



Publication Year	2007
Acceptance in OA @INAF	2023-02-22T11:25:00Z
Title	XIAO X-ray Imager for Afterglows Observations Proposta tecnico gestionale
Authors	MEREGHETTI, Sandro; DE LUCA, Andrea; FIORINI, MAURO; LA PALOMBARA, NICOLA; TIENGO, ANDREA; et al.
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/33743

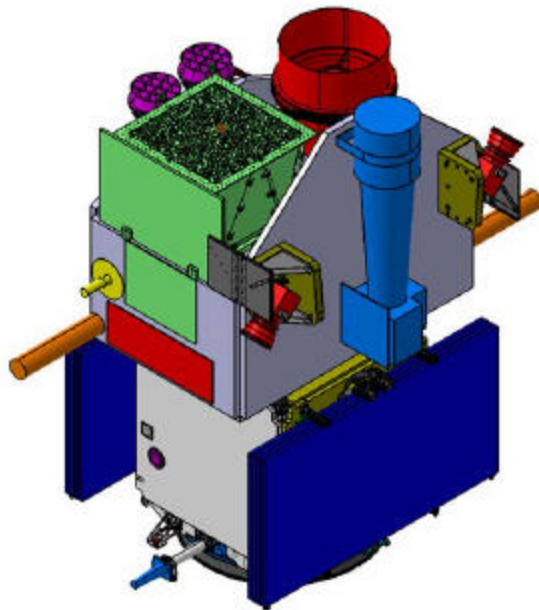
PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

XIAO

X-ray Imager for Afterglows Observations

Proposta per una partecipazione italiana alla missione SVOM
in risposta al bando ASI per Missioni di Opportunità

Ottobre 2007



S. Mereghetti, A. De Luca, M. Fiorini, N. La Palombara, A. Tiengo, M. Uslenghi, G. Vianello, A. Zambra (INAF-IASF Milano)

S. Campana, V. Cotroneo, S. Covino, G. Ghirlanda, G. Ghisellini (INAF- Osservatorio Astronomico di Brera)

M. Trifoglio, F. Gianotti (INAF-IASF Bologna)

L. Stella, A. Antonelli, D. Guetta (INAF – Osservatorio Astronomico di Roma)

A. Bonati, M. Miccolis, F. Monzani, L. Nicolini (TAS-I)

D. Vernani, O. Citterio, G. Valsecchi (Medialario)

R. Buzzi (BCV Progetti)



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations

PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

1. SCOPO DELLA PROPOSTA

SVOM e' una missione franco-cinese dedicata alla rivelazione, localizzazione rapida, e studio dei GRB e di altre sorgenti transienti ad energie X/gamma. Lo studio dei GRB, sorgenti transienti estremamente luminose associate all'esplosione di stelle massive ed alla probabile nascita di buchi neri in galassie esterne, e' divenuto un settore cruciale per espandere le nostre conoscenze in molti settori dell'astrofisica come, ad esempio, la cosmologia e l'evoluzione stellare, e della fisica fondamentale.

Si propone di partecipare alla missione SVOM contribuendo:

- a) al carico utile del satellite, fornendo un piccolo telescopio (XIAO), ottimizzato per la localizzazione precisa dei GRB e lo studio degli afterglow nella banda X soft
- b) al segmento di terra, fornendo l'utilizzo della stazione di Malindi e collaborando alla componente scientifica

XIAO (X-ray Imager for Afterglows Observations) sara' costituito da uno specchio ad incidenza radente (Wolter-I) accoppiato ad un rivelatore CCD. Le limitazioni di peso e dimensioni impongono una focale corta (1 m) ed un design estremamente compatto e leggero per la camera di piano focale. Il telescopio sara' completato da un sistema di raffreddamento per il CCD e dall'elettronica necessaria alla derivazione in tempo reale della posizione dei GRB rivelati.

Questa opportunita' di missione e' il risultato della collaborazione gia' in corso da alcuni anni con i gruppi francesi responsabili di Eclairs [DR 02], dapprima studiato come piccola missione su microsatellite ed in seguito confluito nel payload di SVOM.

Eclairs/SVOM e' stata considerata da ASI tra le nuove opportunita' di missioni finanziate attraverso il contratto "Studio di Astrofisica delle Alte Energie" (I/088/060), con un work package volto ad esplorare le possibili modalita' di partecipazione italiana alla missione.

I responsabili di Eclairs/SVOM sono favorevoli a sostituire con XIAO uno degli strumenti inizialmente previsti a bordo del satellite (vedi Allegato 4 [DR 01]).

SVOM permettera' di rivelare e localizzare rapidamente GRB di diverso tipo e di studiarne l'emissione su un largo intervallo di energia, dalla banda del vicino infrarosso fino a diversi MeV. Con un lancio previsto per l'inizio del 2012, ed una strategia di puntamento ottimizzata per permettere follow-up con telescopi dedicati da terra, SVOM sara' la principale fonte di localizzazioni rapide di GRB che operera' in sinergia con le grandi facilities osservative che saranno disponibili in quegli anni. La partecipazione a SVOM, fornendo il telescopio XIAO e la stazione di Malindi, consentira' di avere accesso a dati scientifici di grande interesse non solo per lo studio dei GRB, ma anche per obiettivi scientifici legati ad altri tipi di sorgenti X e gamma.

Lo strumento proposto non richiede particolari sviluppi tecnologici, essendo basato su strumentazione standard gia' utilizzata per altre missioni, e puo' essere realizzato nei brevi tempi richiesti dal bando ASI e compatibili con la pianificazione di SVOM.

2. DOCUMENTAZIONE APPLICABILE E DI RIFERIMENTO

[DA 01] Capitolato generale ASI, disponibile su http://www.asi.it/html/norme/cap_gen.pdf

[DA 02] ECSS glossary – doc. ECSS-P-001, disponibile su <http://www.ecss.nl>

[DA 03] Istruzione operativa "Requisiti per la preparazione della Work Breakdown Structure (WBS)" - doc. OP-IPC-2005-002

[DR 01] Lettera di invito del responsabile francese della missione SVOM

[DR 02] The ECLAIRS micro-satellite mission for gamma-ray burst multi-wavelength observations – Schanne et al. 2006, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Volume 567, Issue 1, p. 327-332

[DR 03] Contributo TAS-I per Telescopio X e Instrument Control Unit per il satellite SVOM – doc. TL23833



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations

PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

3. DEFINIZIONI ED ACRONIMI

AIV:	Assembly Integration and Verification
ASI:	Agenzia Spaziale Italiana
CCD:	Charge Coupled Device
CNES:	Centre National d'Etudes Spatiales
CNSA:	China National Space Administration
CTE:	Charge Transfer Efficiency
CXG:	Camera X Gamma
DPU:	Detector Processing Unit
ECSS:	European Cooperation for Space Standardization
ESXC:	Eclairs Soft X-ray Camera
FEE:	Front End Electronics
GFT:	Ground Follow-up Telescope
GRB:	Gamma Ray Burst
HEW:	Half Energy Width
IASF:	Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica cosmica
ICU:	Instrument Control Unit
INAF:	Istituto Nazionale di Astrofisica
ITAR:	International Traffic in Arms Regulations
LLI:	Long Lead Item
OAB:	Osservatorio Astronomico di Brera
OAR:	Osservatorio Astronomico di Roma
PI:	Principal Investigator
PFM:	Proto Flight Model
PSF:	Point Spread Function
SED:	Spectral Energy Distribution
SNR:	Signal to Noise Ratio
STM:	Structural and Thermal Model
SVOM:	Space-based multiband astronomical Variable Objects Monitor
TC/TM:	Telecommands and Telemetry
VT:	Visual Telescope
WBS:	Work Breakdown Structure

4. STRUTTURA PROPONENTE

Il gruppo proponente consiste di una componente scientifica, formata da strutture INAF (IASF-Milano, OAB, IASF-Bologna, OAR), e di una componente industriale, che al momento comprende Thales Alenia Space Italia (ex LABEN), MediaLario, e BCV Progetti. Questi istituti ed industrie collaborano con successo da molti anni nella realizzazione di strumentazione per missioni spaziali.

Lo IASF-Milano ha una lunga tradizione di eccellenza nell'astrofisica delle alte energie, che è sempre stato il principale campo delle sue attività, sia dal punto di vista osservativo e teorico, che nella progettazione e sviluppo di missioni X e gamma da pallone e da satellite (es. COS-B, EXOSAT, SAX, XMM-Newton, INTEGRAL, AGILE). Due importanti progetti che sono stati realizzati con PI e System Team presso lo IASF-Milano sono lo strumento EPIC per XMM-Newton ed il satellite per astronomia gamma AGILE lanciato recentemente. L'esperienza ottenuta nella realizzazione di EPIC è particolarmente rilevante per questa proposta, dato che lo IASF-Milano avrà la responsabilità scientifica dell'intero progetto, con un PI supportato da un System Team, e della Camera CCD.

L'Osservatorio Astronomico di Brera (OAB) è fortemente impegnato nel progetto Swift per lo studio dei GRB, avendo fornito il modulo delle ottiche del telescopio X, e contribuendo significativamente allo sfruttamento dei dati scientifici. Le ottiche di Swift derivano dalla grande esperienza di OAB nella costruzione di ottiche per telescopi X. I programmi scientifici e tecnologici dell'OAB sono principalmente



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations

PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

legati all'astrofisica delle alte energie, e riguardano, oltre ai GRB, anche stelle di neutroni e buchi neri nella nostra Galassia, nuclei galattici attivi, galassie, ed ammassi di galassie. L'OAB avra' la responsabilita' scientifica per lo sviluppo delle ottiche X.

Lo IASF Bologna ha contribuito alla progettazione e sviluppo di sistemi di terra per missioni spaziali fin dal 1980 (SAX). Ha curato l'installazione della stazione di HETE2 a Malindi. Ha progettato e realizzato i sistemi di acquisizione, archiviazione e analisi on-line (Science Console) utilizzati durante tutte le attivita' di AIV e Calibrazione a terra degli strumenti EPIC/XMM, PICsIT/IBIS-INTEGRAL e AGILE. Lo IASF-Bo avra' la responsabilita' delle attivita' relative al Ground Segment ed alla Science Console.

L'Osservatorio Astronomico di Roma (OAR) possiede una decennale esperienza nella scienza dei GRB, avendo contribuito alla rivelazione ed allo studio degli afterglows a partire dal primo GRB identificato in ottico (GRB970228), fino all'era attuale in cui vengono utilizzate sistematicamente le maggiori facilities astronomiche dallo spazio e da terra (ESO/VLT in particolare). Parallelamente presso l'OAR sono state svolte ricerche mirate alla comprensione dei progenitori e dei meccanismi di esplosione dei GRBs e all'utilizzo dei GRB come "fari cosmici". I ricercatori dell'OAR hanno partecipato alla costruzione del telescopio robotico REM e sono impegnati in un esteso programma multibanda di follow-up dei GRB. L'OAR coordinera' le attivita' dello Science Support Group, con particolare riferimento alle osservazioni simultanee e di follow-up.

Thales Alenia Space Italia (TAS-I), sede di Milano (ex LABEN) è una delle aziende guida italiane per le attività spaziali e nucleari, da circa 40 anni operante nel mercato europeo degli equipaggiamenti elettronici per applicazioni satellitari. E' un leader europeo per quanto riguarda On Board Data Handling e funzioni di Attitude and Orbit Control System, e per strumentazione scientifica per satelliti e sonde spaziali. Tra i più significativi progetti di strumentazione scientifica, svolti in collaborazione con le strutture INAF coinvolte in questa proposta, ricordiamo BeppoSAX, XMM-EPIC, INTEGRAL/IBIS ed AGILE. TAS-I avra' la responsabilita' industriale per le attivita' di sistema dell'intero telescopio XIAO e per la ICU.

MediaLario e' stata fondata nel 1993 attorno ad un gruppo di ingegneri specializzati nella progettazione e realizzazione di ottiche rivestite d'oro per telescopi per astronomia X (SAX, JET-X, XMM-Newton). La tecnologia principale dell'azienda è la replica attraverso processo di elettroformatura, ossia la riproduzione di una serie di componenti molto accurati ottenuti copiando la superficie di una opportuna matrice. MediaLario avra' la responsabilita' industriale per le ottiche X.

La BCV Progetti è stata fondata nel 1973 per offrire consulenze e servizi d'ingegneria, altamente qualificati, per la progettazione strutturale e per la realizzazione di opere di ingegneria civile, industriale ed infrastrutturale. E' stata ed è coinvolta in numerosi progetti nazionali ed internazionali relativi all'astronomia, occupandosi di progettazione strutturale e di modellazione numerica ad elementi finiti in campo statico e dinamico, lineare e non lineare. BCV supporterà lo sviluppo delle ottiche per quanto riguarda gli aspetti termo-strutturali.

5. DESCRIZIONE DELLA PROPOSTA

5.1 DESCRIZIONE DELL'OPPORTUNITA'

SVOM e' una missione franco-cinese dedicata alla rivelazione, localizzazione rapida e studio dei GRB e di altre sorgenti transienti ad energie X/gamma (X-ray bursts, Soft Gamma-ray Repeaters, AGNs, etc...). Per sfruttare appieno le potenzialita' offerte dallo studio dei GRB e' necessario misurarne lo spettro su una larga banda, ottenere follow-up approfonditi in diverse lunghezze d'onda e misurarne il redshift. La missione SVOM prevede quindi la messa in orbita di un satellite in grado di effettuare ripuntamenti rapidi, con a bordo strumenti per osservazioni nelle bande gamma, X ed ottica, e la realizzazione di due telescopi a terra (GFT) dedicati ad osservazioni coordinate nell'ottico e vicino infrarosso. Con un lancio previsto per l'inizio del 2012, ed una strategia di puntamento ottimizzata per favorire i follow-up da terra, SVOM sara' la principale fonte di localizzazioni rapide di GRB che operera' in sinergia con le grandi facilities osservative sia da terra



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

(es. gli strumenti VLT di seconda generazione X-Shooter e HAWK-I, o l'array di radiotelescopi SKA Pathfinder) che dallo spazio (es. GLAST, JWST) operanti in quegli anni.

