

**APPENDICE A3**  
**Grandi Progetti Strumentali**  
**da Terra e dallo Spazio**

## Approccio Strategico alla Attività Tecnologica INAF

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.

### 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*

### Gli strumenti di attuazione

L'attuazione delle azioni richiede investimenti, in termini di risorse umane e finanziarie, che variano in funzione dell'ordine di grandezza 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 può allora venire dalla partecipazione a bandi dell'FP7 della Commissione Europea finalizzati al supporto delle nuove infrastrutture di ricerca. In particolare attraverso due differenti attività:

- Design Studies
- Preparatory phase

I Design Studies, come già nell'FP6 della Commissione, 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 Research Infrastructures<sup>1</sup>. Le infrastrutture di interesse dell'INAF identificate nel Rapporto sono:



ELT (Extremely Large Telescope)  
SKA (Square Kilometer Array)

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, Preparation Study) e alla preparazione della proposta di Design Study per ELT (che è stata presentata da ESO come proposta monopartner di cui INAF è subcontractor). Tutte queste proposte sono state approvate e sono in fase di formalizzazione contrattuale.

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 Radonet, già finanziati in FP6 dalla commissione europea e, auspicabilmente, nei progetti omonimi presentati all'inizio del 2008 ed ora in fase di valutazione in FP7. Sfortunatamente INAF non ha potuto contemporaneamente procedere ad un programma autonomo di R&D a causa delle ristrettezze finanziarie.

<sup>1</sup> <http://cordis.europa.eu/esfri/roadmap.htm>

## 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.

### ALMA

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso, Azioni specifiche				
Riepilogo finanziario: (K€)	2008	2009	2010	totale	note
	250	275	275	800	<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 7000m<sup>2</sup>) 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 Astrofisico di Arcetri (OAA), Osservatorio Astronomico di Trieste (OAT) e l'Istituto di Radioastronomia (IRA). OAA è principalmente coinvolto nello sviluppo e realizzazione di alcune componenti del correlatore digitale, nella definizione e implementazione dei requisiti scientifici del sistema software, e negli organismi di definizione delle priorità scientifico-tecnologiche del progetto. 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) 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.

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

Oltre a svolgere tali attività a carattere generale, nello specifico 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.

Attualmente il personale coinvolto nella realizzazione dell'ARC di Bologna è costituito da 6 membri dello staff dell'IRA, e da 1.5 postdoc-ARC (uno dei quali ha una posizione della durata di soli 6 mesi). Nel corso dei primi due 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). Entrambi i postdoc-ARC hanno il compito di imparare ad utilizzare e testare il nuovo software. Attualmente sono impegnati nel confronto tra le capacità di mosaicing di CASA rispetto ai packages radio già esistenti.

L'ARC dovrà essere completamente operativo al momento della prima "call for proposals" di ALMA per le osservazioni scientifiche (2009). In quel momento il piano dell'ARC prevede 1 FTE costituito da personale dell'IRA, 3 post-docs, e 1 system manager. Negli anni successivi, con la piena operatività dell'ARC, lo staff includerà anche una unità di personale amministrativo con compiti di segreteria, e il numero di post-doc salirà a 4.

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

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

### ATTIVITÀ IN ANTARTIDE

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** è 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 si sta completando 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  $2.29 \times 2.29$  arcmin<sup>2</sup> e  $2.86 \times 2.86$  arcmin<sup>2</sup>, rispettivamente. L'obiettivo scientifico è quello dallo 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 con che vede impegnati 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.

Il progetto per la realizzazione della camera antartica è prossimo al termine. Nel 2007 è stata ultimata l'elettronica di acquisizione e controllo e gran parte del criostato. Molte componenti sono già state provate in laboratorio, anche in condizioni "antartiche", grazie all'utilizzo di una camera climatica (ANTARES) appositamente realizzata nei laboratori di Teramo. Si prevede di terminare l'assemblaggio delle varie componenti entro la primavera/estate del 2008. Dopo i test previsti in laboratorio, la camera sarà pronta per essere trasportata alla base CONCORDIA, in tempo per l'inizio della prossima campagna estiva (autunno 2008). Attualmente non siamo però in grado di sapere quando effettivamente verrà effettuato il trasferimento, a causa dei ritardi nell'organizzazione logistica della base (causati dai tagli di bilancio del PNRA), che hanno fatto saltare la programmazione del trasporto, montaggio e commissioning del telescopio IRAIT. Di Fatto, l'ultimo dei 3 container con le parti del telescopio è arrivato a DomeC solo alla chiusura estiva della base. Tutto il materiale è stato quindi lasciato all'aperto, all'interno degli stessi container, che verranno riaperti, presumibilmente, ad Ottobre/Novembre 2008, per procedere con operazioni di montaggio del telescopio.

**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. L'attività è inquadrata nell'iniziativa IPY (International Polar Year), che celebrerà, con campagne osservative a partecipazione mondiale, il cinquantenario dello IGY (International Geophysical Year) del 1957-58. L'installazione dei radar di Concordia avverrà nella campagna 2008-2009. I radar di Dome-C saranno incrociati con uno USA a South Pole, e uno cinese a Zhong Shan.

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<sup>2</sup>, 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 delle sue 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. Il sito potrebbe anche rivelarsi interessante come base di lancio per voli di pallone a lunga durata, successori di quelli della serie Boomerang, che hanno portato risultati notevolissimi nello studio della radiazione cosmica di fondo.

### PIERRE AUGER OBSERVATORY

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso				
Riepilogo finanziario (K€)	2007	2008	2009	totale	note
	-	-	-	-	-

#### Accesso

La partecipazione dell'INAF alle attività osservative del **Pierre Auger Observatory**, sebbene limitata rispetto alla partecipazione del INFN, vede comunque il coinvolgimento di gruppi di ricerca presso INAF-IFSI di Torino, INAF-IASF di Palermo e INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri. Si provvederà quindi a porre in essere tutte le iniziative atte ad ottimizzare l'accesso a questa infrastruttura.

### ASTROFISICA TeV E TELESCOPI CHERENKOV

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione				
Riepilogo finanziario (K€)	2008	2009	2010	totale	note
	650	650	650	1.950	La cifra include la partecipazione a MAGIC, La partecipazione a CTA sarà oggetto di una eventuale decisione nel corso del 2008. 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<sup>1</sup>**: 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<sup>2</sup>**: situato alle Canarie, usa un singolo telescopio di diametro di 17m e i partecipanti sono MPG (Germania), INFN (Italia), and CICYT (Spagna).

Entrambi sono nella fase II ed hanno in corso l'aggiunta di altri telescopi per migliorare l'area di raccolta e la risoluzione angolare

**VERITAS**: in fase completamento negli USA.

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).

Attualmente INAF è membro candidato della Collaborazione MAGIC, e dovrebbe essere accolto come membro effettivo alla fine di Aprile 2008. INAF partecipa con 6 scienziati full time alle attività scientifiche, di programmazione e di gestione, e con 3 scienziati part time alla costruzione della metà dei circa 200 pannelli riflettenti che costituiranno la superficie del secondo telescopio per MAGIC II. La costruzione avviene con la tecnologia originale del "cold slumping" presso la Media Lario Technologies. Dal punto di vista industriale, la partecipazione a MAGIC II offre interessanti possibilità di coinvolgimento nei progetti, ancora più ambiziosi, HESS II e CTA.

### Costruzione

Con la costruzione del secondo telescopio di grande area, che opererà simultaneamente al primo in stereoscopia, MAGIC II otterrà un miglioramento della risoluzione angolare e l'abbassamento della soglia di energia sotto ai 50 GeV; le migliorate prestazioni consentiranno 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 da' a GLAST.

Parallelamente, in collaborazione con gruppi spagnoli e portoghesi, si esploreranno 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, hanno avviato una 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

### 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 Cherenkov 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 ( $\approx 10$  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 lo 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 s.l.m. (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:** l'apparato e' 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'obbiettivo di rivelare l'eventuale cambiamento di pendenza dello spettro dei primari pesanti (Fe) atteso a  $10^{17}$  eV e di studiare le proprieta' 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  $5 \times 10^{18} - 10^{21}$  eV per lo studio di spettro, composizione chimica ed anisotropie alle energie estreme con l'obbiettivo 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 e' impegnato, e' costruito per l'80% ed e' in fase di commissioning ed in presa dati continua. E' già stata annunciata una significativa coincidenza posizionale tra i raggi cosmici di energia più alta e le galassie del super ammasso locale.

