

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 1 of 27
---	---	--

Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta
in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo
studio di Fase A per la Particle Processing Unit
a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma
Observatory e M-MATISSE

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 2 of 27
---	---	--

1. Introduzione

Lo scopo di questo documento è di fornire tutte le informazioni necessarie per la formulazione di un’offerta relativa alla realizzazione di uno studio di fattibilità della Particle Processing Unit (PPU) a bordo della missione Plasma Observatory (PMO) e della Data Processing Unit (DPU) a bordo della missione M-MATISSE (MMT), da svolgersi nell’ambito del programma ESA delle attività di *assessment* delle missioni in fase A. Nei paragrafi successivi si descrivono nel dettaglio le funzionalità della PPU e della DPU e la fornitura richiesta.

2. Contesto di riferimento

Nell’ambito della selezione per la prossima missione di classe media (M7) dell’Agenzia Spaziale Europea (ESA), due delle tre finaliste sono Plasma Observatory e M-MATISSE, selezionate per gli studi di fase A. La selezione finale della missione M7 è prevista per giugno 2026.

PMO, a leadership italiana, ha come obiettivo scientifico lo studio dei processi fisici responsabili dell’energizzazione e del trasporto di energia, attraverso osservazioni multi scala, nel complesso sistema di plasmi turbolenti che costituiscono la magnetosfera terrestre. Questi fenomeni sono di fondamentale importanza per la comprensione dello Space Weather. Le due domande principali alle quali PMO cercherà di dare una risposta sono: *Come vengono energizzate le particelle nei plasmi spaziali vicini alla Terra? Quali processi dominano il trasporto di energia e guidano l’accoppiamento tra diverse regioni del sistema magnetosferico?*

Plasma Observatory permetterà per la prima volta di studiare l’accoppiamento tra scale fluide e cinetiche utilizzando una costellazione di 7 satelliti, una madre e 6 figlie, in formazione multi tetraedrica. Gli obiettivi scientifici di PMO hanno un forte impatto anche sulla comprensione dell’ambiente solare, di quello planetario e dei plasmi astrofisici, nonché sulla fisica dello Space Weather. Il payload del satellite madre comprende i seguenti strumenti di particelle: l’Electron Plasma Chamber (EPC-M), l’Ion Mass Spectrometer (IMS-M) e l’Energetic Particle Experiment (EPE-M) gestiti da una Particle Processing Unit (PPU-M) comune. Il contributo italiano comprende, oltre alla leadership della missione, anche la leadership di IMS-M e della PPU-M, nonché la responsabilità della definizione dei requisiti di missione e degli strumenti.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 3 of 27
---	---	--

M-MATISSE (Mars - Magnetosphere ATmosphere Ionosphere and Space-weather SciencE), a leadership inglese, consiste di due satelliti dedicati allo studio del sistema marziano, con particolare riferimento all'accoppiamento Magnetosfera-Ionosfera-Termosfera (MIT) e dei processi fisici che guidano questo accoppiamento. Questa missione fornirà la prima caratterizzazione globale della dinamica del sistema marziano, e questo aiuterà a capire come l'atmosfera dissipa l'energia in ingresso fornita dal vento solare, e allo stesso tempo come differenti processi alla superficie siano influenzati dallo Space Weather. Entrambi i satelliti di MMT sono equipaggiati con gli stessi 6 strumenti scientifici per misure sia in situ che da remoto. INAF è coinvolto nel Mars Ensemble of Particle Instruments (M-EPI) che è una suite di 3 sensori di particelle: il Mars-Electron Analyser System (M-EAS), il Mars-Ion and Neutral Energy Analyser (M-INEA), e il Solar Particle at Mars (SP@M), combinati in una unità singola con una Data Processing Unit (M-EPI DPU) comune che è l'unica interfaccia con lo spacecraft, e che fornirà la potenza, passerà i vari comandi, gestirà l'alimentazione, la telemetria verso il satellite e il flusso dei dati. In particolare, il contributo italiano al payload di MMT comprende la leadership della DPU e il supporto scientifico al sensore M-INEA.

La PPU e la DPU si basano sostanzialmente sulle tecnologie e sulle soluzioni di architettura suggerite per la DPU del Solar Wind Analyzer a bordo di Solar Orbiter, lanciato nel 2020. Inoltre la PPU si avvale anche del forte heritage degli studi di fase A della missione THOR. Ovviamente, nonostante il TRL della PPU e della DPU siano molto alti, entrambi gli strumenti verranno personalizzati per le esigenze delle rispettive missioni.

L'INAF-IAPS, nel caso di selezione di una delle due missioni, avrà la responsabilità della fornitura della PPU o della DPU sotto la guida della dott.ssa Raffaella D'Amicis.