L'opportunità qui considerata consiste nella partecipazione alla missione SVOM contribuendo:

a) al carico utile del satellite, fornendo un piccolo telescopio X (denominato XIAO), ottimizzato per la localizzazione precisa dei GRB e lo studio degli afterglow

XIAO (X-ray Imager for Afterglows Observations) è concepito per sostituire lo strumento X a maschera codificata EXSC, inizialmente previsto a bordo di SVOM [DR 01]. Il telescopio che proponiamo, essendo basato su un'ottica ad incidenza radente accoppiata ad una camera CCD, ha delle prestazioni in termini di sensibilità e precisione di localizzazione molto migliori di quelle che si sarebbero ottenute con ESXC. XIAO permetterà di localizzare con una precisione dell'ordine di 5 arcsec la maggior parte dei GRB rivelati da SVOM, mentre l'ESXC avrebbe fornito localizzazioni dell'ordine di 30 arcsec e solamente per i GRB più brillanti in X (meno del 30% del totale). Inoltre, i vantaggi offerti dalla maggiore sensibilità permetteranno un dettagliato studio spettrale e temporale degli afterglow X, nonché di aumentare significativamente le potenzialità di SVOM per altri obiettivi scientifici non legati ai GRB.

b) al segmento di terra, fornendo l'utilizzo della stazione di Malindi, e collaborando alla componente scientifica

SVOM sarà posto su un'orbita bassa con inclinazione di circa 30°. Mentre le informazioni urgenti, come le posizioni dei GRB, saranno inviate a terra in tempo reale grazie ad una copertura completa dell'orbita con una serie di piccole stazioni VHF, il resto dei dati verrà memorizzato a bordo e successivamente trasmesso a terra in banda X durante i passaggi su una o più stazioni di terra. La stazione dell'ASI situata a Malindi è in una posizione ottimale per complementare il segmento di terra di SVOM. L'utilizzo di Malindi, in aggiunta alla stazione prevista in Cina, permetterebbe sia di avere una maggiore operabilità del satellite, sia di ridurre i tempi di attesa per disporre della totalità dei dati scientifici raccolti. Questo è particolarmente importante per massimizzare il ritorno scientifico relativo ai GRB.

Tabella 5.1.1 - Strumentazione scientifica di SVOM

(* NB: lo strumento ESXC è stato eliminato e verrà sostituito da XIAO)

	ECLAIRs CXG	ECLAIRs ESXC(*)	GRM	VT	GFT
Responsabile	Francia	Francia	Cina	Cina	1 Francia + 1 Cina
Locazione	Sul satellite	Sul satellite	Sul satellite	Sul satellite	A Terra
Numero di unità	1	2 x 2	2	1	2
Range energetico	4-300 keV	1-10 keV	0.05 – 5 MeV	400-900 nm	350-1800 nm
Campo di vista	2 sr	2 sr	2 π sr	20' x 20'	21' x 21'
Telescopio	Imaging a maschera codificata (2-D)	Pseudo imaging (maschere codificate 1-D su due direzioni ortogonali)	No imaging	45 cm diametro	~1.3 m diametro
Rivelatori	80x80 pixels in CdTe da 4 mm ²	CCD 1024x1024	Scintillatori (phoswich) NaI+CsI	2 camere ottiche	2 camere ottiche + 2 camere NIR



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

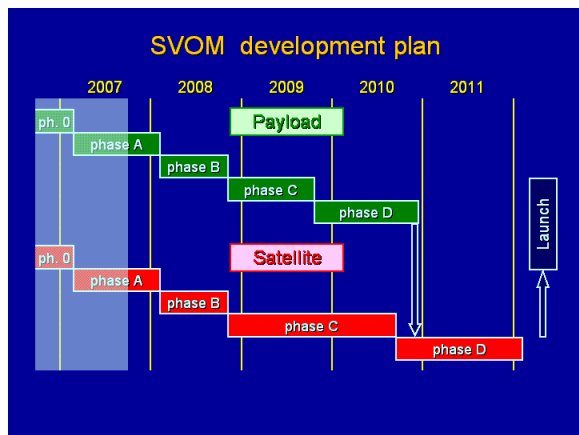


Fig.5.1.1 – Pianificazione generale della missione SVOM

La missione SVOM e' attualmente una collaborazione bilaterale tra le agenzie spaziali cinese (CNSA) e francese (CNES).

Le responsabilita' per la strumentazione scientifica sono ripartite tra le due nazioni come indicato nella Tabella 5.1.1. Il contributo francese e' uno sviluppo di quanto era stato inizialmente previsto per il microsatellite Eclairs [DR 02].

Per semplificare la gestione delle interfacce, e per agevolare l'armonizzazione con la programmazione gia' prevista per la missione SVOM, si propone che XIAO si inserisca come parte del package di strumenti Eclairs [DR 01], e quindi sia deliverabile al CNES, che gestisce direttamente l'interfaccia con la Cina. Questa configurazione potrebbe venire modificata in funzione di eventuali accordi di collaborazione che le agenzie spaziali dei tre paesi ritengano di

volere implementare nei prossimi mesi.

La pianificazione temporale di SVOM (Fig. 5.1.1) e' compatibile con i termini stabiliti nel bando ASI per le Missioni di Opportunita'. Ipotizzando un esito positivo della selezione ed un inizio delle attivita' alla fine del 2008, sara' possibile consegnare XIAO per l'integrazione sul satellite alla fine del 2010.

Considerato che XIAO dovra' essere esportato in Cina si dovra' tener conto dei vincoli ITAR. In particolare verranno evitati tutti i componenti di fabbricazione americana, sia diretta che indiretta.

5.2 CONTESTO E PROFILO DI MISSIONE

In seguito all'identificazione delle controparti dei GRB ottenuta da BeppoSAX nel 1997 ed ai successivi risultati di HETE2, INTEGRAL e Swift nell'ultimo decennio, i GRB sono passati dall'essere semplicemente un fenomeno misterioso che interessava solo una piccola parte della comunita' di astrofisici gamma ad essere una delle classi di sorgenti celesti piu' studiate per la loro rilevanza in molti campi dell'astrofisica.

Negli ultimi anni, i proponenti hanno collaborato con i gruppi scientifici francesi di Saclay (CEA/SAP) e Tolosa (CESR) nello studio di una missione dedicata ai GRB, denominata Eclairs [DR 02]. Gli strumenti di Eclairs erano stati inizialmente considerati per il programma di microsatelliti scientifici del CNES. A seguito di accordi di collaborazione tra Francia e Cina, si e' invece poi deciso di includere gli strumenti di Eclairs nel payload della missione SVOM. Questa scelta e' chiaramente vantaggiosa dal momento che SVOM permette maggiori risorse di massa, dimensioni e potenza per il carico utile.

SVOM si ispira come concetto a Swift, consiste cioe' di un satellite con capacita' di ripuntamento autonomo per osservare nelle bande ottica ed X i GRB scoperti da uno strumento gamma a maschera codificata a largo campo. SVOM sara' pero' ottimizzato per ottenere osservazioni piu' complete e dettagliate per i GRB osservati piuttosto che per aumentare il numero totale di GRB rivelati. I risultati degli ultimi anni hanno infatti mostrato che un accurata conoscenza spettrale su una larga banda e la determinazione del redshift sono elementi fondamentali per lo studio dei GRB. Fino ad ora, redshift spettroscopici sono stati ottenuti solamente per circa il 20% dei bursts localizzati da BeppoSAX, HETE2, INTEGRAL e Swift. Cio' e' dovuto non solo alle difficoltà di queste misure, ma in gran parte anche al fatto che le missioni spaziali che forniscono la posizione dei GRB non sono state particolarmente ottimizzate per favorire l'osservabilita' da terra. E' evidente che i maggiori progressi in questo campo derivano da osservazioni dettagliate e complete di GRB a distanza nota, piuttosto che dall'incremento nel numero di GRB rivelati, essendo ormai il campione di GRB noti gia' molto numeroso.



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations

PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

Lo studio dei GRB rientra tra i principali filoni di ricerca individuati nei piani programmatici di INAF ed ASI. Eclairs/SVOM e' stata considerata da ASI tra le nuove opportunita' di missioni finanziate attraverso il contratto "Studio di Astrofisica delle Alte Energie" (I/088/060), con un work package volto ad esplorare le possibili modalita' di una partecipazione italiana. Infatti, la comunita' italiana, grazie al ruolo fondamentale giocato con le scoperte di BeppoSAX, ed ai successivi coinvolgimenti in INTEGRAL e soprattutto in Swift, e' particolarmente attiva nello studio dei GRB, conseguendo risultati di eccellenza internazionale sia dal punto di vista osservativo che teorico.

Nel contesto internazionale attuale non esistono missioni dedicate ai GRB approvate, ma solo alcune proposte (come ad es. la missione EDGE proposta, ma non selezionata, alla recente call ESA per Cosmic Vision, o il satellite EXIST, proposto per il programma NASA "Beyond Einstein").

5.3 DESCRIZIONE DELLA MISSIONE

5.3.1 LA MISSIONE SVOM

Obiettivi scientifici

I gamma ray bursts (GRBs), intensi lampi di raggi gamma con durata da pochi millisecondi a diverse decine di minuti, costituiscono il fenomeno più energetico finora conosciuto dopo il Big Bang. I GRB sono dei laboratori unici per studi di relatività generale e formazione stellare. Oltre ad essere importanti per lo studio della fisica estrema e degli shock, i GRB sono anche di grande interesse per il loro utilizzo come "sonde" astrofisiche. Infatti, essendo tra gli oggetti più luminosi del cielo, illuminano le regioni nella galassia ospitante e tutti i sistemi lungo la linea di vista fungendo da sonda per lo studio di questi sistemi che altrimenti risulterebbero inesplorabili.

Lo studio dei GRB si sta sempre più focalizzando su aspetti cosmologici. La scoperta di GRB050904 a redshift $z=6.3$, ha prepotentemente portato i GRB nella categoria degli oggetti più lontani fino ad ora conosciuti. Le prospettive per lo studio di oggetti ancora più lontani sono molto promettenti. I modelli di evoluzione predicono un buon numero di eventi ad alto ($z\sim 6$) e altissimo redshift ($z>7$). Lo studio della reionizzazione dell'Universo, la nascita delle prime stelle e delle stelle primordiali di grande massa (di popolazione III), la formazione stellare, e l'arricchimento in metalli dell'Universo, sono gli argomenti più naturali per una missione come SVOM.

L'emissione X e gamma dei GRB più lontani e' spostata di un fattore $(1+z)$ verso energie minori rendendo necessari rivelatori con una soglia inferiore di energia bassa. Questa è esattamente la caratteristica principale del rivelatore a largo campo di GRB che sarà in grado di triggerare nella banda 4-300 keV. L'afterglow ottico del GRB sarà assorbito dall'idrogeno intergalattico richiedendo osservazioni nel rosso o nel vicino infrarosso. Infine e' indispensabile poter osservare da terra i GRB nel minor tempo possibile per individuare gli afterglows ottici più deboli non rivelati a bordo. Il puntamento di SVOM sempre in direzione anti-solare garantirà che i GRB siano in zone del cielo prontamente osservabili da terra, dove due telescopi dedicati garantiranno il follow-up rapido prima che intervengano telescopi di diametro maggiore.

Grazie agli strumenti descritti nella prossima sezione, SVOM sarà in grado di studiare i GRB meglio di quanto stia ora facendo Swift. In particolare:

- la soglia bassa di energia (4 keV invece che $\sim 15-20$ keV di Swift ed INTEGRAL) favorirà la rivelazione dei GRB più "soft", come ci si aspetta siano quelli ad alto redshift
- la presenza di un telescopio ottico da 45 cm ottimizzato per lunghezze d'onda fino a 900 nm renderà molto più efficace la scoperta delle controparti ottiche direttamente a bordo (UVOT su Swift e' un 30 cm ed e' ottimizzato per ottico-UV). Inoltre permetterà di paragonare le curve di luce simultanee nelle bande ottica ed X per verificare la presenza di uno o più meccanismi di emissione (con spettro a larga banda), la presenza di break acromatici, e aprendo le porte ad uno studio dettagliato dei reverse shock.
- il puntamento del satellite sarà sempre in direzione anti-solare, in modo che i GRB scoperti siano sempre accessibili da osservazioni da terra istantaneamente. Ciò massimizzerà il numero di redshift noti.



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

- la copertura spettrale fino a diversi MeV consentirà di determinare con buona accuratezza il picco di energia della distribuzione di fotoni (molto importante per studi statistici e cosmologici sui GRB). SVOM sarà particolarmente sensibile ai GRB delle sottoclassi X-ray Rich ed X-ray Flash, quindi portando più informazioni su questi oggetti meno conosciuti. Infine SVOM potrà dare importanti contributi anche sui GRB brevi, che si differenziano dagli altri GRB per durata inferiore ($<2-5$ s) e per durezza spettrale superiore. Mentre i risultati odierni sembrano suffragare i modelli basati sulla coalescenza di sistemi binari di stelle collassate, è evidente che il campione attuale presenta serie limitazioni. Con osservazioni dettagliate di nuovi GRB corti si potrà approfondire lo studio della loro distribuzione in redshift (funzione di luminosità) ed angolo di offset dalla galassia ospite, verificare l'esistenza di GRB brevi ad alti z (che potrebbe confermare che molte binarie coalescenti si formano per interazioni tra stelle nelle regioni più dense degli ammassi globulari), e verificare la presenza di "eventi contaminanti" come gli "hyperflares" da magnetars.