**LVD** e' un Osservatorio Neutrinico per rivelare burst di neutrini di bassa energia (e il loro flavour) generati da collasso gravitazionale stellare nella galassia. L'esperimento e' in funzione presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS). LVD e' 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 e' operativo il fascio di neutrini dal CERN ai LNGS. Oltre che come osservatorio neutrinico LVD effettua misure su antineutrini solari, flusso da interazioni di neutroni a grande profondita' e su sciami di muoni a grandi angoli zenitali raccordandosi così con lo studio dei raggi cosmici di alta energia.

**Croce del Nord, Parabole di Medicina e Noto ed EVN**

Azioni raccomandate dal PLT	Azioni specifiche				note
	2008	2009	2010	totale	
<b>Riepilogo finanziario (K€)</b>	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 (si veda ad es. la partecipazione negli anni 90 al progetto International Timing svolto in collaborazione con GRO).

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). Il completamento di tutte le sue fasi necessita di ulteriori risorse, che non sono più garantite in toto in ambito comunitario al termine del programma FP6 denominato SKADS.

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.

Inoltre, in questi ultimi tempi si sta concretizzando la possibilità di fare entrare la stazione Medicina, opportunamente re-ingegnerizzata con tecnologie d'avanguardia, 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.evbi.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 EXPRoS (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 100 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, H<sub>2</sub>O, 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.

Extremely Large Telescope

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione				
Riepilogo finanziario (K€)	2008	2009	2010	totale	note
	600	600	600	1.800	supporto alla progettazione di strumentazione per EELT.

Il Council dello ESO ha approvato, in data 11 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, Australia, che arriva a 30 metri.

Lo studio triennale dell’ESO per EELT può contare su un budget di circa 58 M€ e dovrebbe consentire di approdare entro la fine del 2009 alla decisione finale per l’inizio effettivo della sua costruzione, mentre entro il 2008 è prevista la localizzazione del sito di impianto. Lo stesso potrebbe beneficiare di possibile finanziamento della CE nell’ambito del Settimo Programma Quadro.

Questo studio segue una fase preliminare, coordinata da ESO durante l’intero 2006, a cui la comunità astronomica Italiana ed in particolare l’INAF, ha partecipato attivamente sia per gli aspetti scientifici che tecnologici. Possono essere infatti considerate prodepediche le attività **Costruzione** svolte nei progetti:

**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**, 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 ELT 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)
- alta risoluzione temporale (Università di Padova)

Per il periodo successivo ai programmi FP6, la commissione europea ha già approvato il progetto ELT, prosieguo naturale del progetto precedente nell' FP7 in cui vengono completate gran parte delle attività, incluse quelle a responsabilità INAF, iniziate nel progetto precedente e similmente nel progetto Opticon FP7, ora in fase propositiva, 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 tra la fine del 2007 e l' inizio del 2008 ESO ha emesso alcuni bandi per studi preliminari di strumentazione per ELT ed altri bandi saranno emessi nel corso del 2008. INAF partecipa ad alcuni consorzi che si sono costituiti per rispondere a questi bandi ed in particolare per gli strumenti MIKADO, CODEX, Simple, Quantum Eye etc.



Strumenti solari ed European Solar Telescope

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione Large Solar Telescopes				
Riepilogo finanziario (K€)	2008	2009	2010	totale	note
	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, per il quale è prevista una prossima chiusura e da cui il CNR (partner italiano in Themis) uscirà presumibilmente nel 2009, 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<sup>2</sup>, 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 si prevede l'inizio della attività per l'autunno del 2008.



## LARGE BINOCULAR TELESCOPE

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso, Strumentazione, Supporto				
Riepilogo finanziario (K€)	2008	2009	2010	totale	note
	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 il 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 quella 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, rende 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, che hanno portato fin'ora alla pubblicazione di una decina di lavori. Le osservazioni con entrambe le camere di LBC in modo binoculare proseguono regolarmente dal gennaio 2008. Nel tardo 2008 verrà installato il secondo strumento, LUCIFERa, uno spettrografo-imager nel vicino

IR che può lavorare sia in modo "seeing limited" che in modo adattivo. All'inizio del 2009 verrà consegnato ad LBT il primo secondario adattivo, ora in fase avanzata di costruzione in Italia, che verrà usato da LUCIFERa e che sarà seguito dalla seconda unità (in congiunzione con LUCIFERb) a fine 2009. 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.

**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 un LBT Italian Science Support Team (LISST) con il compito di garantire assistere la comunità scientifica in tutte le fasi osservative e di garantirne un adeguato supporto tecnico logistico.

## Attività italiane per LBT

### **Sistemi di Ottica Adattiva**

#### **Sistema di ottica adattiva di prima luce**

L'INAF ed in particolare l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri è incaricato dello sviluppo del sistema di ottica adattiva a singolo coniugato per LBT, definito usualmente sistema adattivo di prima luce, o, in acronimo inglese, FLAO. Lo sviluppo di questo sistema adattivo comprendente disegno, integrazione e test dell'intero sistema nella ex torre solare di Arcetri è cominciato nel 2001. Il sistema di ottica adattiva di prima luce include tutto il software necessario alla chiusura del loop di correzione ed all'interazione con il sistema di controllo del telescopio. Il gruppo di Arcetri è impegnato a fornire due sistemi adattivi identici per i telescopi DS e SX di LBT. Lo specchio deformabile di tale sistema è il secondario adattivo di LBT con 672 attuatori. In questo ambito di attività si inserisce l'uso di innovativi sensori di fronte d'onda piramidali, nonché le tecniche di previsione del seeing su scala temporale delle decine di ore tramite dettagliati modelli meteorologici. Per quest'ultima tematica, cruciale nella ottimizzazione dello scheduling dei grandi telescopi, la Commissione Europea ha appena assegnato un contratto all'Osservatorio di Arcetri per 20 FTE su quattro anni nell'ambito del programma Marie-Curie presso il gruppo tecnologico di Arcetri, definito gruppo di eccellenza dalla EC.

#### **Il sensore di fronte d'onda di prima luce**

Il sensore di fronte d'onda è un sensore a piramide a 30x30 subaperture, montato all'interno della flangia del derotatore dei fuochi gregoriani piegati o bent gregoriani foci. Queste caratteristiche fanno di questo sistema uno dei più ambiziosi sistemi adattivi in via di realizzazione in campo astronomico. Il commissioning della prima unità del sistema adattivo è previsto per la metà del 2009 mentre per la seconda unità si prevede il commissioning a fine 2009. Tale sistema adattivo è asservito al funzionamento in diffraction limited mode del "facility instrument" di LBT chiamato LUCIFER. Questo strumento ha la possibilità di produrre immagini e spettri (in long slit e multi object mode) con risoluzione 10000-30000 nel vicino IR (0.9-2.5 micron). Le due unità di sistema adattivo sono provviste da INAF come "in kind contribution" ad LBT per un totale di circa 1.5MEuro.

#### **Secondari adattivi**

I secondari adattivi rappresentano gli specchi deformabili principali per i sistemi di ottica adattiva di prima luce e per quelli successivi di LBT. Sono utilizzati per compensare in tempo reale le distorsioni del fronte d'onda introdotte dalla turbolenza atmosferica (*seeing*). A differenza dei correttori dei sistemi adattivi degli attuali telescopi, lo specchio deformabile non è posizionato in un modulo ad una stazione focale, ma è integrato nel treno ottico del telescopio, sostituendone il tradizionale secondario rigido. L'Osservatorio di Arcetri ha ideato e sviluppato tale tecnologia e guida lo sviluppo dei secondari adattivi per LBT sotto contratto della LBT Corporation come contributo *in-kind* di INAF.

Il contratto con la LBTC (per circa 500 k\$) prevede che il gruppo di Arcetri dia supervisione alla produzione dell'hardware (contratto industriale con Microgate SRL

e ADS International SRL) e esegua i test di caratterizzazione ed ottimizzazione in Italia e la messa a punto sul telescopio.

La soluzione tecnologica del secondario adattivo non solo fornisce una correzione adattiva a tutte le stazioni focali, ma riduce la complessità opto-meccanica dei moduli adattivi di piano focale migliorando emissività, trasmissione e stabilità del sistema. Inoltre la tecnologia ad attuatori elettromagnetici utilizzata è caratterizzata da grande corsa permettendo l'integrazione delle funzioni di specchio adattivo con correttore di tip-tilt atmosferico, stabilizzatore di campo e chopper. Infine la metrologia interna basata su sensori capacitivi permette di mantenere una forma fissa per utilizzare il secondario adattivo come specchio rigido per osservazioni *seeing-limited*.

Le due unità di secondari adattivi (LBT672a/b) hanno un diametro di 911mm e forniscono una correzione con 672 attuatori ciascuno e tempi di reazione inferiori al millisecondo. L'errore nella capacità di compensare la distorsione del fronte d'onda (*fitting error*) in condizioni di seeing mediano è atteso essere inferiore a 65nm rms ( $<\lambda/10$  in banda R).

