} - 10^{19} eV) si presenta come elemento di sfida nella comprensione della sua origine e della sua connessione a problemi fondamentali in Cosmologia e in Astrofisica Particellare. Queste tecnologie si propongono di studiare la componente di RC di altissime Energie ($>5 \times 10^{19}$ eV) per mezzo della luce di fluorescenza prodotta dai Raggi Cosmici che interagiscono con l'atmosfera terrestre. Il numero di eventi osservati (circa 1 per anno per 100 km^2 ad energie del primario $>$ di 10^{20} eV) è proporzionale all'area efficace di rivelazione; per questo motivo gli esperimenti previsti, che fanno uso di un ottica di Fresnel a grande campo ($\pm 30^\circ$) e di un rivelatore sul campo focale altamente pixelizzato (circa 2×10^5 pixels), devono essere posti ad un'altezza di qualche centinaio di chilometri. Molte di tali tecnologie trovano anche applicazioni nella astronomia gamma VHE.

COSMOLOGIA CON MOSAICI DI RIVELATORI MILLIMETRICI E SUB-MILLIMETRICI

Lo studio dettagliato della radiazione cosmica a microonde è un campo estremamente competitivo, che necessita di tecnologie e metodi di misura avanzatissimi e sofisticate analisi. Nel triennio di interesse l'attività riguarderà i seguenti punti: (a) Sviluppo dell'esperimento BOOMERanG-B2K5, finanziato da ASI, per la misura dei modi E e B della polarizzazione dell'emissione diffusa a 350 GHz e a 150 GHz con BOOMERanG. (b) Sviluppo dell'esperimento OLIMPO, finanziato da ASI, per la misura dell'effetto Sunyaev-Zeldovich in 40 ammassi di galassie. (c) Misura dell'effetto SZ con il mosaico di rivelatori MAD dall'osservatorio della Testa Grigia (MITO) e della Temperatura CMB in funzione del redshift. (d) Sviluppo dell'esperimento BRAIN, finanziato da PNRA, per la misura della polarizzazione del cielo a microonde dalla base di Dome-C. Eventuale upgrade con esperimento CLOVER. (e) Sviluppo di mosaici di grandi dimensioni di rivelatori millimetrici per osservazioni ultrasensibili del fondo a microonde e dell'emissione galattica diffusa (progetto RIC finanziato da INFN). (f) Metodi di analisi per stima ottimale di mappe e spettri di potenza CMB, sottrazione di sistematiche strumentali e di foregrounds locali, stima parametri cosmologici.

SISTEMI DI CALCOLO PER APPLICAZIONI SPAZIALI

Nel triennio 2008-2010 si intende proseguire lo studio iniziato negli anni passati e cioè la definizione di architetture di sistemi di calcolo per applicazioni spaziali e lo studio delle problematiche relative all'utilizzo nello spazio di una tecnologia h/w specifica, al fine di valutarne la possibilità di impiego a bordo di satelliti.

Per quanto concerne la ricerca sulle architetture, l'obiettivo è la definizione di un'architettura, implementabile mediante dispositivi FPGA (Field Programmable Gate Arrays), basata su di una rete di unità elementari, aventi capacità di tolleranza di guasti. Le caratteristiche di riconfigurabilità dei tali dispositivi, la loro struttura regolare e la ridondanza intrinseca costituiscono la base per la definizione di strategie efficienti per la rilevazione e riparazione di guasti, atte a garantire il funzionamento continuo del sistema per la durata della missione.

SVILUPPO DI DISPOSITIVI PER LA RACCOLTA E L'ANALISI IN SITU DI POLVERI IN VARI AMBIENTI SPAZIALI

L'INAF-OAC (in collaborazione con l'Università Parthenope di Napoli) è leader internazionale nello studio, disegno, sviluppo e realizzazione di dispositivi per la cattura di particelle solide, per la loro caratterizzazione in situ e per la loro preservazione per il rientro a Terra e studio in laboratorio. Le tecniche già sviluppate ed in continuo aggiornamento sono applicabili a particelle di dimensioni tra i centimetri ed i sub-micron e sono utilizzabili in vari ambienti spaziali (mezzo interplanetario, corpi privi di atmosfera, pianeti con atmosfera). Le tecniche si basano su metodi di misura diversi e tra loro integrabili. Essi sono: metodi di rivelazione ottica, metodi di rivelazione per impatto, metodi di raccolta e misura con sistemi piezoelettrici. Le misure eseguibili in situ consentono di caratterizzare le proprietà fisiche e dinamiche delle particelle. Per missioni che prevedono il rientro a Terra sono applicabili metodi adeguati per la raccolta non distruttiva basati su superfici e materiali (es.: aerogel) speciali. Tali tecniche sono già impiegate in progetti in fasi operative (GIADA, DUSTER) o di sviluppo avanzato (MEDUSA) e sono in continua evoluzione ed ottimizzazione. Esse prevedono possibili ricadute applicative anche alle problematiche ambientali terrestri.

ITASEL

Il progetto, connesso a tematiche Bioastronomiche ha come obiettivo la ricerca a 22 GHz dell'acqua in oggetti astronomici. Il progetto si articola in particolare nello studio degli exo-pianeti e delle comete.

Nuove Iniziative

Dopo il completamento delle maggiori attività strumentali in corso (LBT, SRT, VST), saranno attivati sulla base delle disponibilità finanziarie eventualmente disponibili, due bandi nazionali per il finanziamento di:

- uno o più progetti relativi a strumentazioni innovative. Il bando dovrebbe prevedere un inviluppo finanziario di 6 M€ su tre anni;
- progetti per lo sviluppo di tecnologie di base R&D. Il bando dovrebbe prevedere un inviluppo finanziario di 3 M€ su tre anni.