Descrizione di SVOM

La missione SVOM si basa su un satellite, in grado di effettuare manovre di ripuntamento autonome, con quattro strumenti per lo studio dei GRB dal visibile alla banda gamma (Fig. 5.3.1), complementato da due telescopi dedicati a terra (Tab. 5.1.1). I GRB saranno individuati nella banda 4-300 keV da una Camera X e Gamma (CXG), basata su un array di 80x80 pixels in CdTe con un'area totale di 1024 cm² accoppiato ad una maschera codificata. La CXG avrà un campo di vista di 90° x 90° e posizionerà i GRB con un'incertezza inferiore a 10 arcmin (per SNR>5). Le posizioni dei GRB verranno determinate a bordo. Lo strumento GRM, costituito da due rivelatori phoswich (10 mm di NaI e 40 mm di CsI) verrà usato per misurare gli spettri e curve di luce dei GRB visti dalla CXG fino ad energie di 5 MeV. La combinazione dei dati di CXG e GRM permetterà di misurare accuratamente l'energia di picco degli spettri. Il telescopio VT, con un'apertura di 45 cm, sarà dotato di due camere CCD operanti nelle bande 300-600 e 600-900 nm. Permetterà di raggiungere una sensibilità di $M_V=23$ in 300 s, su un campo di vista di 21x21 arcmin². Infine, il telescopio XIAO, oggetto di questa proposta, permetterà di studiare gli afterglows nella banda soft X (0.3-2 keV) consentendo di derivare a bordo posizioni per i GRB inferiori a 10 arcsec (che saranno poi migliorate nella maggior parte dei casi fino a pochi secondi d'arco con l'analisi completa dei dati a terra).

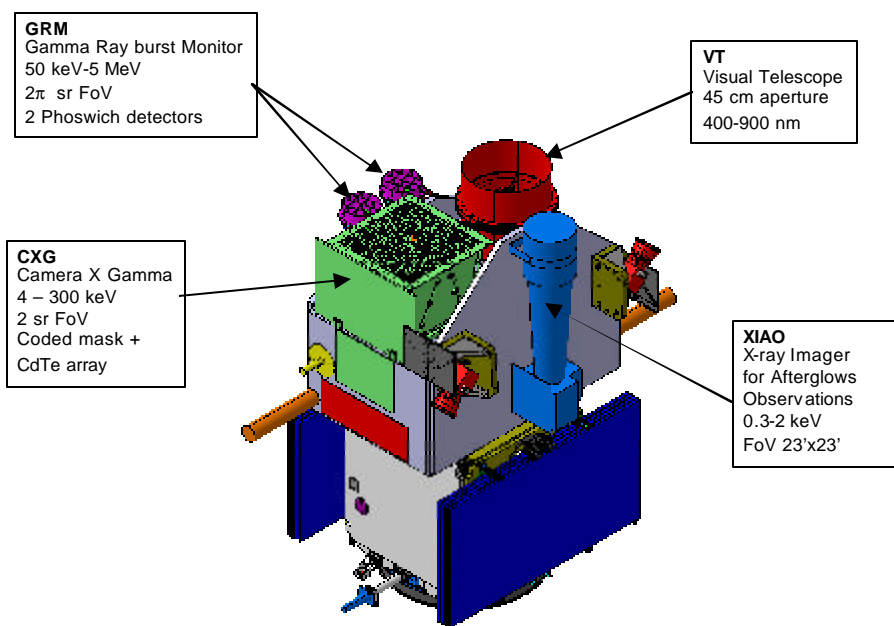


Fig. 5.3.1 – Il satellite SVOM

La missione è progettata per rivelare un centinaio di GRB all'anno. SVOM è un satellite stabilizzato su tre



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

assi e verra' mantenuto con il campo di vista degli strumenti puntato in direzione antisolare per permettere l'immediata osservabilita' da terra dei GRB rivelati (Fig. 5.3.2). Inoltre si eviteranno le zone del piano galattico, dove, a causa dell'assorbimento risulta piu' difficile rivelare le controparti X ed ottiche, e la sorgente brillante variabile Sco X-1, che complica il riconoscimento dei GRB nella logica di trigger.

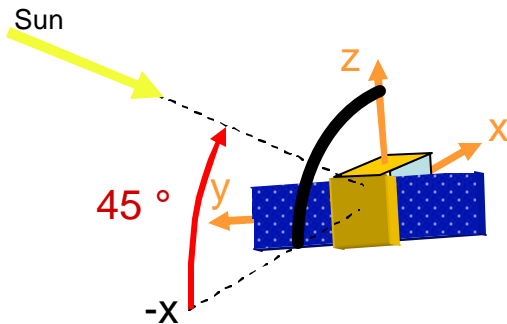


Fig 5.3.2 - Gli strumenti puntano in direzione dell'asse X. Il puntamento nominale e' con il sole in direzione della bisettrice del piano $-X/Z$. La faccia "fredda" del satellite, in direzione $-Z$, non viene mai illuminata dal sole. Infatti i ripuntamenti rapidi per i follow-up con gli strumenti a campo stretto, comportano delle rotazioni al massimo di 40° attorno agli assi Z e/o Y.

- rivelazione del GRB mediante la CXG e sua localizzazione con una precisione di pochi minuti d'arco
- allo stesso tempo lo spettro e' misurato da 4 keV a 5 MeV dai due strumenti CXG e GRM
- la posizione del GRB viene immediatamente inviata a terra mediante una rete di stazioni di ricezione VHF e ritrasmessa ai telescopi automatici GFT
- il satellite si riorienta autonomamente per osservare la regione di errore del GRB nella banda ottica con il VT e nella banda X soft con il telescopio XIAO
- la posizione migliorata derivata con XIAO viene inviata a terra con la rete VHF

Le osservazioni degli afterglows richiederanno solo una parte del tempo disponibile per SVOM. Per questo, in attesa dei GRB, SVOM sara' puntato per effettuare osservazioni di targets "secondari" con gli strumenti a campo stretto.

Obiettivi scientifici non-GRB

In questa sezione diamo solo alcuni esempi di come il ritorno scientifico di SVOM per obiettivi non legati ai GRB sia significativamente aumentato grazie all'aggiunta del telescopio XIAO. Si potra' infatti disporre di osservazioni simultanee X ed ottiche con una sensibilita' adeguata a studiare diverse classi di sorgenti presenti ad alte latitudini galattiche.

I blazars, altamente variabili a tutte le frequenze, possiedono una distribuzione spettrale (SED) che mostra due picchi pronunciati, uno nell'IR-ottico-soft X, e l'altro nella banda gamma. Le SED dei blazar formano una sequenza controllata dalla luminosità bolometrica: oggetti più potenti hanno il picco di alta energia più dominante e le frequenze di picco di entrambi i picchi a valori più bassi. SVOM contribuirà alla determinazione del primo picco (sincrotrone) nei blazar di bassa luminosità, mentre potrà studiare la coda di sincrotrone e l'inizio del secondo picco per le sorgenti di luminosità più grande. Le osservazioni simultanee nelle bande ottico-X per i blazar di bassa potenza permettono di determinare la frequenza di picco e soprattutto la sua evoluzione temporale a seconda dei vari stati della sorgente, mentre per le sorgenti di grande potenza permettono di studiare la variabilità (del flusso e dello spettro) nelle due componenti, testando

SVOM sara' lanciato su un'orbita bassa (600 km) con inclinazione di $\sim 30^\circ$. Le coordinate dei GRB saranno immediatamente trasmesse a terra utilizzando una serie di stazioni in banda VHF. Per questo si prevede di effettuare un upgrade delle stazioni utilizzate per HETE2 e di aggiungerne di nuove a latitudini piu' alte per permettere la copertura completa lungo l'orbita.

I dati accumulati nella memoria di massa (circa 60 Gbits al giorno) verranno invece trasmessi in banda X durante i passaggi sulle stazioni di terra. La trasmissione di telecomandi e la ricezione dei dati di housekeeping verra' assicurata da alcuni ($\sim 2-4$) contatti al giorno effettuati in banda S.

La strategia osservativa di SVOM prevede quindi i seguenti passi:



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

così i vari modelli. Inoltre c'è un grandissimo valore aggiunto che SVOM potrà dare se ai suoi dati aggiungiamo quelli di GLAST e dei telescopi Cherenkov a terra. Grazie al puntamento antisolare di SVOM e al grande campo di vista di GLAST, che permette di osservare tutto il cielo più volte al giorno e quindi sicuramente tutti i blazar osservati da SVOM, potremo avere una copertura simultanea e completa dall'IR fino a ~1-10 TeV. Diventerà quindi routine quello che, nell'era EGRET, era una rarissima (2-3 casi) eccezione fortunata. La sensibilità di SVOM nell'ottico e nella banda X permette di seguire la quasi totalità dei blazar conosciuti. Già da ora possiamo prevedere che SVOM permetterà di chiarire molti punti ancora oscuri sulla fisica dei getti relativistici quali se esiste correlazione forte (o no) tra le varie bande di emissione e come cambia l'ampiezza di variabilità in funzione della frequenza. Queste osservazioni avranno un impatto sui modelli fornendo informazioni sulla geometria del getto e l'importanza del Doppler boosting relativistico e delle sue possibili variazioni.

Lo studio dei flares stellari è cruciale al fine di capire i processi alla base della generazione e dell'attività dei campi magnetici nelle stelle, nonché per comprendere i meccanismi del riscaldamento coronale. L'osservazione di stelle di diverso tipo spettrale permette di capire come tali meccanismi dipendano da massa, temperatura, gravità, periodo di rotazione ed età. SVOM permetterà di raccogliere un campione di osservazioni simultanee di flares con alta risoluzione temporale nella banda ottica e X soft. Lo studio delle scale temporali e dell'energetica nelle due bande consentirà di testare il modello standard. SVOM permetterà inoltre la rivelazione e lo studio di follow-up multi-banda di eventi rari e particolarmente energetici (superflare) con emissione non-termica fino a 200 keV.

Le dwarf novae sono una classe di variabili cataclismiche caratterizzate da outburst ricorrenti (su tempi scala da circa una settimana ad alcuni mesi), con aumenti di circa 4 magnitudini nel flusso ottico e di oltre 3 ordini di grandezza nella banda ultravioletta, X e X dura. Il modello standard spiega tali outbursts con lo sviluppo e la propagazione di instabilità nel disco di accrescimento, ma si basa quasi esclusivamente sulla fenomenologia osservata nella banda ottica. Difficoltà osservative hanno finora reso praticamente impossibile la raccolta di dati simultanei multi-banda. SVOM permetterà di osservare simultaneamente dal vicino infrarosso ai raggi X duri, raccogliendo informazioni su tutte le regioni emittenti di tali sistemi (dalla parte esterna del disco al cosiddetto boundary layer). L'osservazione della fase iniziale dell'outburst sarà cruciale per testare e migliorare la nostra comprensione del meccanismo che regola l'evento. I segnali di trigger per SVOM potranno essere forniti agevolmente dai network globali di monitoraggio esistenti.

Infine, il puntamento veloce di SVOM è estremamente utile nel caso in cui si vogliano studiare un gran numero di sorgenti per tempi di osservazione relativamente corti, come ad esempio per l'identificazione delle numerose sorgenti gamma di GLAST, AGILE e dei telescopi Cherenkov da terra. Le loro regioni di errore saranno troppo grandi per una identificazione ottica, ma brevi (5-10 ks) osservazioni con XIAO porteranno nella maggior parte dei casi alla rivelazione di una controparte X con un'incertezza posizionale piccola e contemporaneamente si avrà un puntamento ottico profondo del campo fino a magnitudine V~25. Una prima classificazione verrà quindi resa possibile dal rapporto flusso X – flusso ottico.

5.3.2 IL TELESCOPIO XIAO

Requisiti scientifici e prestazioni

XIAO dovrà essere in grado di fornire rapidamente delle posizioni precise per i GRB rivelati dalla camera CXG, mediante l'osservazione degli afterglows nella banda X-soft. I risultati di Swift hanno dimostrato che la grande maggioranza dei GRB hanno un afterglow X brillante. Infatti, un afterglow X è stato rivelato da Swift praticamente in tutti i casi in cui si è osservata la regione di errore entro pochi minuti. L'incertezza iniziale sulle localizzazioni fornite dalla CXG richiede che XIAO abbia un campo di vista di almeno 15 arcmin di diametro. Con una risoluzione angolare moderata (HEW ~30 arcsec), purché la Point Spread Function (PSF) sia ben campionata dal rivelatore e si abbia un adeguato rapporto segnale/rumore, è possibile ottenere delle localizzazioni con errori statistici di pochi secondi d'arco (Fig. 5.3.2.1). Dati gli alti flussi X



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

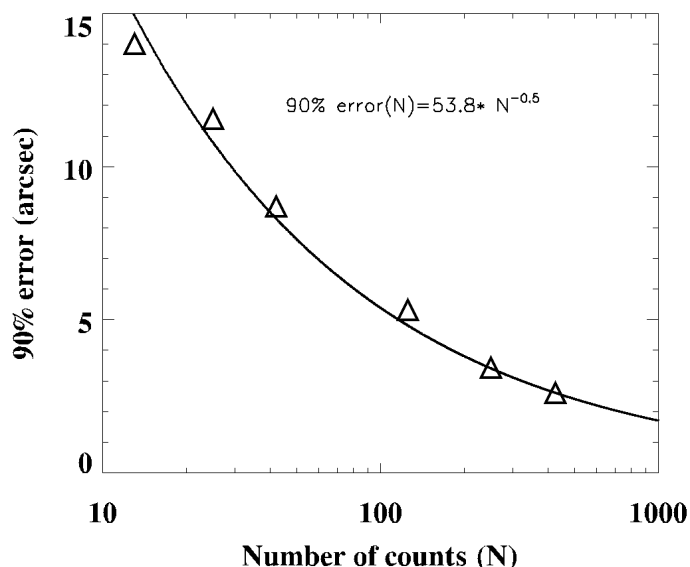


Fig. 5.3.2.1 - Raggio d'errore (90% c.l.) in funzione del numero di conteggi della sorgente derivato da simulazioni Montecarlo dello strumento XIAO

delle fasi iniziali degli afterglows, un'area efficace dell'ordine di 100 cm² a ~1 keV, che è compatibile con le limitazioni di peso e dimensioni richieste, sarà sufficiente ad ottenere un'adeguata statistica.