I secondari adattivi costituiscono gli specchi deformabili del sistema di First Light Adaptive Optics (FLAO) la cui parte di sensing (W@LBT) è collocata ai fuochi utilizzati dai due strumenti che costituiscono LUCIFER. La prima unità di secondario adattivo, attualmente in fase di assemblaggio presso le ditte che ne hanno curato la produzione, sarà testata presso l'Osservatorio di Arcetri nel quadro dei test di FLAO durante il 2008. L'inizio del *commissioning* di FLAO (incluso il secondario adattivo) ad LBT è previsto per la prima metà del 2009

Con il *commissioning* degli altri strumenti di LBT il secondario adattivo verrà utilizzato come correttore e chopper per il sistema di ottiche adattive di LBT e come correttore degli strati bassi della turbolenza atmosferica per LINC-NIRVANA.

### **Ottica adattiva per LBTI**

INAF-Arcetri ha stabilito un contratto con lo Steward Observatory per la fornitura di due sistemi adattivi simili a quello già sviluppato per i fuochi gregoriani piegati di LBT ma asservito all'interferometro americano LBTI. Le due unità di sensore sono fornite ad LBTI come una commessa diretta ad INAF per un totale di circa 800KEuro.

Come nel caso del sistema adattivo di prima luce FLAO la correzione adattiva è effettuata dagli specchi adattivi mentre i sensori di fronte d'onda, derivati dal disegno sviluppato per le due unità di LUCIFER sono posizionati ai fuochi gregoriani centrali di LBT. I due sistemi adattivi lavorano in questo caso contemporaneamente per permettere il funzionamento *diffraction limited* dello strumento interferometrico di LBTI capace di funzionare in modo "nulling" (Bracewell interferometer) o in modo "Fizeau imaging" (interferometria omotetica). Il *commissioning* di LBTI è previsto per il 2010

### **LGS AO for LBT**

Il gruppo di Arcetri ha presentato nel workshop sull'uso di laser guide star per LBT tenutosi a Firenze nel novembre 2006 il disegno di un innovativo sensore di fronte d'onda derivato dal sensore di Shack-Hartmann ma modificato in modo da permettere varie modalità di funzionamento fra cui single LGS, Ground layer AO

(GLAO) e Multi-Conjugate AO (MCAO). La proposta di Arcetri è oggi integrata nello studio di fase A appena completato (marzo 2008) che il Board di LBT esaminerà in Aprile 2008. Nel caso, prevedibile, di approvazione da parte del Board questo importante ulteriore sviluppo del sistema di ottica adattiva per LBT dovrebbe diventare operativo in un triennio. Il sistema di stelle laser per l'ottica adattiva di LBT si pone i seguenti obiettivi:

- Realizzazione di un sistema di correzione adattiva parziale a grande campo (4'x4') capace di potenziare le caratteristiche già uniche di del MOS di LUCIFER
- Estendere alla quasi totalità del cielo la copertura in ottica adattiva a campo stretto

Il costo del sistema adattivo utilizzando stelle laser può essere stimato attorno ai 4MEuro.

### **Strumenti "common user" a costruzione interamente italiana**

#### ***Camere LBC***

Le camere per immagini dirette ai primi fuochi di LBT sono due, una operante dall'UV al Visibile e l'altra dal rosso fino ad 1 micron, con un campo di vista di circa 23'x23'. Questi strumenti sono stati costruiti da un gruppo di Osservatori Astronomici italiani (RM-PD-TS) e costituiscono il contributo italiano alla strumentazione di fase 1 del telescopio. Nel periodo Gennaio-Maggio 2007 il canale blu è stato utilizzato per una fase di science verification che ha consentito di ottenere i primi risultati scientifici da parte della comunità Italiana e Internazionale. L'integrazione del canale rosso è stata conclusa in autunno 2007 e nel dicembre 2007 si è avuta la prima luce binoculare. Lo strumento è attualmente utilizzato dai ricercatori degli istituti costituenti la LBT Corporation anche se il completamento del commissioning è previsto per l'autunno 2008.

La grande mole di dati già prodotta durante la science verification e durante il periodo di osservazione assegnato all'INAF è attualmente immagazzinata a Trieste, mentre un archivio scientifico, l'LBC Survey Center (LBCSC) collocato presso l'Osservatorio di Roma, sta fornendo un adeguato supporto nazionale per la riduzione dei dati. L' LBCSC necessita di un supporto economico nel triennio 2008-2010 per garantire il mantenimento di personale altamente qualificato nell'analisi e gestione di dati scientifici.

### **Strumenti "common user" con determinante partecipazione italiana**

#### ***LINC-NIRVANA***

Questo strumento [<http://www.mpia.de/LINC/>] è costruito nell'ambito di una collaborazione tra istituti italiani e tedeschi con capofila MPIA e l'INAF. Esso combinerà in modo interferometrico la luce dei due specchi di LBT e permetterà di fare "imaging" (ed in futuro probabilmente anche spettroscopia) con una risoluzione equivalente alla distanza tra i due telescopi, che è di circa 22.4 metri, preservando l'informazione di fase (interferometria di Fizeau). Consentirà inoltre di avere una immagine interferometrica su un campo di vista fino a 2'x2' nelle bande J, H e K. Tale campo sarà corretto dalle deformazioni introdotte dalla turbolenza atmosferica utilizzando due sistemi (uno per telescopio) di Ottica Adattiva Multi-Coniugata. I quattro sensori di fronte d'onda di tali sistemi sono stati ideati e sono/saranno costruiti ed assemblati in Italia negli Osservatori di Padova (2 Ground layer

Wavefront Sensor - GWS), Arcetri (Design dei 4 sensori), Bologna (2 Mid-High Wavefront Sensor - MHWS) e Roma-Monte Porzio (2 Patrol Camera).

Lo stato attuale e' che il primo dei due MHWS, dopo essere stato integrato e testato nei laboratori di Bologna nel corso del 2007, e' stato spedito ad Heidelberg a fine anno, dopo aver passato i test di accettazione (che hanno dimostrato che il sensore rientra ampiamente nelle specifiche richieste) ed e' appena cominciata la sua integrazione nei laboratori del Max Planck Institute.

Anche la prima Patrol Camera, costruita a Roma, si trova attualmente ad Heidelberg, dove verranno effettuati i test di accettazione e la successiva integrazione in laboratorio con il resto del sistema.

Per quanto riguarda il primo GWS, a Padova sono in fase di test vari componenti del sensore, come i detector, i componenti ottici piu` critici e gli assi motorizzati, e l'assemblaggio delle varie parti dello strumento comincerà intorno a metà del 2008. La successiva integrazione ed i test sul GWS dovrebbero essere ultimati entro la fine del 2008.

L'intera schedula del progetto e' stata ritardata, anche e soprattutto a causa delle difficoltà finanziarie dell'INAF che non hanno permesso di tenere fede agli impegni presi nel Memorandum of Understanding firmato tra i vari istituti tedeschi e l'INAF stesso nel 2004, e che prevedeva un investimento totale in hardware da parte dell'INAF pari a 1.5 milioni di euro, con un flusso di cassa che si sarebbe dovuto concludere nel 2006. A distanza di due anni, la spesa in hardware per il progetto e' stata, tra spese già effettuate e ordini da espletare a breve, di circa 1 milione di euro, mancando quindi all'appello circa 500.000 euro.

La tempestività con cui questi fondi saranno resi disponibili detterà quindi le attività, relative a NIRVANA, dei vari osservatori dell'INAF coinvolti nel progetto nel corso dei prossimi due anni.

L'osservatorio di Bologna e' infatti pronto a partire con l'assemblaggio e l'integrazione del secondo MHWS, del quale sono già state consegnate tutte le parti opto-meccaniche ma devono essere ordinati tutti gli assi motorizzati.

L'osservatorio di Roma si trova in una situazione migliore per cio` che riguarda la seconda Patrol Camera poiche` tutte le parti hardware sono state ordinate e consegnate, e la sua integrazione e test dovrebbe quindi avvenire nel 2008.

Per quanto riguarda il secondo GWS, la situazione e' invece peggiore che per il secondo MHWS poiche`, oltre agli assi motorizzati, deve anche essere ordinata l'intera struttura meccanica.

Fondi permettendo, la attuale schedula prevede che il secondo MHWS e la seconda Patrol Camera debbano essere consegnati tra la fine del 2008 e metà del 2009, ed il secondo GWS nei primi mesi del 2010.

L'integrazione ad Heidelberg di LINC-NIRVANA dovrebbe durare fino alla fine del 2010, mentre lo strumento dovrebbe essere montato a LBT nei primi mesi del 2011.

### **Camere di test**

Due camere di test saranno utilizzate per il commissioning dei secondari adattivi e dei sensori di fronte d'onda per l'ottica adattiva a singola stella di riferimento. Queste camere sono pensate per ottenere immagini nel vicino infrarosso, sia ad elevata risoluzione angolare con campo di vista piccolo (3 arcsec), che a risoluzione angolare inferiore con campo di vista più ampio (circa 30 arcsec). Le immagini



potranno essere ottenute con tempi di integrazione anche molto brevi, fino a 1 milli-secondo o meno, con frequenze di almeno 30 frames al secondo, requisito importante per la caratterizzazione delle prestazioni dell'ottica adattiva. Le due camere sono state progettate e costruite dall'INAF (OA Bologna) in collaborazione con il Max-Planck Institut für Astronomie di Heidelberg, rispettando in modo esemplare la tempistica ristretta. La prima camera è già disponibile per effettuare i test del secondario adattivo presso l'Osservatorio di Arretri mentre il secondo esemplare, completato, verrà consegnato a breve ad LBTO.

### **Altri strumenti “common user”**

Per la strumentazione di base accessibile a tutti i partners sono previsti una coppia di spettrografi ottici, MODS [<http://www-astronomy.mps.ohio-state.edu/MODS/index.html>] realizzati da Ohio State University. Questi spettrografi completati per il 2007 consentiranno di ottenere spettri su un grande intervallo di lunghezze d'onda, in quanto misurano in contemporanea su due canali (blu e rosso).

Molto più innovativi e abbastanza unici nel panorama mondiale sono i due spettrografi per il vicino infrarosso, chiamati LUCIFER [<http://www.lsw.uni-heidelberg.de/projects/Lucifer/>], che vengono costruiti da un consorzio tedesco guidato da Heidelberg e che dovrebbero essere completati nel 2008. Essi consentono l'uso sia come imager che come spettrografi a multi-oggetto o IFU, anche in banda K e faranno uso del campo corretto tramite MCAO.

### **Strumenti di accesso non generale**

Su LBT è previsto anche uno strumento interferometrico a cancellazione di fase, LBTI [<http://lbt.as.arizona.edu/>], che viene costruito da un consorzio guidato dall'Università dell'Arizona e che verrà principalmente impiegato per la ricerca di pianeti extrasolari. Tale interferometro utilizzerà la camera NIL/NOMIC, costruita dallo stesso consorzio, per osservazioni a 10 $\mu$ m, mentre un upgrade a lunghezze d'onda più corte (3-5 $\mu$ m) sarà possibile tramite la camera LMIRCAM che verrà realizzata dalla Research Corporation.

Come P.I. instrument è inoltre in costruzione da parte dell' AIP di Potsdam uno spettrografo ad altissima risoluzione spettrale con capacità polarimetriche, chiamato PEPSI [<http://www.aip.de/pepsi/>], con caratteristiche uniche nel panorama internazionale. E' in fase di discussione la possibilità di rendere PEPSI strumento “common user”.

Il Board si è già attivato per pianificare una o più riunioni fra di tutti i partner del consorzio da tenersi entro breve. La prima riunione avverrà a Ringberg nell'estate 2008.



LOFAR e SKA

Azioni raccomandate dal PLT	Accesso, Strumentazione, Supporto, Costruzione				
Riepilogo finanziario (K€)	2008	2009	2010	totale	note
	1.100	750	300	2.150	Le cifre indicate includono la partecipazione ai progetti europei SKA-DS e PREPSKA, nonché la possibile acquisizione di una stazione LOFAR

Questo è un progetto [[www.lofar.org](http://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’acquisire 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. 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.

**SKA**

Il progetto **SKA**<sup>1</sup>, 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 Km<sup>2</sup> di area collettrice pertanto, considerate le dimensioni ed i costi conseguentemente previsti (1000M€), 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, riconvertirà gradualmente le sezioni della attuale Croce del Nord in uno dei prototipi (BEST1-3) 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 su 8 antenne del ramo Nord-Sud della Croce, nei tempi previsti dal programma<sup>2</sup>.

**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 già approvato dalla Commissione Europea 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.

## REM

Azioni raccomandate dal PLT	n.d.				
Riepilogo finanziario (K€)	2008	2009	2010	totale	note
	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](http://www.rem.inaf.it)

## SRT

Azioni raccomandate dal PLT	Costruzione				
Riepilogo finanziario (K€)	2008	2009	2010	totale	note
	300	300	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 intorno alla metà del 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 attuale 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 survey di Maser, 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€.

**Accordo INAF-ASI. Quadro economico di riferimento delle risorse  
economiche aggiuntive necessarie per portare il Complesso SRT ad un  
regime di operatività altamente competitivo**

<b>Descrizione</b>	<b>Importo stimato (k€)</b>
Upgrade edilizia e infrastrutture	1000
Montaggio e allineamento superficie attiva	2000
Impiantistica d'antenna	500
Cavidotti, capannoni, impiantistica di Stazione	1000
Viabilità interna di Stazione, recettività	700
Terminale VLBI, H-Maser, Stazione T&F	500
Strumentazione accessoria	2500
Laboratori manutenzione, officine, elevatore	1500
Laboratori di Ricerca e Sviluppo tecnologico	1500
Personale in sito a contratto primo triennio	1500
<b>TOTALE</b>	<b>12700</b>

Con l'accordo firmato il 19 novembre 2007, l'ASI erogherà all'INAF un contributo di 11.200 k€. L'ASI provvederà inoltre, a suo carico, a predisporre tutti gli apparati necessari alle applicazioni spaziali. In risposta a questo evento, la Regione Sardegna ha manifestato l'intenzione di contribuire al completamento delle risorse necessarie individuate in 12700 k€.

### Telescopio Nazionale Galileo e sua strumentazione

Azioni raccomandate dal PLT Riepilogo finanziario (K€)	Azioni specifiche, Strumentazione				note
	2008	2009	2010	totale	
	3.100	2.900	2.900	8.900	Comprende spese per il funzionamento per il telescopio TNG, spese connesse all'accordo internazionale per le Canarie e per il 2008 le spese di completamento dello strumento GIANO

#### Azioni Specifiche

Il Telescopio Nazionale Galileo (TNG), con uno specchio primario del diametro di 3.58 metri, è collocato nell'Osservatorio Internazionale del Roque de Los Muchachos nell'isola di La Palma, Isole Canarie, Spagna. Dal termine della sua costruzione nel 1997 fino alla costituzione dell'INAF il TNG è stato gestito dal Consorzio Nazionale per l'Astronomia ed Astrofisica (CNAAs) attraverso il Centro Galileo Galilei di La Palma. Con la istituzione dell'INAF, il TNG è passato all'Istituto che attualmente ne assicura la gestione attraverso la Fundación Galileo Galilei, una fondazione di diritto Spagnolo senza scopi di lucro, interamente finanziata da INAF.

Il TNG è equipaggiato ai suoi fuochi con cinque strumenti montati permanentemente ed offre un gran numero di modi osservativi, sempre disponibili e rapidamente accessibili, che coprono in lunghezza d'onda l'intervallo dal visibile al vicino infrarosso e che vanno dall'imaging a larga banda alla spettroscopia ad alta risoluzione ed alla polarimetria. Uno strumento di nuova generazione, denominato GIANO, è in fase finale di costruzione.

Il tempo di osservazione al TNG viene assegnato, per il 75% del tempo disponibile, sulla base delle proposte presentate due volte all'anno dalla comunità scientifica e selezionate dal TAC (Time Allocation Committee) sulla sola base del loro merito scientifico, senza alcuna restrizione sulla nazionalità dei proponenti. Nell'ambito di un accordo di scambio di tempo con l'ING, finalizzato a minimizzare duplicazioni ed ottimizzare le strumentazioni presenti sui telescopi nello stesso sito, il TAC Italiano ha inoltre la possibilità di assegnare tempo di osservazione al telescopio WHT con strumentazione non disponibile al TNG, p.e. spettroscopia multi-oggetto con fibre. In base agli accordi internazionali per il Roque de los Muchachos Observatory il 20% del tempo osservativo spetta alla Spagna ed il rimanente 5% è tempo internazionale per programmi che coinvolgano tutti i telescopi dell'Osservatorio e che viene gestito dal CCI attraverso distinte calls for proposals. Se il PI e la maggioranza dei Cols che applicano sul tempo italiano provengono da stati membri della Comunità Europea od associati che non siano Italia o Spagna, le spese per le osservazioni vengono

rimborsate dalla EC, nei limiti dei fondi disponibili, attraverso il programma “access” del Network OPTICON.