Il design di baseline proposto, che sarà ottimizzato durante la fase A, è in grado di fornire le prestazioni riportate nella Tabella 5.3.2.1. XIAO è quindi uno strumento potente e flessibile che permette di misurare i flussi, gli spettri e le curve di luce dei GRB e dei loro afterglow su un range dinamico di più di 5 ordini di grandezza.

Grazie alle dimensioni molto ridotte del rivelatore, dovute alla piccola lunghezza focale, XIAO sarà caratterizzato da un background strumentale molto basso. La sensibilità prevista, tenendo conto della risposta del CCD e del taglio a bassa energia dovuto alla eventuale coperta termica degli specchi, è mostrata nelle

figure 5.3.2.2 e 5.3.2.3. Si noti come la sensibilità sia poco dipendente dalla posizione nel campo di vista. La maggior parte degli afterglows X ha flussi maggiori di 5 mCrab (~10⁻¹⁰ erg cm⁻² s⁻¹) fino a diversi minuti dopo il burst. XIAO sarà quindi in grado di fornire a bordo localizzazioni basate su alcune decine di fotoni raccolti con tempi di integrazione di pochi secondi.

Tab. 5.3.2.1 - Prestazioni scientifiche di XIAO

Range di Energia	0.2-5 keV (ottimizzato per 0.3-2 keV)
Campo di vista	23 x 23 arcmin ²
Risoluzione angolare	30 arcsec (HEW @ 1.5 keV)
Precisione di localizzazione	~10 arcsec (per una sorgente a 5σ)
	<5 arcsec (per una sorgente a >10σ)
Sensibilità (5σ)	~ 5-10 mCrab in 10 s
	~ 5-10 μCrab in 10 ks
Throughput	1 mCrab ~ 0.4 ct/s per N _H =3x10 ²¹ cm ⁻²
	1 mCrab ~ 1 ct/s per N _H =3x10 ²⁰ cm ⁻²
Risoluzione energetica	~150 eV (FWHM @ 1.5 keV)
Risoluzione temporale	~10 ms (standard mode); ~0.1 ms (timing)



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

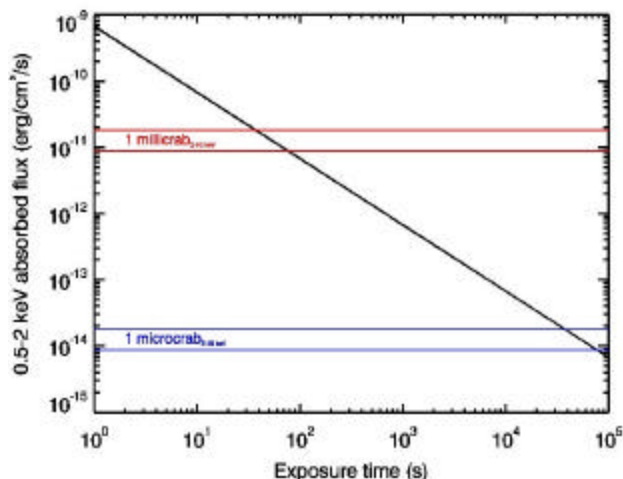


Fig. 5.3.2.2 – Sensibilità di XIAO. Le fasce orizzontali indicano i flussi corrispondenti a 1 e 0.001 mCrab per valori di N_H compresi tra 10^{20} e $3 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$.

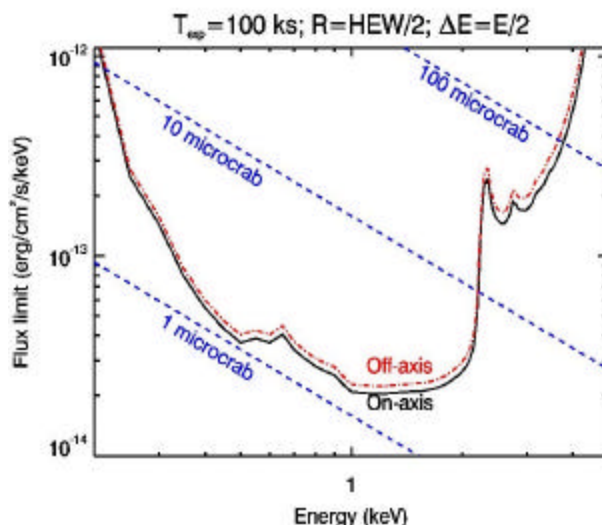


Fig. 5.3.2.3 - Sensibilità (5s) in funzione dell'energia. La curva rossa si riferisce ad una sorgente 10 arcmin fuori asse.

Descrizione generale

Lo strumento proposto (Fig. 5.3.2.4) consiste di un telescopio operante nella banda X soft, in cui i raggi X sono focalizzati su un sensore CCD per mezzo di ottiche concentriche a incidenza radente. Gli specchi X sono collegati alla camera contenente il detector per mezzo di un tubo in fibra di carbonio che ha funzioni sia strutturali che di schermatura della luce. Il sensore CCD è allocato in una Camera che si interfaccia con il tubo e garantisce al sensore tutti i servizi necessari al suo funzionamento. Il CCD è gestito da un'unità elettronica (Detector Processing Unit), alloggiata nelle vicinanze della camera, che fornisce tutti i servizi necessari al funzionamento del CCD e ne riceve le uscite effettuando una prima elaborazione dei dati raccolti.

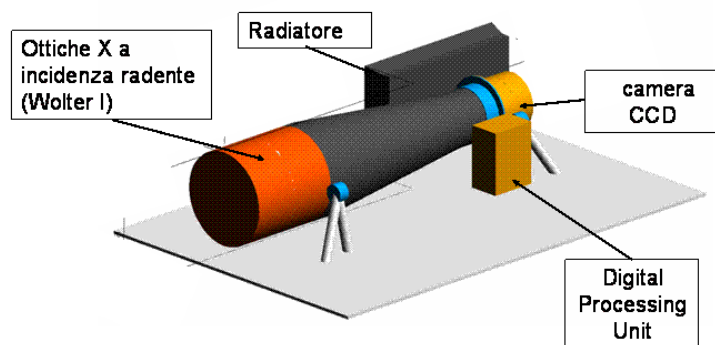


Fig. 5.3.2.4 – Illustrazione delle principali componenti di XIAO

0.3 mm. Il peso di questi specchi, con la relativa struttura meccanica, è di circa 7 kg. La PSF sarà completamente dominata dagli errori di costruzione e di assemblaggio delle shell, dando una risposta piatta attorno a 30 arcsec (Half Energy Width) su tutto il campo di vista. Durante la fase A si valuterà se utilizzare un baffle od una coperta termica posta all'apertura superiore del telescopio per mantenere un ambiente senza gradienti termici per gli specchi. L'area efficace in funzione dell'energia, risultante da questa configurazione,

Le funzioni di controllo ad alto livello saranno invece demandate alla ICU (Instrument Control Unit), un'altra unità elettronica che dovrà gestire i flussi di TM & TC e le modalità operative dell'intero strumento.

Ottiche

La configurazione delle ottiche X considerata come baseline per XIAO prevede 11 specchi di Nichel elettroformato e ricoperti di oro o iridio, con lunghezza focale di 1 m. Le shell avranno altezza di 30 cm, diametri da 12 a 22 cm, e spessore di



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

e' mostrata in Fig. 5.3.2.5 per fotoni in asse e a 10 arcmin fuori asse. Si noti come il vignetting al bordo del campo di vista dato da questa configurazione sia limitato.

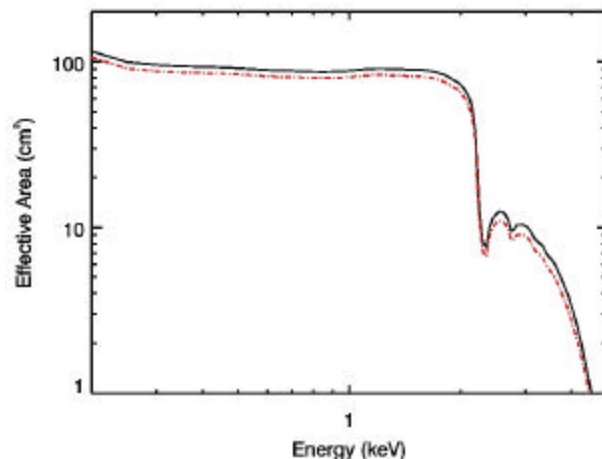


Fig. 5.3.2.5 - Area efficace prevista dal disegno preliminare delle ottiche di XIAO in asse (linea nera continua) e 10 arcmin fuori asse (linea rossa tratteggiata)

Rivelatore

Funzione primaria di XIAO e' la localizzazione dei GRB. Si richiede quindi l'uso di un rivelatore imaging, con buona risoluzione spaziale da abbinare ad una moderata risoluzione spettrale e con una buona efficienza nel range soft X. Pertanto la baseline e' un CCD operante, come modalita' standard, a conteggio di fotoni. Per permettere una buona precisione di localizzazione, la PSF del sistema ottico deve essere sufficientemente campionata, per cui il formato del pixel dovrebbe essere ~30 μm o inferiore. Le dimensioni dell'area attiva del sensore devono coprire un campo di vista di circa 20x20 arcmin² (= 7x7 mm²). A causa dell'alto flusso atteso durante le fasi iniziali degli afterglows, e' preferibile un elevato frame rate per minimizzare il pile-up, anche a costo di un maggiore rumore di lettura. Alcuni dei tradeoff da valutare durante la fase A saranno:

- sensibilita' a E<1 keV vs. taglio alle alte energie
- velocita' di lettura (dinamica in photon counting) vs. rumore di lettura (risoluzione spettrale)
- velocita' di trasferimento dalla zona imaging alla zona storage (frazione di fotoni collocati nella posizione sbagliata perche' hanno interagito durante il trasferimento) vs dissipazione termica.

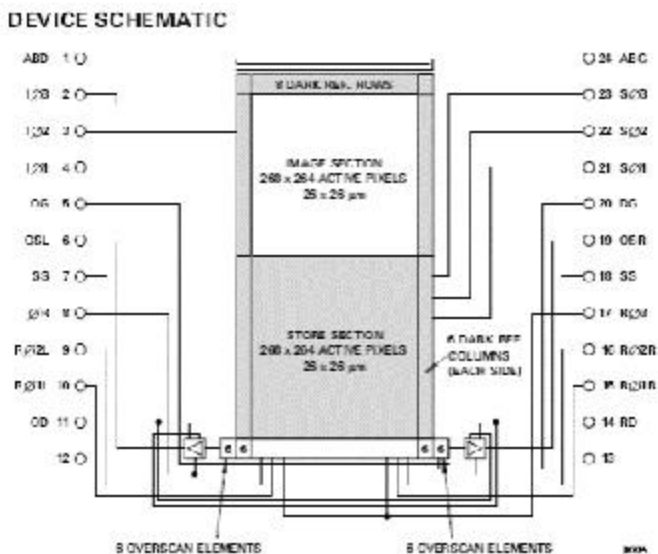


Fig. 5.3.2.6 - Architettura del dispositivo e2V CCD67 [e2V Datasheet].

La richiesta di ottimizzare la risposta nella zona 0.3-2 keV porta a considerare come prima scelta un dispositivo thinned back-illuminated, che garantisce una buona sensibilita' anche a energie inferiori al keV. Escludendo fornitori soggetti a regole ITAR, simili dispositivi sono disponibili, per es., da e2V (UK) e Hamamatsu (JP).



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

Un possibile candidato è stato individuato in una versione space qualified e ottimizzata per la banda X (con spessore 40 μm , back-illuminated) del dispositivo commerciale e2V CCD67. Si tratta di un dispositivo 256x256 pixels, dimensioni del pixel 26 μm (5.2 arcsec), frame transfer con 2 uscite. Le cariche possono essere lette sia da uno qualsiasi dei due amplificatori (garantendo un certo livello di ridondanza intrinseca, in caso di guasti), che da entrambi (dimezzando il tempo di lettura).

L'architettura è mostrata in Fig. 5.3.2.6. I due amplificatori di uscita permettono la lettura fino a 5 Mpixel/s/canale, corrispondenti a 150 frame/s. A queste frequenze ovviamente il rumore di lettura aumenta rapidamente, rispetto ai 4 e^- rms ottenibili a 50 kHz. L'effetto sulla risoluzione spettrale e' visibile in Fig. 5.3.2.7, dove è riportata la risoluzione energetica limite assumendo diverse frequenze di lettura. Per una frequenza di 3.3 MHz/canale, il frame rate corrispondente è di 100 frame/s. Uno schema di massima dell'elettronica di front-end e' mostrato in Fig. 5.3.2.8.