### Strumentazione

Gli strumenti disponibili al TNG o in fase di realizzazione sono i seguenti:

**SARG** (Spettrografo ad Alta Risoluzione per Galileo) è uno spettrografo ad alta risoluzione progettato per coprire l'intervallo spettrale da 370 a 900 nm con un potere risolutivo da  $R=29,000$  fino a  $R=164,000$  a seconda della fenditura selezionata. Il formato dello spettro, del tipo “cross dispersed”, permette la copertura di circa metà dell'intervallo spettrale in un'unica esposizione. Lo strumento dispone inoltre di una cella di assorbimento per misure ultra-precise di velocità radiali, di un modo osservativo long-slit, e di un modulo spettro-polarimetrico per la misura di polarizzazione lineare e circolare. L'altissima efficienza di SARG (superiore al 25% includendo il telescopio) e la sua eccezionale stabilità, unite alla notevole flessibilità dei modi osservativi, lo rendono uno dei migliori spettrometri ad alta risoluzione esistenti al mondo. Negli ultimi anni SARG è diventato lo strumento più richiesto del TNG. [[www.tng.iac.es/instruments/sarg/](http://www.tng.iac.es/instruments/sarg/)]

**NICS** (Near Infrared Camera and Spectrometer) è uno strumento multifunzionale per il vicino infrarosso tra 900 e 2500 nm, basato su un rivelatore HgCdTe Hawaii di 1024x1024 pixel. Le sue capacità osservative includono imaging con un campo di vista di 4.2 x 4.2 arcmin, spettroscopia a bassa risoluzione (RS da 50 a 500), spettroscopia a media risoluzione (fino a  $R=2500$ ), imaging polarimetrico, spettropolarimetria e, quando accoppiato al modulo di ottica adattiva, imaging con risoluzione prossima al limite di diffrazione del telescopio. La combinazione di modi osservativi offerta da NICS e la loro efficienza sono unici al mondo. Il sistema per spettroscopia a bassissima dispersione ( $RS=50$ ), basato su un prisma di Amici, permette in particolare di ottenere spettri completi di oggetti estremamente deboli con qualità paragonabile, e talvolta migliore, di quella raggiungibile con telescopi di classe superiore (8-10m). Circa la metà delle proposte per NICS richiedono questo modo osservativo.

**DOLORES** (Device Optimized for the LOw RESolution) è uno strumento multifunzionale che copre l'intervallo spettrale da 320 a 1000 nm. Utilizza un rivelatore CCD 2048 x 2048 che, nel modo imaging, sottende un campo di vista di circa 9 x 9 arcmin con una qualità ottica di circa 0.55 arcsec. Lo strumento permette di ottenere immagini attraverso filtri sia a banda larga che a banda stretta, ed osservazioni spettroscopiche con un potere risolutivo tra  $RS=300$  and  $RS=3000$ . E' anche disponibile un modo spettroscopico a multi fenditura basato su maschere appositamente fabbricate per le singole osservazioni. DOLORES, come altri simili strumenti disponibili su altri telescopi, può essere considerato il “cavallo da tiro” del TNG e risponde alle esigenze di una vasta gamma di astronomi che necessitano osservazioni relativamente standard di oggetti di tutte le classi. E' stato lo strumento di gran lunga più richiesto nei primi anni di funzionamento del TNG e mantiene tutt'ora una notevole popolarità. [<http://www.tng.iac.es/instruments/lrs/>].

**OIG** (Optical Imager for Galileo) è una camera per immagine posta direttamente sul piano focale del telescopio senza alcuna ottica intermedia. Lavora a lunghezze d'onda tra 320 e 1000 nm e, coprendo un campo di 4.9 x 4.9 arcmin con una scala di 0.072 arcsec/pix, è l'unico strumento ottico che permette di ottenere immagini con qualità ottica migliore di 0.5 arcsec e, perciò, di sfruttare appieno i periodi di seeing molto buono.

**ADOPT** Il sistema di ottica adattiva consiste di un banco ottico permanentemente montato al fuoco Nasmyth-A che, una volta selezionato attraverso specchi di rinvio, fornisce immagini ad alta risoluzione nel vicino IR per la camera NICS attraverso un sistema di correzione Tip Tilt (TT) ed un sistema di correzione di ordine superiore (HO). Lo strumento è stato il primo al mondo ad utilizzare un sensore di fronte d'onda a piramide e a dimostrarne le potenzialità per osservazioni astronomiche. La funzionalità di ADOPT è stata notevolmente migliorata grazie ad un intervento di "refurbishing" iniziato nel 2004. Lo strumento è tuttora in fase di "science verification" sotto la supervisione diretta del dipartimento progetti dell'INAF; i programmi osservativi vengono comunque sottomessi e selezionati attraverso il TAC-TNG. Il modulo di ADOPT è anche equipaggiato con una speckle camera che permette di ottenere immagini nel visibile al limite di diffrazione. La camera di speckle è stata sporadicamente richiesta ed utilizzata fino al 2003.

**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. E' 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. Il costo previsto nella FDR è di 1.55 milioni di euro. Lo strumento è ora in fase di integrazione presso i laboratori dell'Osservatorio di Arcetri. Il commissioning al telescopio per il canale ad alta risoluzione dovrebbe iniziare nell'estate del 2008.



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

## VERY LARGE TELESCOPE

Azioni raccomandate dal PLT Riepilogo finanziario (K€)	Accesso, Strumentazione				note
	2008	2009	2010	totale	
	500	500	500	1.500	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

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

INAF è impegnato in ambito ESO alla realizzazione di uno spettrografo di seconda generazione per il fuoco Cassegrain di una unità VLT. Questo spettrografo, denominato **X-shooter**, opererà 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 diodi 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 responsabilità della 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.

Lo strumento è attualmente in fase di assemblaggio presso la facility di integrazione ad ESO. La prima luce al VLT è prevista per la seconda metà del 2008 in sostanziale accordo con i tempi di realizzazione previsti e lo strumento sarà offerto agli utenti a partire dal call for proposals del 1 Aprile 2009.

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 (~0.95 -2.32µm) 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 e' 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. E' 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 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 lo Istituto de Astrofisica de Canarias (IAC). Lo studio si concluderà con la consegna della documentazione di Fase A nell'Ottobre 2008.

Nel 2002 ESO ha deciso di realizzare un esperimento per avere la dimostrazione pratica (dapprima in laboratorio e poi in cielo, al VLT) della funzionalità delle tecniche di Ottica Adattiva Multi-coniugata. Questo genere di esperimenti sono ritenuti cruciali per la progettazione e le scelte di strumentazione per i telescopi di nuova generazione, in particolare per gli ELT (Extremely Large Telescopes). Tale dimostratore è stato denominato **MAD** (Multi-Conjugate Adaptive Optics Demonstrator [<http://www.eso.org/projects/aot/mad/>]). Il disegno e la costruzione di uno dei due sensori di fronte d'onda di cui MAD è dotato (il sensore Layer-Oriented) è stata curata dagli Oss. di Padova e di Arcetri. Nel corso 2006 ad ESO è stata prima fatta l'integrazione del sensore Layer Oriented con MAD, e poi a Settembre 2006 i veri e propri test a loop chiuso in laboratorio. Tali test sono stati svolti utilizzando un generatore di turbolenza che può generare 2 tipi di seeing diversi, 0.85" e 0.55", e la correzione in MAD avviene utilizzando due specchi deformabili coniugati a 0 e 8.5 Km di altezza rispettivamente. I test del sensore italiano sono stati completamente ultimati il 10 Dicembre 2006 ed il sensore ha ottenuto risultati ragguardevoli sia con seeing buono (0.55") che con seeing medio (0.85"):

in quest'ultimo caso ad esempio, i test hanno dato campi molto ben corretti sui 2' di campo scientifico, dove si sono ottenute riduzioni della FWHM in banda K che vanno da un fattore di circa 2 ai bordi del campo ad un fattore di circa 6 nella parte di campo centrale di diametro 1'. MAD ha chiuso il loop di Multi Coniugate Adaptive Optics sul cielo al VLT con grande successo nel Marzo 2007 ed ora, dopo la science verification, si trova in operazione.

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.

## VST

Azioni raccomandate dal PLT Riepilogo finanziario (K€)	Costruzione, Supporto				note
	2008	2009	2010	totale	
	2.300	350	250	2.900	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. 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 quindi iniziate le attività di integrazione in situ coordinate da un team INAF supportato da personale industriale. Le attività di integrazione di tutte le parti del telescopio che sono attualmente presenti a Paranal termineranno entro fine 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.

A seguito dei rilievi mossi da ESO durante una Critical Design Review (CDR), tenutasi nell'aprile 2007, sono rimaste in Italia le seguenti unità del telescopio:

- Cella di M1 ossia il sistema di supporto e controllo dello specchio primario con relative unità ausiliarie
- Unità di M2 ossia il sistema di supporto, controllo e movimentazione dello specchio secondario

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. 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). Si prevede di completare le attività relative entro fine 2008.

Le unità ausiliarie della cella di M1 sono oggetto di verifica funzionale e di prestazioni da parte di una ditta specializzata. Tali attività si concluderanno entro giugno 2008.

Le attività di refurbishment dell'unità di M2 sono state affidate completamente ad una ditta qualificata che sta procedendo al "refurbishment" 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. L'esapodo secondario è stato eliminato e sostituito da una interfaccia meccanica. Le attività relative all'unità M2 termineranno entro luglio 2008. Nella schedula attuale il telescopio dovrebbe essere completato e testato a Paranal entro la prima metà 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 2009 dovrebbe fruirne con un costo di supporto a Paranal come indicato in tabella.

## Attività spaziali

I progetti elencati in questa sezione sono suddivisi sulla base delle tre tematiche applicative: (a) Astrofisica dallo Spazio ; (b) Cosmologia e Fisica Fondamentale dallo Spazio; (c) Sistema Solare e Esplorazione Planetaria. All'interno di ciascuna di queste tre tematiche, i progetti sono raggruppati in: (i) Missioni attualmente operative; (ii) Missioni già approvate ed attualmente in Fase B o Fase C/D; (iii) Progetti in fase di studio.

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.

I progetti elencati di seguito sono riportati in maniera sintetica, e vengono evidenziati soprattutto i contributi offerti da parte delle strutture INAF.

## ASTROFISICA DALLO SPAZIO

Le missioni, dedicate all'osservazione e studio del cielo oltre il sistema solare, vengono elencate in ordine di lunghezza d'onda crescente.

### 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, e/o esiste una funzione di mission support.

### 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  $\mu$ 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. Nel 2007 è stata emessa una Announcement of Opportunity per lo sfruttamento scientifico della missione da parte della comunità nazionale ed internazionale e dal mese di Dicembre ha avuto inizio la fase operativa.

Fino al lancio di GLAST, AGILE sarà l'unica missione astrofisica operante nella banda oltre i 30 MeV. 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.

### INTEGRAL

INTEGRAL, lanciato il 17 ottobre 2002, è un osservatorio per astrofisica nei raggi X duri e nei raggi gamma soffici. Le strutture INAF IASF-Milano, IASF-Bologna, IASF-Roma e IASF-Palermo (già Sezioni dell'Istituto IASF del CNR) hanno partecipato alla realizzazione di parti di tutti gli strumenti di bordo ed hanno contribuito inoltre allo INTEGRAL Scientific Data Centre (ISDC). La comunità italiana ha accesso, tramite gli Instrument Team, ai dati di Core Programme, per una frazione del 20% del tempo totale. Inoltre, essa si è particolarmente distinta anche nel programma di Guest Observers, ottenendo nei vari cicli di osservazione effettuati fino ad oggi più di 10 Ms di tempo di osservazione, che corrisponde a circa il 10% del tempo totale di GO allocato. Anche per il prossimo triennio si prevede di avere un ruolo leader nell'analisi ed interpretazione dei dati.

Parte integrante del programma INTEGRAL è la formazione presso le nostre strutture e presso l'Università. Si tratta di un consistente numero di ricercatori (sia con contratto di lavoro a tempo determinato, che con assegno di collaborazione alla ricerca) il cui contratto è finanziato, attualmente fino al 2008/2009, da ASI. Questo personale, oltre ad assolvere compiti di servizio, partecipa attivamente allo sfruttamento scientifico dei dati. ESA ha approvato l'estensione della missione sino a dicembre 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 Osservatori 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.

### **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.

### **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.

## **Missioni in fase realizzativa**

### **GLAST**

L'osservatorio spaziale GLAST, il cui lancio è previsto per maggio del 2008, è una missione NASA con ampia collaborazione internazionale (Italia, Giappone, Francia, Svezia). La partecipazione Italiana alla missione GLAST si articola su: (a) un importante contributo, a responsabilità INFN, alla progettazione e costruzione del tracker del LAT; (b) 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 rivestirà il programma di monitoraggio ottico e radio degli oggetti celesti più promettenti che verranno a trovarsi nel campo di vista di GLAST. Grossi sforzi verranno anche concentrati sulla mappatura X delle sorgenti gamma non identificate allo scopo di proporre candidate controparti.

## Missioni in fase di studio

### **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.

### **Simbol-X**

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. 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. La data di lancio è prevista nel periodo 2014-2015. Oltre allo studio di fattibilità della missione nel suo insieme, la Fase A prevede la realizzazione di prototipi rappresentativi sia per il piano focale che per le ottiche X. L'inizio della fase B industriale è previsto per l'autunno 2008.

### **Constellation-X**

Constellation-X fa parte del programma "Beyond Einstein" insieme ad altre quattro missioni (LISA, Joint Dark Energy Mission, Inflation Probe, Black Hole Finder) e riguarda lo studio dell'universo nella banda X. La partecipazione italiana a Constellation-X vede alcuni ricercatori afferenti a INAF già da diversi anni formalmente coinvolti nel Facility Science Team e altre strutture coinvolte con il Center for Astrophysics e NASA/MSFC e GSFC per le attività di ricerca e sviluppo del payload. Constellation-X continuerà a ricevere finanziamenti per essere pronta nel prossimo decennio come missione dedicata alla survey del cielo in raggi X.

### **SVOM-XIAO**

La missione SVOM ha come obiettivo principale la localizzazione rapida e lo studio in multibanda dell'emissione prompt e dell'early-afterglow dei GRBs. SVOM è una missione approvata nell'ambito di un accordo Cina-Francia con un lancio previsto per il 2012. I possibili contributi da parte italiana vanno da un contributo al segmento di terra (es. Stazione ASI di Malindi, ASI-ASDC, rete di comunicazione per l'invio delle coordinate dei GRB), alla progettazione del software di bordo per la localizzazione rapida dei GRB, fino alla realizzazione di una parte dell'hardware di volo. A seguito del bando ASI, missioni di opportunità, è stato approvato lo studio per la realizzazione di un telescopio per lo studio dei Gamma-ray Bursts.

### **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. POLARX 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.

### **WSO/UV**

Il progetto World Space Observatory per l'UltraVioletto (WSO/UV) è basato su una collaborazione internazionale, coordinata dalla agenzia spaziale Russa, con la partecipazione principale della Cina (CNAS), Germania (DLR), Spagna (INTA), e Regno Unito (Univ. Leicester).

La partecipazione Italiana a WSO ha ricevuto un primo finanziamento ASI nel 2000 per una durata di 2 anni che ha permesso la partecipazione all'implementazione e definizione del progetto. L'impegno italiano nella missione è stato confermato e nel dicembre 2007 è stato completato uno studio di Fase A/B1 sulla base di un contratto ASI.

### **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 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. 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 Programme's Advisory Structure dell'ESA ed alcune di esse sono state selezionate per essere studiate quali missioni candidate per essere lanciate nel periodo 2017-2018.

### **X-Ray Observatory (XEUS)**

XEUS è un progetto di missione in fase di studio da diversi anni da parte di una vasta comunità nazionale ed internazionale per un osservatorio spaziale in banda X, da prevedersi come naturale successore degli attuali XMM-Newton e Chandra. Progetto di missione-osservatorio dell'ESA, XEUS osserverà nella banda 0.1–40 keV combinando grande area di raccolta, capacità di timing e spettroscopia fine e polarimetria. La scienza che XEUS propone di affrontare è in perfetto accordo con le linee guida presentate per i "temi" selezionati dall'esercizio ESA Cosmic Vision 2015–2025.

I possibili contributi principali da parte della comunità italiana riguardano i rivelatori di piano focale (micro-calorimetri, studiati da gruppi INAF/IASF e INFN nell'ambito di una collaborazione con l'istituto olandese SRON; polarimetro, sviluppato sempre da gruppi di INAF/IASF e INFN), e le ottiche di bassa e alta energia (Osservatorio di Brera, in collaborazione con l'industria italiana).



### PLATO

PLATO, PLANetary Transit and Oscillatios of stars, rappresenta una missione di nuova generazione per la ricerca di pianeti extrasolari simili alla terra e per effettuare studi di astrosismologia .

### 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 (Polarix, XEUS); (ii) microcalorimetri per spettroscopia X ad alta risoluzione (EDGE, XEUS); (iii) telescopi focalizzanti per raggi X e gamma molli (HAXTEL, GRI, Simbol-X, XEUS, EDGE);(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, LOBSTER, GRI); missioni dedicate allo studio dei raggi cosmici.

### 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. E' stato recentemente firmato da ASI e INAF un protocollo per la gestione congiunta dell'ASDC della durata di tre anni a partire dal primo gennaio 2008.