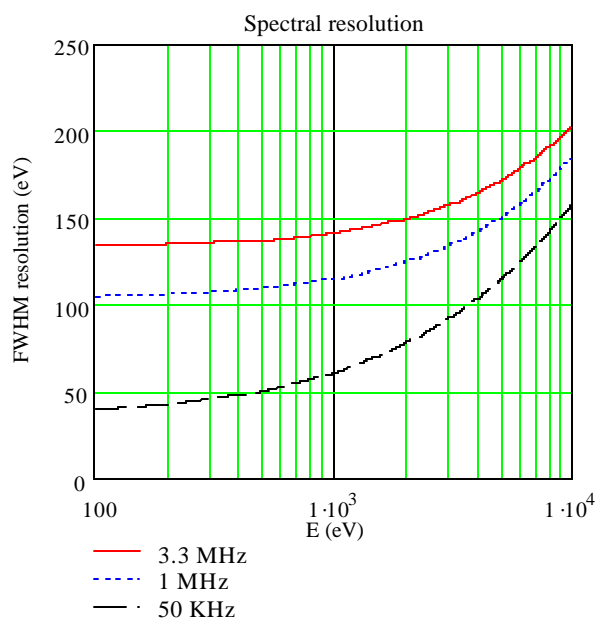


Fig. 5.3.2.7 - Limite della risoluzione spettrale per diverse frequenze di lettura (considerando il limite statistico combinato con il rumore di lettura dell'amplificatore on-chip).

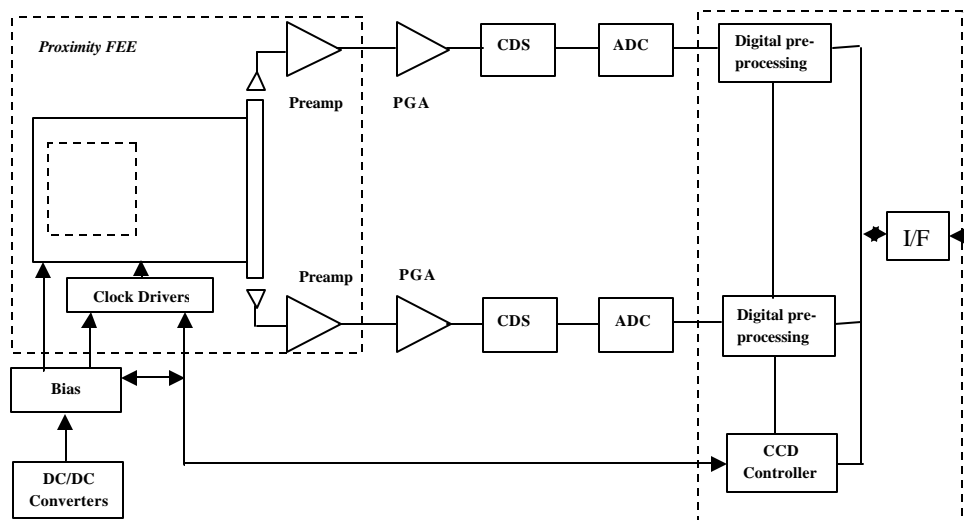


Fig. 5.3.2.8 – Schema architetturale dell'elettronica di Front-End.



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

Camera

Il sensore CCD sarà alloggiato in una Camera in grado di fornire tutti gli elementi collaterali necessari al suo funzionamento (Fig. 5.3.2.9 e 5.3.2.10). Le dimensioni di questa piccola Camera non sono dettate dal CCD, ma dalla reperibilità della componentistica miniaturizzata necessaria. Particolare attenzione sarà data allo sviluppo di questa parte per contenerne al massimo le dimensioni in modo da stare nei budget di massa allocati.

Una scheda conterrà l'elettronica di prossimità analogica verso il CCD, e potrebbe anche svolgere un ruolo di sostegno meccanico per il sensore. Al fine di ridurre sia il numero di eventi "falsi" che il danneggiamento per dosi di radiazione assorbita, dovuti a particelle (principalmente protoni ad alta energia), il sensore sarà circondato da uno schermo di alluminio che permetterà l'ingresso della radiazione solo dal telescopio. Un dito freddo collegherà la struttura del CCD con un sistema di raffreddamento basato su un radiatore, ed eventualmente un dispositivo Peltier, per raggiungere le temperature operative (tipicamente -100 gradi). Nella configurazione più completa dello strumento è prevista anche una ruota porta-filtri con almeno una posizione aperta, una chiusa ed una con una sorgente radioattiva di calibrazione. La camera sarà strutturalmente costituita da un alloggiamento ermetico che consentirà di fare il vuoto all'interno durante le fasi di test a terra e di riempirla di gas inerte quando non è in uso.

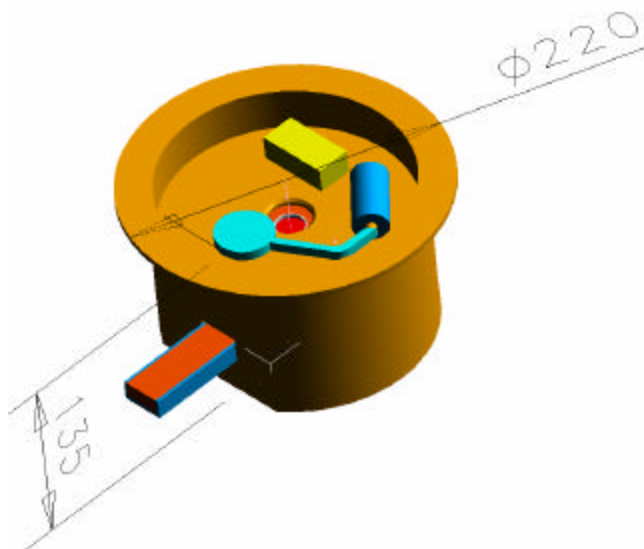


Fig. 5.3.2.9 - Disegno concettuale della Camera

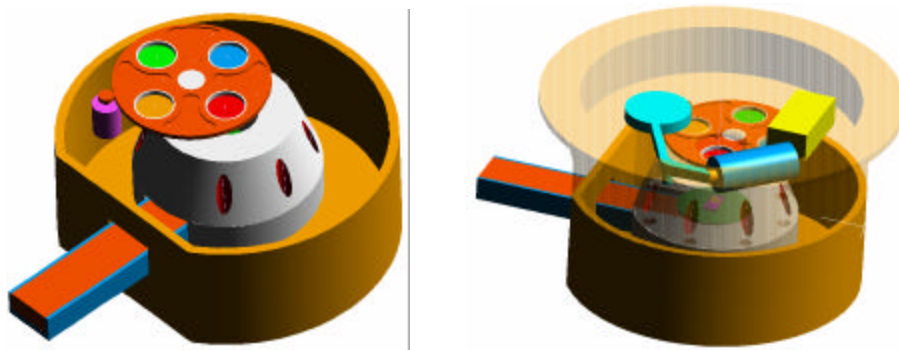


Fig. 5.3.2.10 - Principali elementi della Camera di XIAO: Ruota porta filtri, schermo per protoni (grigio), otturatore (azzurro). Si veda [DR 03] per una descrizione più dettagliata

Detector Processing Unit

La DPU sarà costituita da una scatola contenente le schede elettroniche per la gestione della Camera. In particolare questa scatola dovrà contenere l'elettronica necessaria:

- al condizionamento analogico dei segnali ricevuti dal CCD e la loro conversione in digitale
- all'elaborazione digitale (pre-processing) dei dati del CCD



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations

PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

- alla generazione dei bias e dei segnali di clock per il controllo del CCD
- alla gestione degli attuatori presenti nella camera (motori e riscaldatori per la stabilizzazione termica)
- all'interfaccia con la ICU.

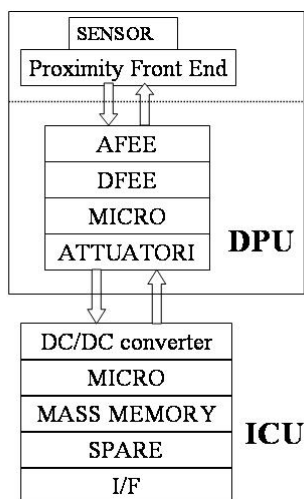


Fig.5.3.2.11 – Schema dell'elettronica

Il pre-processing consiste nel riconoscimento dei patterns corrispondenti agli eventi X validi, nel calcolo delle coordinate e dell'energia, che sono le uniche informazioni effettivamente rilevanti contenute nei frames in condizioni operative standard (un discorso a parte sarà fatto per le modalità di calibrazione o altre modalità speciali eventualmente implementate). Questo passaggio riduce enormemente il data rate (~3 ordini di grandezza, che nel caso del CCD in esame può arrivare a 20 MBs); la collocazione più conveniente è quindi nella DPU, in modo da evitare link dati ad alto throughput.

L'analisi per la localizzazione del GRB sarà invece implementata nella ICU. Per sorgenti particolarmente brillanti, verrà implementata una modalità non a conteggio di fotoni (quindi senza informazioni spettrali), in cui il GRB viene localizzato direttamente sull'immagine come viene fornita dal CCD, senza riconoscimento degli eventi singoli. Altre modalità operative (windowing e timing) saranno studiate durante la fase A.

Elettronica di Controllo (ICU)

L'Instrument Control Unit (ICU) contiene una serie di schede preposte al controllo e alla gestione di XIAO e all'interfaccia con la piattaforma (Fig. 5.3.2.11). Tra gli scopi principali della ICU vi è il trattamento dei dati scientifici provenienti dalla DPU, quali l'accumulo dei dati (singoli fotoni) e l'individuazione/localizzazione dei GRB (calcolo del centroide), effettuato in combinazione da una scheda dotata di microprocessore e da una memoria di massa a stato solido. Oltre all'elaborazione dei dati scientifici, l'ICU provvederà alla gestione delle modalità di funzionamento del sensore CCD (a conteggio di fotoni, a window, etc) e svolgerà inoltre altre funzioni, quali l'interfaccia di trasmissione verso la piattaforma.

All'interno della ICU ci sarà inoltre una scheda di conversione DC/DC, mediante la quale sarà possibile distribuire e gestire la potenza elettrica per i vari sottosistemi di XIAO, che comprenderanno tra l'altro:

- le alimentazioni per i clock del CCD;
- l'alimentazione di bassa tensione per le schede di FEE;
- le schede di pilotaggio degli attuatori (ruota portafiltri, valvola per il vuoto, coperchio a tenuta di gas);
- i riscaldatori (per il cold finger del CCD e per le ottiche);
- i sensori di pressione e temperatura.

Attività di test, AIV e calibrazione

Ciascuna delle unità sopra descritte dovrà essere sottoposta ad una serie di test, per verificarne l'affidabilità dal punto di vista elettromagnetico, termico e meccanico (prove di shock, vibrazione, acustiche). Nelle attività di AIV l'intero sistema verrà gestito tramite l'invio di telecomandi e la ricezione di pacchetti di telemetria, in modo del tutto analogo a quanto effettuato durante le operazioni in volo; a questo scopo, occorrerà prevedere l'utilizzo di un sistema di interfaccia tra lo strumento e l'operatore, detto Ground Support Equipment (GSE). In tal modo si potranno testare concretamente le diverse configurazioni e modi operativi previsti in fase di progetto, il database di TC/TM e le sequenze di comando. Ciò permetterà di mettere a punto tali componenti dello strumento prima del lancio e sarà particolarmente utile anche in funzione della preparazione del manuale e delle procedure di volo.



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

L'attività di AIV del telescopio sarà seguita da quella di calibrazione a terra. Anzitutto dovranno essere calibrati gli specchi, al fine di determinare l'efficienza di focalizzazione dei fotoni e la precisione nella ricostruzione della direzione di provenienza. A questo scopo occorre utilizzare un fascio piano parallelo di fotoni ed è necessario poter inclinare gli specchi rispetto alla direzione del fascio. In questo senso, l'impianto più adatto è la "Panter Facility" del Max-Planck Institut di Monaco (D). Per quanto riguarda il rivelatore, occorrerà misurare (in funzione dell'energia dei fotoni incidenti) l'efficienza quantica di rivelazione, la risoluzione energetica ed il guadagno; inoltre, sarà necessario caratterizzare la Charge Transfer Efficiency ed il rumore di lettura generato in assenza di radiazione incidente. Infine, occorrerà integrare le calibrazioni precedenti con le misure "end-to-end" del complesso specchi+rivelatore, per misurare l'efficienza totale del sistema.

5.3.3 GROUND SEGMENT

I requisiti scientifici di una missione come SVOM dedicata alla localizzazione rapida dei GRB richiedono un segmento di terra in grado di ricevere le informazioni e ridistribuirle alla comunità scientifica nel minor tempo possibile. Per questo motivo sono previsti diversi tipi di link satellite-ground. I dati con le posizioni dei GRB verranno inviati mediante un trasmettitore VHF a delle stazioni di terra dislocate lungo la fascia tropicale, in maniera analoga a quanto fatto dal satellite HETE2. Questo permette di avere una copertura in tempo reale per tutte le parti dell'orbita. I dati scientifici verranno accumulati a bordo su una memoria di massa e trasmessi a terra in banda X durante i passaggi sulle stazioni di ricezione. La presenza di due o più stazioni in banda X, situate a diverse longitudini, permette di ottimizzare il ritorno scientifico, riducendo i tempi di attesa per aver accesso a tutti i dati raccolti e consentendo di trasmettere una quantità maggiore di dati. SVOM sarà anche dotato di un trasmettitore in banda S che verrà utilizzato per l'invio dei telecomandi e la ricezione dei dati di housekeeping mediante una o due stazioni di terra.

Considerando l'orbita di SVOM, la stazione di terra dell'ASI situata a Malindi è in una posizione ottimale per complementare il segmento di terra. L'utilizzo di Malindi, in aggiunta alla stazione prevista in Cina, permetterà sia di avere una maggiore operabilità del satellite, sia di ridurre i tempi di attesa per disporre della totalità dei dati scientifici raccolti. Questo è particolarmente importante per massimizzare il ritorno scientifico relativo ai GRB. Le antenne presenti a Malindi sono in grado di operare sia nella banda X, che verrebbe utilizzata per il download dei dati scientifici, che nella banda S, utilizzata per inviare i telecomandi e per la raccolta dei dati di housekeeping.

Naturalmente una partecipazione italiana a SVOM comporterà, in termini e modalità che verranno negoziate sulla base del contributo dato alla missione, un accesso ai dati scientifici ottenuti. È quindi auspicabile un coinvolgimento del Centro Dati Scientifici di ASI per quanto riguarda la riduzione ed analisi dei dati, la loro archiviazione ed il supporto alla comunità scientifica nazionale.

5.4 APPLICAZIONI

Il telescopio XIAO, e più in generale tutti gli strumenti di SVOM (compresi i GFT) verranno applicati allo studio dei GRB e di altre classi di sorgenti variabili di alta energia. Questi sono dei temi di grande interesse per la comunità scientifica nazionale ed internazionale. La comunità scientifica Italiana è molto attiva in queste tematiche, sia dal punto di vista osservativo che teorico.

5.5 RITORNI SCIENTIFICI, TECNICI ED ECONOMICI

Il contributo alla realizzazione della strumentazione di bordo e del segmento di terra di SVOM, permette un grande ritorno scientifico a fronte di un investimento finanziario moderato. Partecipando alla Collaborazione SVOM si avrà infatti accesso ai dati di tutti gli strumenti a bordo del satellite e dei Ground Follow-up Telescopes, e si parteciperà alla scelta delle sorgenti "secondarie" da osservare nel programma "non-GRB". Al momento non è previsto un programma osservazioni aperto a tutta la comunità internazionale, ma si prevede di riservare i dati al Team che ha contribuito a sviluppare la missione ed ai suoi collaboratori (eccettuato le informazioni rapide sui GRB che naturalmente saranno pubbliche).



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations

PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

Vogliamo sottolineare che la componente di collaboratori italiani a SVOM non e' limitata agli attuali proponenti di questa opportunita'. Durante la fase A, sara' compito dello Science Support Group di individuare le modalita' per massimizzare il ritorno scientifico per la comunita' italiana. Sara' ad esempio possibile creare dei gruppi di supporto per le osservazioni multifrequenza, sfruttando la grande esperienza della comunita' nazionale in questo campo e le facilities a cui ha accesso.

Dal punto di vista tecnologico/industriale, la realizzazione di XIAO e' particolarmente interessante per le sue limitazioni di peso e dimensioni. Pur essendo basato su tecnologie e strumentazione gia' consolidate per uso spaziale, XIAO sara' il primo telescopio X con CCD di dimensione ridotta. Cio' lo rende potenzialmente interessante anche per altre eventuali missioni future.

Il potenziale comunicativo e mediatico delle missioni spaziali dedicate a fenomeni estremi come i GRB e' particolarmente elevato. Le strutture proponenti sono attivamente impegnate in programmi di Public Outreach and Education e prevediamo quindi di applicare le competenze disponibili anche nel caso di SVOM. Non va infine sottovalutato l'interesse dovuto alla collaborazione con una delle grandi potenze emergenti in campo spaziale come la Cina.

6. ORGANIZZAZIONE E GESTIONE

6.1 DESCRIZIONE DELL'ORGANIZZAZIONE

6.1.1 ORGANIZZAZIONE PER LA FASE A

Si propone per la fase A della durata di 4 mesi una struttura organizzativa snella, ma nello stesso tempo con personale altamente specializzato che sappia elaborare una configurazione tecnica sufficientemente "matura" con evidenziati gli elementi "critici" (e relative soluzioni da verificare in fase B), una pianificazione dettagliata con evidenziati gli elementi chiave per lo sviluppo da procurare in fase B (LLI) ed una valutazione economica sicura e dettagliata per lo sviluppo complessivo del programma nelle fasi successive (B-C/D-E/F). Nella fase A il gruppo scientifico mantiene la completa responsabilita' dello sviluppo delle attivita' in modo da garantire per lo strumento l'obiettivo scientifico primario; le industrie sono a supporto del gruppo scientifico per garantire la fattibilita' tecnica delle scelte operate, definire un progetto di massima, e fornire una quotazione dettagliata per lo sviluppo dello strumento nelle fasi successive.

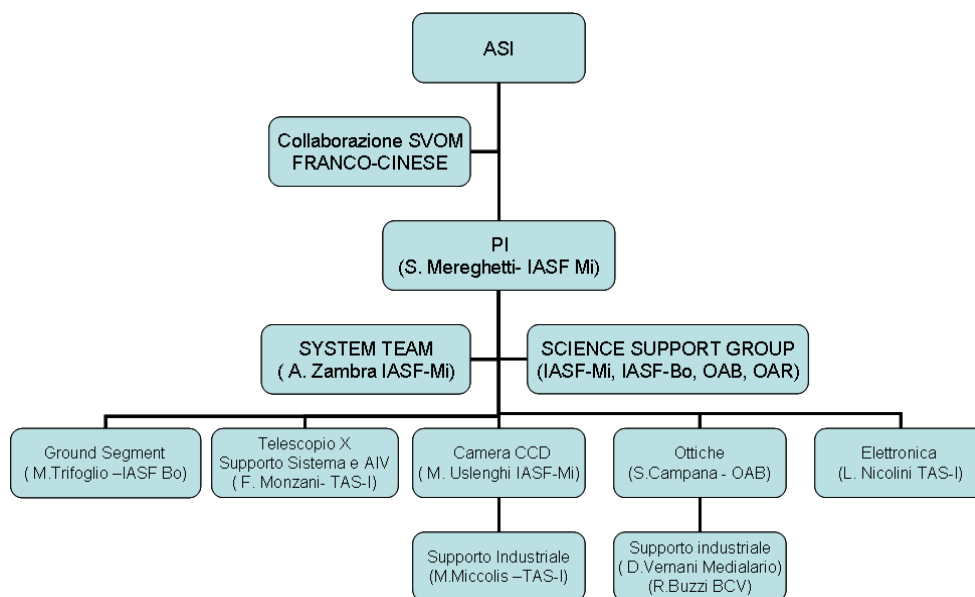


Fig. 6.1 – Organigramma di fase A



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

In fig 6.1 e' mostrato l'organigramma di fase A, con incluse le persone chiave di riferimento; questo prevede:

A) Un PI (S. Mereghetti - IASF Milano)

- Interfaccia e responsabile unico verso ASI delle attività di Fase A
- Interfaccia verso la collaborazione Franco-Cinese SVOM
- Coordina e verifica le attività delle varie componenti della partecipazione italiana
- Gestisce e coordina, col supporto dello Science Support Group, le attività scientifiche all'interno della collaborazione Italiana a SVOM

B) Uno Science Support Group (Chair L. Stella – OAR)

- interfaccia il PI per la definizione degli obiettivi scientifici del progetto
- Supporta il PI nella valutazione complessiva del progetto tecnico-scientifico del telescopio X
- Supporta il PI nell'organizzazione delle attività scientifiche

C) Un System Team (responsabile A. Zambra - Contratto con IASF Milano)

- Supporta il PI nell'organizzazione delle attività della partecipazione Italiana
- Mantiene il controllo temporale dello sviluppo globale e delle singole parti di fase A segnalando al PI eventuali scostamenti e proponendo soluzioni.
- Coordina la progettazione tecnica di sistema di fase A e la preparazione della relativa documentazione, definendo le specifiche di sistema.
- Coordina e verifica la corretta applicazione dei criteri di PA/QA previsti dal programma

D) Un Responsabile Industriale per la progettazione di sistema e dell'AIV del telescopio X (F. Monzani - TAS-I)

- a supporto del system team definisce il progetto industriale del telescopio X elaborando il progetto scientifico fornito dal system team
- conferma il soddisfacimento dei requisiti termici-meccanici di missione
- definisce in dettaglio il flusso di integrazione e test per la verifica dei requisiti tecnico-scientifici
- fornisce indicazione dell'involuppo economico per le attività delle fasi successive

E) Un Responsabile Scientifico della camera CCD (M. Uslenghi - IASF Milano)

- Definisce nel dettaglio le specifiche per la camera X e una progettazione di massima da fornire all'industria.
- Definisce la scelta del sensore ottimale ai fini scientifici
- Controlla in dettaglio la progettazione industriale della camera X e la corrispondenza con i requisiti tecnico-scientifici della missione
- Avvalla la preparazione della documentazione relativa

F) Un Responsabile Industriale per la progettazione della camera CCD (M. Miccolis - TAS-I)

- a supporto del responsabile scientifico della camera definisce il progetto industriale della camera CCD elaborando il progetto scientifico fornito, con particolare riguardo ai meccanismi.
- conferma il soddisfacimento dei requisiti termici-meccanici della camera
- definisce in dettaglio il flusso di integrazione e test per la camera per la verifica dei suoi requisiti tecnico-scientifici

G) Un Responsabile Scientifico dell'Ottica a Raggi X (S. Campana - OAB)

- Definisce nel dettaglio le specifiche per le ottiche X e fornisce all'industria una progettazione di massima.
- Controlla in dettaglio la progettazione industriale delle ottiche X e la corrispondenza con i requisiti tecnico-scientifici della missione
- Avvalla la preparazione della documentazione relativa



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

H) Un Responsabile Industriale per la progettazione delle ottiche (D. Vernani – Medialario)

- a supporto del responsabile scientifico delle ottiche definisce il progetto “ industriale ” di costruzione delle ottiche in linea con il requisito scientifico fornito.
- conferma il soddisfacimento dei requisiti termo-meccanici previsti per le ottiche.
- definisce in dettaglio il flusso di integrazione e test per le ottiche per la verifica dei suoi requisiti tecnico-scientifici

I) Un Responsabile Industriale per il sottosistema elettrico del Telescopio X (L.Nicolini - TAS-I)

- a supporto del System Team definisce il progetto “ industriale ” del sottosistema elettrico del telescopio in linea con i requisiti scientifici.
- definisce la ripartizione ottimale delle funzioni elettriche nelle varie unità del telescopio
- definisce la componentistica in funzione dei requisiti di esportabilità in Cina.
- definisce in dettaglio il flusso di integrazione e test per l’elettronica per la verifica dei suoi requisiti tecnico-scientifici

L) Un Responsabile Scientifico per il Ground Segment (M.Trifoglio - IASF Bologna)

- analizza i requisiti di Ground Segment di SVOM e prepara quelli relativi all'uso della base di Malindi
- cura gli aspetti scientifici della proposta tecnico-economica relativa all'utilizzo di Malindi
- identifica possibili contributi XIAO alla realizzazione del Ground Segment di SVOM derivanti da sinergie esistenti con le attività di sviluppo software previste per XIAO.

6.1.2 ORGANIZZAZIONE PER LE FASI B-C/D

Per le fasi successive, B-C/D, la struttura organizzativa definitiva verrà dettagliata e congelata alla fine della fase A, ma (in linea con analoghe organizzazioni che hanno sviluppato per esempio SAX, XMM, INTEGRAL, ecc.) si propone che sia orientata ad una maggiore responsabilizzazione dell'industria. Al momento della presente proposta si prevede che comunque il PI, con il supporto del System Team e dello Science Support Group, mantenga la responsabilità scientifica e la delivery ad ASI ed alla collaborazione internazionale SVOM della fornitura, ma venga demandata ad un Prime industriale la completa responsabilità della costruzione e test del telescopio XIAO, mantenendo comunque agli istituti la fornitura di alcune parti.

L'entità della fornitura scientifica per XIAO sarà definita in dettaglio alla fine della fase A in modo da ottimizzare l'organizzazione delle attività, massimizzare l'utilizzo delle competenze e in definitiva ridurre il costo complessivo della collaborazione italiana a SVOM.

6.2 WORK BREAKDOWN STRUCTURE

La WBS di fase A, in accordo all'organizzazione presentata nel paragrafo precedente ed alla descrizione tecnica della proposta è mostrata in Fig. 6.2.1. I relativi WPD's sono presentati nell'Allegato 2.