## COSMOLOGIA e FISICA FONDAMENTALE dallo SPAZIO

### Missioni in fase operativa

La comunità italiana è coinvolta nelle seguenti missioni attualmente operative: **HST** ( $\approx 13\%$  del tempo di osservazione europeo è ottenuto dagli scienziati italiani), **Spitzer** (partecipazione attiva di gruppi italiani a diversi programmi scientifici), **GALEX** (partecipazione di ricercatori italiani a programmi scientifici come PI o Co-I).

### 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'asterosismologia 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.

### **Missioni in fase realizzativa**

#### **Herschel**

Herschel è una missione di tipo "osservatorio", con durata nominale di 3 anni, che verrà aperta agli utenti tramite un meccanismo di call for proposals. Una parte rilevante del tempo di osservazione sarà riservata a progetti di grande respiro ("Key Projects"). Il lancio è previsto nel 2008. Vari gruppi tecnologici INAF sono parte dei consorzi dei tre strumenti di piano focale, con una partecipazione che oscilla tra il 3 ed il 10%. A questo contributo tecnologico e industriale si affianca un notevole impegno scientifico per la partecipazione ai programmi osservativi di tempo garantito e ai "Key Projects" per tutti e tre gli strumenti.

#### **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: Alcatel Alenia Spazio Italia (AAS-I) è Prime Contractor di LFI; AAS-I è coinvolta nella realizzazione della missione.

#### **GAIA**

Gaia è una missione cornerstone di ESA il cui lancio è previsto per il 2011. Gaia è una missione dedicata al censimento di tutto il cielo a  $V=20$  e misurerà posizioni, moti propri e parallassi di  $10^9$  stelle della nostra galassia, su una base temporale prevista di cinque anni. L'Italia ha molto contribuito allo sviluppo della missione (caso scientifico, strumentazione astrometrica e spettro-fotometrica, impostazione della riduzione dati) fin dal 1994, ha partecipato alla risposta alla call dell'ESA del dicembre 2006, assumendosi importanti responsabilità all'interno del Consorzio DPAC con contributi dagli osservatori di Bologna, Catania, Napoli, Padova, Roma, Teramo, Torino e Trieste.

#### **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.

### **LISA-Pathfinder**

LISA-Pathfinder (SMART-2) è una missione ESA precursore della missione LISA e attualmente in fase di implementazione, con il compito di verificare in volo il concetto dei rivelatori di onde gravitazionali. LISA-Pathfinder prevede di porre due masse di test in uno stato quasi perfetto di caduta libera gravitazionale in modo da poter controllare il loro movimento con un'accuratezza mai raggiunta prima, mediante sensori inerziali, metrologia laser e sistemi a micropropulsione ultraprecisi.

### **Voli da pallone**

Due esperimenti da pallone per osservazioni cosmologiche (BOOMERANG-B2K e OLIMPO) del fondo a microonde sono attualmente in fase di avanzata preparazione da parte della comunità astronomica italiana. L'expertise in questo campo è stata ampiamente dimostrata in passato attraverso ad esempio l'esperimento BOOMERANG.

### **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.

### **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.

### **Missioni in fase di studio**

#### **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  $(10^{\circ}\text{-}20^{\circ})\times(10^{\circ}\text{-}20^{\circ})$  consentirebbe la misura dello spettro di potenza angolare (APS) della polarizzazione del sincrotrone a multipoli (l) compresi fra circa 40 e 90.

#### **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.

### 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

### 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 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. Delle missioni sottoposte ad ESA con una lettera di intenti, sei sono a PI italiano. Le proposte sono state valutate nel corso della seconda metà del 2007 dalla Science Programme's Advisory Structure dell'ESA ed alcune di esse sono state selezionate per essere studiate quali missioni candidate per essere lanciate nel periodo 2017-2018.

### LISA

LISA (Laser Interferometer Space Antenna) è una missione ESA-NASA attualmente in fase di formulazione, che prevede il lancio di 3 spacecraft da situarsi nei vertici di un triangolo equilatero di 5 milioni di km di lato. Rivelatori laser misureranno le variazioni della distanza di separazione di masse in caduta libera a bordo di ciascuno spacecraft dovute alla distorsione dello spazio causata dal passaggio di un'onda gravitazionale. La partecipazione è soprattutto attraverso l'INFN.

### DUNE-SPACE

L'ESA ha selezionato una missione dedicata allo studio della dark energy, richiedendo di definire un singolo concetto partendo dalle missioni DUNE e SPACE.

La missione DUNE, Dark UNiverse Explorer, è una proposta di satellite per una survey ottica+NIR per coprire metà del cielo (20000 gradi quadri) con misure precise di morfologia per il weak lensing e due aree grandi (totale 120 gradi quadri) e profonde per lo studio dell'evoluzione delle galassie e delle SN. Lo scopo principale era lo studio degli effetti della Dark Energy e della Dark Matter per la cosmologia ma con una enorme ricaduta su molti settori dell'astronomia (aspetti multibanda), dato l'incremento di circa 4 ordini di grandezza in area sulla disponibilità di immagini con qualità spaziale. I paesi interessati alla proposta nell'ambito della call for mission dell'ESA erano Francia, Germania, Gran Bretagna, Italia, Svizzera, USA.

SPACE era una missione, a PI-ship italiano, dedicata ad una survey spettroscopica dell'intera sfera celeste con una risoluzione dell'arcosecondo nella banda infrarossa attorno al micron. Questa missione permetteva di costruire una mappa 3-d dell'universo e quindi di affrontare problemi quali le oscillazioni acustiche barioniche, l'evoluzione dell'equazione di stato della dark matter e la funzione di luminosità delle galassie.

I due team proponenti stanno definendo il nuovo concetto di missione per lo studio della dark energy.

### **SPICA/ESI**

La missione giapponese SPICA (Space Infrared telescope for Cosmology and Astrophysics ) 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 selezionata da ESA come mission of opportunity nell'ambito del programma Cosmic Vision. ESA 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 300 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 .

## **SOLE E SISTEMA SOLARE**

### **Missioni in fase operativa**

#### **ILWS (SOHO, Ulysses, Cluster, Double Star)**

Opera attualmente nello spazio un insieme di sonde, SOHO, Ulysses, CLUSTER e Double Star, 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 e contribuendo all'analisi dei dati di Ulysses e alla realizzazione dell'analizzatore di plasma a bordo di CLUSTER e Double Star. 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 è iniziato lo sviluppo di indici per predire l'attività geomagnetica. Gli studi magnetosferici di CLUSTER e Double Star hanno invece avuto inizio più recentemente. La comunità italiana ha realizzato l'archivio di SOHO, con i dati accessibili on line, dei 12 strumenti di bordo.

#### **TRACE**

Il Transition Region And Coronal Explorer (TRACE) 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.

#### **Cassini**

Cassini, realizzato in collaborazione tra NASA, ESA ed ASI, è partito nell'Ottobre 1997, e, dopo un viaggio di sette anni, l'orbiter Cassini (NASA) e la sonda Huygens (ESA) hanno raggiunto il sistema di Saturno il 1/07/2004. Con lo spettrometro VIMS-

V, il radar e lo strumento HASI (quest'ultimo su Huygens), la comunità scientifica italiana contribuisce a determinare la composizione superficiale dei satelliti di Saturno, mappare la superficie di Titano e studiarne la struttura e composizione dell'atmosfera. INAF partecipa a questa missione con ricercatori (IFSI-Roma, IASF-Roma, OAC-Napoli) membri del team scientifico dello strumento VIMS. Cassini è attualmente in orbita attorno a Saturno.

### **Mars Express**

Mars Express, è la prima missione planetaria dell'ESA. Lanciato nel 2003 da Baikonour, Mars Express nel Gennaio 2004 è stato inserito nell'orbita di Marte. I sette esperimenti a bordo sono stati accesi e funzionano nominalmente. La partecipazione dell'IFSI-INAF alla missione MEX si può riassumere nelle seguenti grandi linee: fornitura dello spettrometro di Fourier PFS; fornitura dello spettrometro ad immagini VNIR per lo strumento OMEGA; partecipazione allo strumento di misura di atomi neutri ASPERA; partecipazione all'analisi dei dati del radar MARSIS con il progetto ACQUA-EMSS.

### **Rosetta**

Rosetta, cornerstone planetario della Agenzia Spaziale Europea, è stata lanciata il 2 Marzo 2004 ed è 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 è direttamente coinvolto in tre strumenti: VIRTIS (PI A. Coradini, INAF-IFSI), OSIRIS (PI C. Barbieri, UniPd), e GIADA (PI L. Colangeli, INAF-OAC).