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

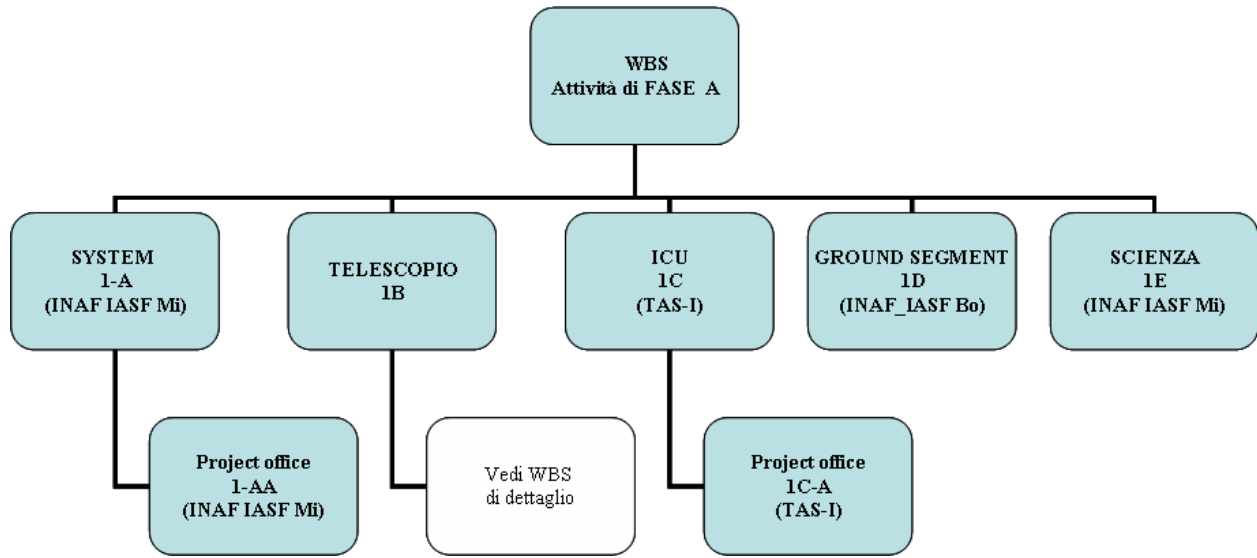


Fig 6.2.1 - WBS per la fase A dell'intero progetto

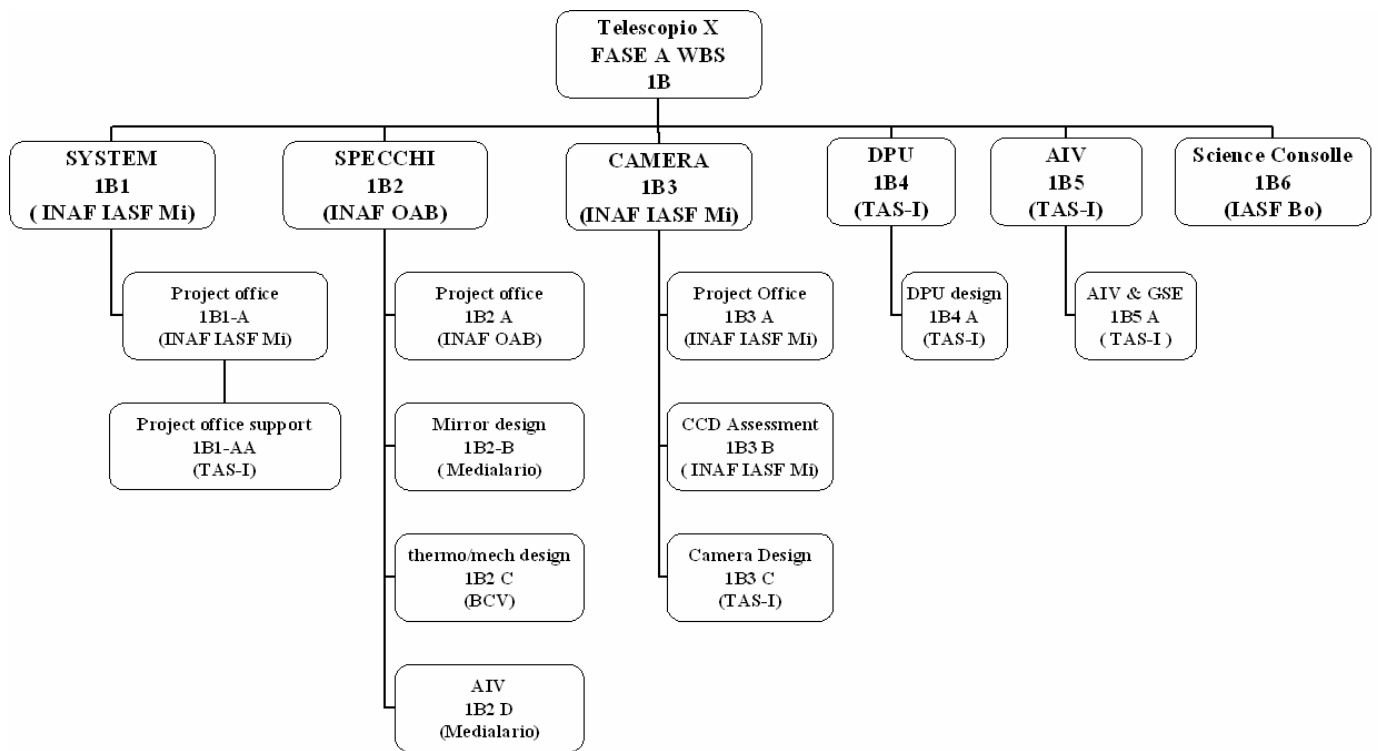


Fig 6.2.2 - WBS del telescopio XIAO per la fase A



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

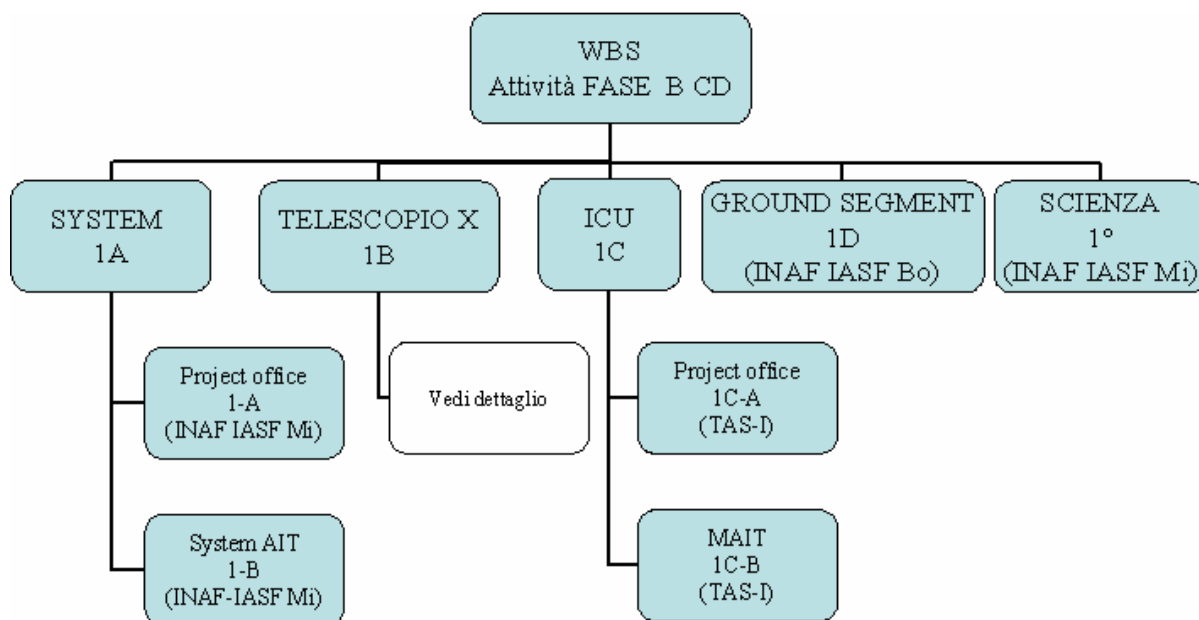


Fig 6.2.3 - WBS dell'intero progetto per le fasi B e C/D

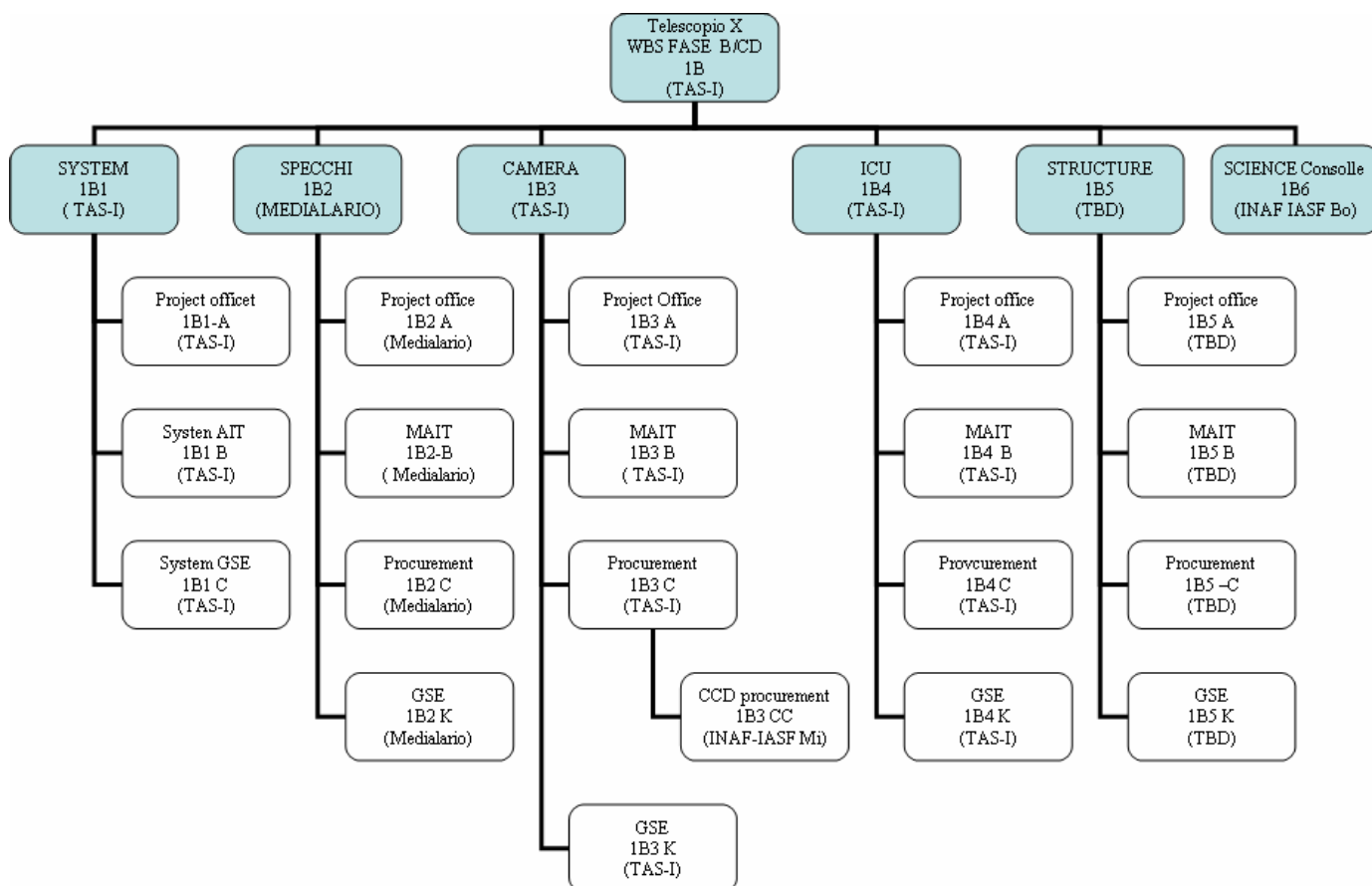


Fig 6.2.4 - WBS del telescopio XIAO per le fasi B e C/D



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations

PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

6.3 PIANIFICAZIONE

Lo sviluppo delle attività relative alla partecipazione Italiana al programma SVOM seguirà lo schema classico già ampiamente sperimentato per analoghi payloads scientifici su missioni italiane ed europee (SAX, XMM, INTEGRAL, AGILE, PLANCK ecc). La pianificazione per la fase A e' stata fatta tenendo conto della tempistica reale (calendariale, come indicato nel bando). Per le fasi successive si fa riferimento al tempo T0 come richiesto; si vuole però evidenziare come l'opportunità di missione a cui si riferisce richieda delle tempistiche agganciate alla programmazione generale della missione SVOM. In particolare si prevede :

FASE A (inizio marzo 2008; durata 4 mesi)

- verifica e valutazione preliminare attività per utilizzo base di Malindi per il programma SVOM
- definizione collaborazione scientifica in SVOM
- definizione delle I/F e dei requisiti scientifici del telescopio X
- studio di fattibilità del telescopio
- definizione delle specifiche di sistema e definizione preliminare delle specifiche di sottosistema
- non sono previsti sviluppi tecnologici, ma sarà particolarmente seguito il progetto termico di sistema

Eventi chiave:

- KO = marzo 2008
- 1° Progress meeting = maggio 2008
- 2° progress meeting = giugno 2008
- Meeting finale = inizio luglio 2008

FASE B (da T0 a T0+4 mesi)

- definizione attività e sviluppo HW/SW per utilizzo base di Malindi per il programma SVOM
- definizione dettagliata della collaborazione scientifica in SVOM
- congelamento delle I/F e delle specifiche di sistema del telescopio X
- progetto dettagliato di sistema del telescopio
- definizione dettagliata delle specifiche di sottosistema
- progetto di massima dei sottosistemi

Sono previsti i seguenti sviluppi tecnologici ;

- a) lo sviluppo della camera CCD incluso lo sviluppo di un mock-up termico.
- b) inizio della produzione di 2-3 mandrini per le ottiche

Eventi chiave :

- KO = T0
- SRR = T0+2m
- Meeting finale fase B = T0+4m

FASE C-D (da T0+4 mesi a T0+27)

- sviluppo HW/SW delle parti necessarie per utilizzo della base di Malindi
- congelamento delle regole e delle modalità della collaborazione scientifica in SVOM
- costruzione e test dei sottosistemi del telescopio X
- costruzione e test del modello STM del telescopio
- costruzione e test del modello EM della ICU
- integrazione e test del telescopio X
- calibrazione del telescopio X

Sono previste le seguenti correlazioni con il programma cino-francese SVOM

- Consegna alla collaborazione del modello STM del telescopio (Novembre 2009)
- Consegna alla collaborazione del modello EM della ICU (Febbraio 2010)
- Consegna alla collaborazione del modello PFM del telescopio (Dicembre 2010)

Eventi chiave :

- PDR = T0 + 6m
- CDR = T0 + 11m
- TRR = T0 + 18 m
- TRB= T0 + 25 m



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

- Consegna telescopio PFM = T0 + 27m

FASE E (da T0+27 a T0+39)

- verifica della operatività di Malindi per l'utilizzo di SVOM
- verifica operatività collaborazione scientifica italiana in SVOM
- supporto al Prime di SVOM nell'integrazione e test del telescopio X nell' AIV di satellite
- supporto al Prime di SVOM durante il lancio del satellite

Eventi chiave:

- TRR a livello satellite = T0 + 33 m (TBC)
- Lancio di SVOM = T0 + 39 m (TBC)

FASE F (da T0+39 a T0+63)

- utilizzo di Malindi per l' acquisizione dei dati da SVOM
- calibrazione in volo di XIAO
- collaborazione scientifica italiana con i Dati di SVOM
- supporto " industriale " al Prime di SVOM per eventuali updating del telescopio X

Eventi chiave :

- nessuno

Di seguito alleghiamo l' Overall Master Plan per il programma e la pianificazione dettagliata della fase A:

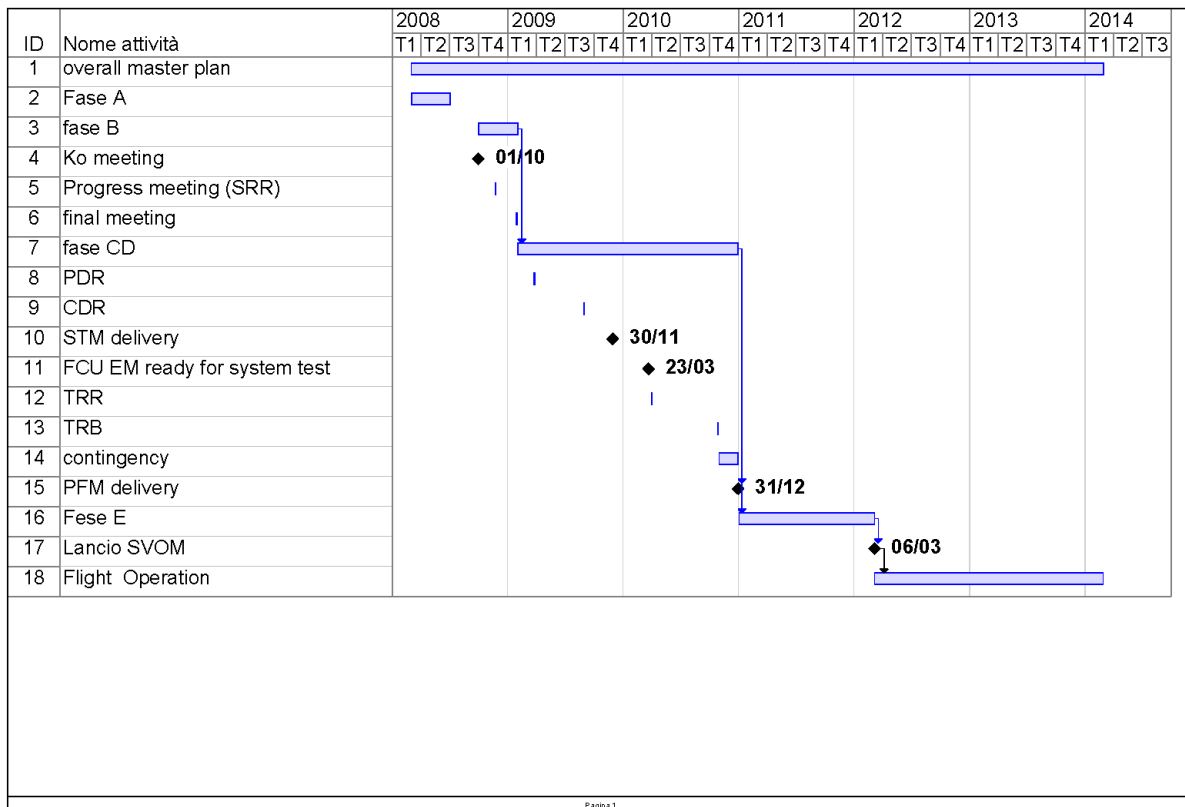


Fig. 6.3.1 - Overall master Plan



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations

PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

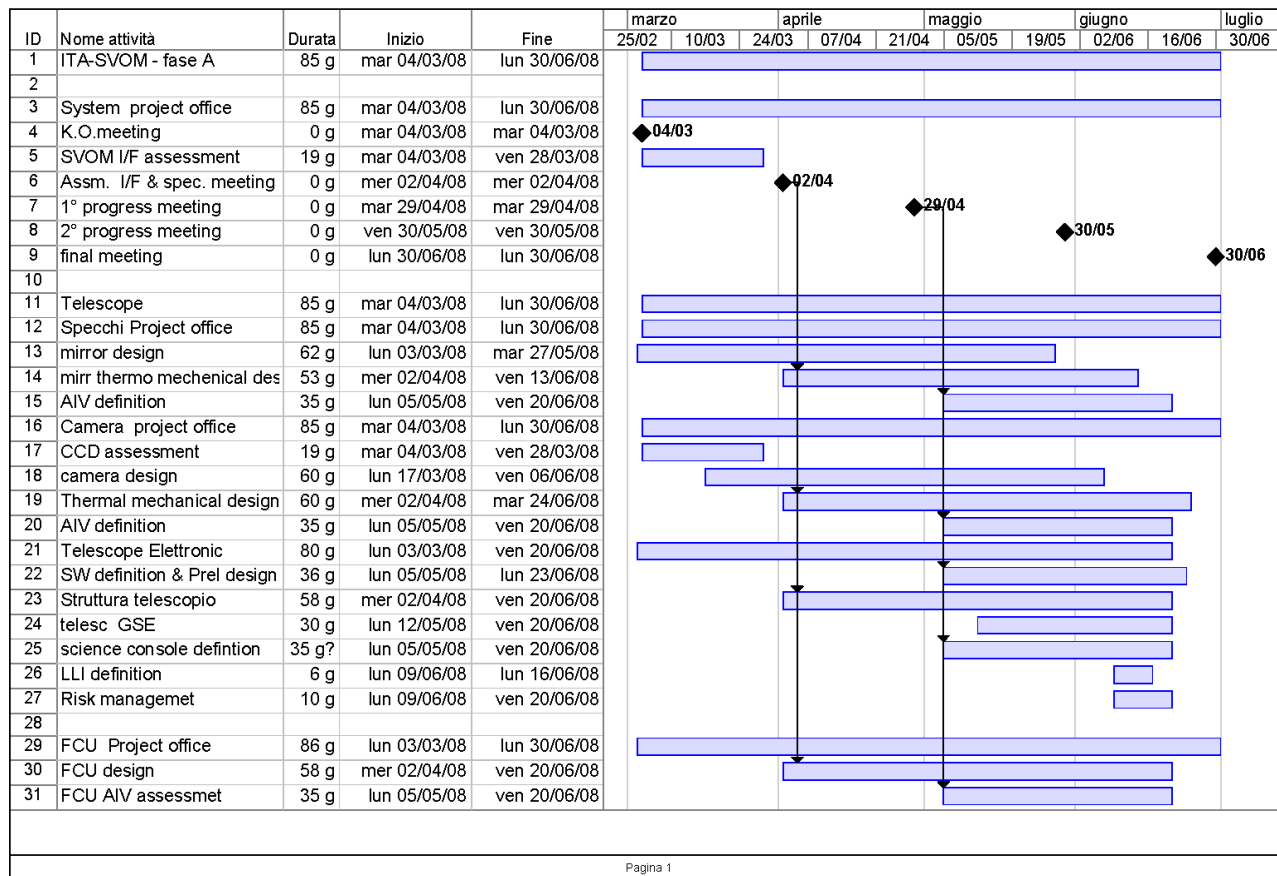


Fig. 6.3.2 - Pianificazione dettagliata della fase A

7. ANALISI DEL RISCHIO TECNICO, TECNOLOGICO E PROGRAMMATICO

La presente proposta si propone come naturale utilizzo di sviluppi tecnologici già da decenni presenti negli istituti INAF e nelle ditte proponenti. Infatti sin dall'epoca dello sviluppo di SAX (anni '90) questi istituti e queste industrie hanno lavorato insieme per lo sviluppo della tecnologia degli specchi ad incidenza radente per raggi X e nello sviluppo di rivelatori X e relativa elettronica, che sono gli elementi cardine della presente proposta. Un'ampia bibliografia al riguardo e' presentata nell'Allegato 3.

Rischio Tecnologico

Sulla base di quanto sopra possiamo decisamente affermare che per XIAO non sono previsti nuovi sviluppi tecnologici, ma solo e' richiesto un adattamento ai requisiti scientifici e tecnici della missione SVOM di prodotti sin qui già sviluppati con tecnologia matura. Riteniamo quindi che il rischio tecnologico della presente proposta sia molto basso (per non dire nullo).

Rischio Tecnico

I requisiti scientifici e tecnici evidenziati nella proposta appaiono perfettamente raggiungibili con l'attuale sviluppo tecnologico e con componentistica disponibile e collaudata prevalentemente già in volo. Le aree che riteniamo possano avere al momento un rischio tecnico "medio" e sulle quali si lavorerà particolarmente in fase A sono :



XIAO – X-ray Imager for Afterglows Observations PROPOSTA TECNICO GESTIONALE

- a) Il design termico del telescopio (ottica e camera) che dovrà garantire in tutte le condizioni di volo la prestazione scientifica richiesta; al momento è previsto un controllo termico di tipo passivo, ma nel corso della fase A sarà analizzata anche l' inclusione di un controllo attivo (con Peltier ed/o heaters).
- b) Il design della camera CCD ed i suoi meccanismi che richiedono un certo grado di miniaturizzazione per mantenersi nei pesi e nelle dimensioni previste. Un progetto molto preliminare è già pronto e i dispositivi principali già identificati, ma non è escluso che nel design di dettaglio si debba affrontare e risolvere qualche problema tecnico al momento non prevedibile.
- c) L'utilizzo di componentistica che possa essere esportata in Cina. L'attuale progetto di massima ha già verificato la disponibilità della componentistica con questi requisiti, ma l'assoluta necessità di non dover accedere a fornitori americani può essere al momento identificato come un rischio "medio" dovendo forse richiedere specifici adattamenti per l'utilizzo di componentistica non americana.

Per tutto il resto, incluso il software, possiamo considerare il presente progetto a rischio tecnico "basso".

Rischio Programmatico

La proposta per il telescopio XIAO e per l'utilizzo di Malindi si inserisce in un progetto SVOM già finanziato ed operativo in fase A. Pur avendo già avuto la nostra proposta la piena approvazione della collaborazione SVOM Franco-Cinese è tuttavia evidente come il mantenimento della tempistica del programma sia l'elemento chiave della nostra collaborazione. Il rischio programmatico va quindi analizzato in dettaglio e mantenuto sotto controllo sin dalle primissime fasi del programma. Nel corso della fase A infatti un'attenzione particolare sarà dedicata alla valutazione dell'impatto programmatico insito in ogni scelta di design, di manufacturing e soprattutto di AIV. Al momento della presente proposta l'analisi dello sviluppo del telescopio XIAO ha evidenziato sul cammino critico due elementi:

- a) la costruzione delle ottiche (3 QM + 11 PFM) che richiede tempi molto lunghi nella produzione dei mandrini superlevigati; la disponibilità attuale delle macchine nell'industria di riferimento richiede una lavorazione praticamente in serie per ogni mandrino con tempi di circa 1 mese cadauno. Si è quindi previsto che in fase A si identifichino tutti i requisiti e si forniscano le specifiche in modo che sin dall'inizio della fase B si possa partire con la produzione delle 3 ottiche previste per il QM (che saranno poi replicate anche per il PFM). In questo modo la tempistica per la consegna delle ottiche può rientrare in un normale rischio "medio", che potrà anche ridursi ulteriormente se Medialario si potrà dotare di una nuova macchina che riduce sensibilmente il tempo di superlevigazione del mandrino; attualmente la disponibilità di questa macchina non è definita, ma si spera che alla fine della fase A si possa disporre di questa facility nel flusso produttivo delle ottiche
- b) Test delle ottiche e calibrazione dello strumento che devono essere fatti con sorgenti X a fascio esteso e parallelo in diversi momenti dello sviluppo e test dello strumento. La facility ottimale per questi test è la PANTER in Germania, già ampiamente usata per quasi tutti gli strumenti X nei programmi spaziali europei e nazionali. Proprio per queste sue caratteristiche eccellenti, la facility è molto usata e quindi non sempre disponibile alle date ottimali. Il suo utilizzo rimane quindi al momento un rischio programmatico "medio". Durante la fase A saranno valutati con il responsabile della facility i periodi di disponibilità, quindi si definirà un flusso di AIV e di calibrazione che minimizzi le necessità di utilizzo e programmi i test nei periodi di disponibilità; verranno anche studiate soluzioni di backup nel caso la facility non fosse disponibile nel periodo richiesto.

8. LISTA DEGLI ALLEGATI

Allegato 1 - *Curriculum Vitae delle persone chiave*

Allegato 2 - *WPD's per la fase A*

Allegato 3 - *Heritage industriale e scientifica*

Allegato 4 - *Lettera di invito del responsabile francese della missione SVOM [DR 01]*

Allegato 5 - *The ECLAIRS micro-satellite mission for gamma-ray burst multi-wavelength observations – Schanne et al. 2006, NIMS Section A, Volume 567, Issue 1, p. 327-332 [DR 02]*

Allegato 6 - *Contributo TAS-I per Telescopio X e ICU per il satellite SVOM – doc. TL23833 [DR 03]*