VIRTIS (Visual Infrared Thermal Imaging Spectrometer) è costituito da uno spettrometro ad immagine (VIRTIS-M) e da uno spettrometro ad alta risoluzione (VIRTIS-H). Lo scopo di VIRTIS è studiare la composizione mineralogica della superficie cometaria e come essa si evolve nel corso del viaggio della cometa verso il Sole, lo studio dettagliato della coma, la sua composizione e la distribuzione spaziale di elementi volatili e particelle solide.

OSIRIS è il sistema di imaging a bordo della sonda Rosetta, costruito e mantenuto (per la parte strumentale) con fondi ASI. Nel triennio 2006/2008 si dovrà 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) è 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 velocità, quantità di moto e massa dei singoli grani provenienti dal nucleo. Inoltre, GIADA sarà 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 (ad es., pannelli solari) della sonda medesima. GIADA è stato già acceso più volte dopo il lancio e le sue performances sono nominali.

### **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.

### **Venus Express**

Venus Express è la seconda missione interplanetaria ESA dopo il grande successo di Mars Express. Il lancio è avvenuto il 9 Novembre 2005 e l'arrivo a Venere è avvenuto nell'Aprile 2006.

La missione Venus Express dell'ESA è nata dal riutilizzo di strumentazione già realizzata per le missioni Mars Express e Rosetta.

L'INAF-IASF e INAF-IFSI sono direttamente coinvolti nella realizzazione dello strumento ASPERA-4 (coordinatore S. Orsini), per lo studio del plasma (PI S. Barabash), PFS (PI V. Formisano), uno spettrometro nel range tra 0.9 e 50um, e lo spettrometro ad immagine VIRTIS (PI G. Piccioni insieme a P. Drossart di LESIA-Parigi). 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'attività del triennio è quindi essenzialmente dedicata alle operazioni in orbita degli strumenti, alla calibrazione, archiviazione ed all'analisi dati. Sarà necessario lo 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 (PI A. Coradini, INAF-IFSI).

### **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-OAPA e dell'Università di Palermo nelle attività sperimentali e tecnologiche di XRT/SOLAR-B consentirà 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 è prevista nell'ambito delle collaborazioni con i gruppi USA, UK e Giapponesi.

### **Missioni in fase realizzativa**

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.

### **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.

### **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 (PI: E. Flamini, ASI) è una suite che raccoglie una camera ad alta risoluzione HRIC (Co-PI: L. Colangeli, INAF-OAC), una stereo camera STC (Co-PI: G. Cremonese INAF-OAPd) ed una camera iperspettrale VIHI (Co-PI: F. Capaccioni, INAF-IASF); 2) lo strumento SERENA (PI: S. Orsini, INAF-IFSI), una suite che raccoglie quattro diversi sensori e si prefigge di analizzare gli atomi neutri e gli ioni presenti nella esosfera ermaniana; 3) lo strumento ISA (PI: V. Iafolla, INAF-IFSI) è un accelerometro per ricerche di fisica fondamentale nel campo gravitazionale di Mercurio.

### **Missioni in fase di studio**

#### **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.

#### **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.

#### **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 2013.

Tra gli strumenti selezionati nel carico scientifico di Pasteur, 3 vedono una responsabilità diretta di INAF: (1) Uno spettrometro infrarosso (Co-PI G. Bellucci, INAF-IFSI); (2) Lo strumento MEDUSA (PI: L. Colangeli, INAF-OAC); (3) Il sistema di carotaggio-driller (PI: A. Coradini, INAF-IFSI).

### **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.

### **Esplorazione lunare-MAGGIA**

Il progetto Esplorazione della Luna iniziato con la missione SMART-1, proseguirà con lo studio di missione ASI. Le direzioni lungo le quali vanno definiti i requisiti scientifici e le priorità sono: Luna come corpo celeste, come piattaforma osservativa dell'Universo e della Terra. Nei prossimi anni l'attività prevede: una review dello stato attuale delle conoscenze in base ai dati più recenti, la valutazione delle open question e delle misure chiave, e la valutazione delle priorità delle misure chiave e definizione degli obiettivi scientifici e dei requisiti strumentali.

Recentemente ASI ha approvato lo studio di fase A, a seguito del bando per piccole missioni, della missione MAGGIA. La missione si propone di rispondere ad alcune delle questioni di maggiore importanza per lo studio della luna quali la struttura interna, la ricerca di evidenze di processi di differenziazione che ne devono aver caratterizzato la parte iniziale della formazione e la correlazione con la successiva fase dominata dalla cauterizzazione della superficie. MAGGIA si propone inoltre una precisa caratterizzazione del campo gravitazionale lunare.

### **JUNO/JIRAM**

È avviata la missione JUNO a Giove che prevede il lancio nell'agosto 2011. Tra gli strumenti di bordo l'Italia propone JIRAM (Jovian InfraRed Auroral Mapper), una camera che permette di effettuare immagini nel range 2-5  $\mu\text{m}$ . 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 seguirà sulla base delle esperienze di camere multispettrali della serie VIRTIS realizzate dalla Galileo Avionica per le missioni Rosetta, VEX e DAWN. Saranno in questo periodo avviati anche studi di simulazione e modellistica per l'ottimizzazione delle prestazioni di JIRAM sia dal punto di vista osservativo che scientifico.

### **Polveri interplanetarie**

L'OAC-Napoli (in collaborazione con l'Uni. Parthenope Napoli) sta sviluppando due progetti: DUSTER e DARLING (PI: P. Palumbo, Uni. Parthenope, Napoli) 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 recentemente 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.

### **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 Programme's Advisory Structure dell'ESA ed alcune di esse sono state selezionate per essere studiate quali missioni candidate per essere lanciate nel periodo 2017-2018.

#### **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 Encelade.

#### **LAPLACE**

LAPLACE è una missione "large" per lo studio di Giove, magnetosfera atmosfera ed interno, e del sistema Gioveano, 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.

#### **CROSS-SCALE**

La missione CROSS-SCALE rappresenta un ulteriore passo nello studio della fisica dei plasmi "collisionless". E' infatti riconosciuta la necessità di effettuare studi dei fenomeni fisici nei plasmi come shocks, reconnection e turbolenza degli elettroni, ioni e fluidi.

#### **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.

## 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).

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/cm<sup>2</sup> 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 alla realizzazione degli specchi delle missioni SIMBOL-X (CNES, ASI) e Con-X/HXT (NASA).

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 (XEUS e Con-X/SXT) 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.

Rivelatori a semiconduttore 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 (e.g., PHAROS, SIMBOL-X, ESTREMO, NASA/MIDEX). 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 e' 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, ESTREMO, 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, IFN-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'OACT 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  $100 \text{ km}^2$  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  $2 \times 10^5$  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.

### **Sviluppo di strumentazione e modelli per lo studio di particelle neutre planetarie**

Sviluppo di strumentazione per rilevare particelle neutre direzionali emanate dagli ambienti planetari, nel quadro di partecipazioni a progetti spaziali internazionali, quali Mars Express, Venus Express e BepiColombo.

Magnetosfera terrestre: Sviluppo di modelli semi-empirici dei flussi di particelle nella magnetosfera interna equatoriale; studio della dinamica durante periodi quieti e tempeste magnetiche, tramite confronto dei modelli con osservazioni in-situ; studio delle correlazioni dei parametri dei modelli con gli indici magnetosferici e con i parametri del vento solare; simulazioni ENA risultanti dall'interazione tra plasma ed esosfera.

Marte: Partecipazione all'esperimento MEX/ASPERA-3, PI R. Lundin (IRF) con supporto alla calibrazione, analisi dati e confronto con simulazioni scientifiche.

Venere: Partecipazione alla realizzazione di ESA VEX/ASPERA-4 (elettronica NPD, meccanica NPI, EGSE, s/w analisi dati), PI S. Barabash (IRF). VEX sarà lanciato prossimamente. Si fornirà supporto alla calibrazione dello strumento, analisi dati e confronto con simulazioni scientifiche.

Mercurio: La missione ESA-JAXA BepiColombo consentirà un'analisi dettagliata delle componenti esosferiche di Mercurio e della loro dinamica con strumento BC/MPO/SERENA che sarà realizzato sotto la responsabilità del gruppo (PI: S. Orsini). Inoltre è prevista una partecipazione allo strumento BC/MMO/MEA (Co-I: E. Amata). Obiettivo del triennio è la realizzazione di un primo prototipo di SERENA, seguendo la linea di attività dell'ESA. Sarà fornita componentistica h/w per lo strumento MEA. Sarà prodotta tutta la documentazione necessaria e si coordineranno le attività dei 'partners' internazionali. Proseguirà l'attività scientifica di studio e simulazione dell'ambiente di Mercurio.

### **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.

### 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.