Le attività relative allo studio di Fase A sia per la PPU che per la DPU sono finanziate dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI).

3.0 La Particle Processing Unit- PPU a bordo di PMO

La PPU-M sarà l'unica interfaccia dell'Electron Plasma Chamber (EPC-M), dell'Ion Mass Spectrometer (IMS-M), dell'Energetic Particle Experiment (EPE-M) e il satellite. Essa dovrà fornire le capacità computazionali necessarie per l'esecuzione, l'elaborazione a bordo e la

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 4 of 27
---	---	--

trasmissione a Terra del complesso insieme di misure prodotte dagli strumenti di particelle. Inoltre, la PPU dovrà fornire la potenza primaria proveniente dal satellite ad ogni strumento di particelle. Data l'importanza rivestita dalla PPU nell'ambito della riuscita della missione, la stessa viene considerata come uno degli strumenti del *payload* della missione.

3.1. Strumenti di particelle

In questo paragrafo sono sinteticamente descritti gli strumenti di particelle gestiti dalla PPU e la tipologia delle loro misure.

Electron Plasma Chamber - EPC-M

EPC-M comprende **2 analizzatori elettrostatici basati sul concetto ‘donut’** che forniscono un FoV 3D istantaneo senza la necessità di utilizzare deflettori elettrostatici, montati nelle parti opposte dello s/c. EPC-M fornirà misure di distribuzioni di velocità (VDF) 3D degli elettroni con una risoluzione temporale di 125 ms in un range di energia tra 10 eV e 15 keV con una risoluzione in energia del 14%. Ogni *donut* consiste di una parte di ottica elettrostatica formata da 9 elettrodi toroidali concentrici che definiscono gli 8 canali in ingresso che coprono 90° in angolo polare con una risoluzione di 11.25°. All'interno di ogni settore angolare, dei separatori parziali delimitano 32 canali in ingresso che coprono 360° in azimuth con 11.25° di risoluzione angolare.

Ion Mass Spectrometer - IMS-M

IMS-M è dedicato alla misura delle VDF degli ioni, di una certa massa per carica, con energia nell'intervallo da 10 eV a 30 keV/q e con massa da 1 a 32 amu. IMS-M comprende **4 analizzatori elettrostatici di tipo top hat** [2], provvisti di deflettori elettrostatici e completati da **analizzatori di tempo di volo** per la determinazione del rapporto massa su carica delle particelle. IMS-M riesce ad identificare le principali specie ioniche degli ambienti esplorati dalla missione: H⁺, He⁺⁺, He⁺, O⁺. Il campo di vista di ogni analizzatore è di 45°x180° cosicché la combinazione delle misure dei 4 analizzatori fornisce un campo di vista completo di 4 π steradiani in un intervallo di tempo pari al tempo impiegato per osservare i singoli intervalli di 45° in elevazione. Si prevede di misurare i conteggi relativi alle 4 specie ioniche H⁺, He⁺⁺,

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 5 of 27
---	---	--

He⁺, O⁺ con una risoluzione in energia del 10% e una risoluzione angolare di 11.25° sia nella direzione polare che azimuthale. Le VDF delle specie principali verranno misurate con le seguenti risoluzioni temporali: H⁺ ~ 150 ms, He⁺⁺ ~ 300 ms e O⁺ ~ 1500 ms.

Energetic Particle Experiment - EPE-M

EPE-M è uno strumento che misura le funzioni di distribuzione 3D delle particelle energetiche, con energie nell’intervallo 20-600 keV per gli elettroni energetici e nell’intervallo di 20-8000 keV/n per gli ioni, con una risoluzione temporale di 15s. Questo esperimento è composto da **2 sensori**, posti a 90° uno rispetto all’altro, che misurano le particelle in quattro coni di vista tramite due telescopi (a doppia focale) costituiti da una pila di tre rivelatori allo stato solido [3]. EPE fornirà la funzione di distribuzione completa degli ioni pesanti e dei protoni osservando, durante uno spin del satellite, rispettivamente in 8 e 16 settori angolari. Anche il numero di canali di energia varierà a seconda delle specie e del modo di operazione da 5 a 44. Sfruttando lo spin del satellite, le osservazioni di EPE coprono tutto il cielo con un totale di otto coni di vista per gli elettroni e otto coni di vista per gli ioni. Inoltre EPE riesce anche a separare gli ioni più pesanti dell’idrogeno dai protoni e il gruppo CNO dall’He per energie > 300-400 keV/n.

La **Tabella 1** mostra sinteticamente alcune informazioni disponibili al momento per gli strumenti di particelle relativi alla potenza richiesta.

Tabella 1. Tabella sintetica di informazione su EPC, IMS, e EPE (valori nominali dal PDD).				
	Power	Power Quality	Mass	Volume
EPC	Each Unit = 8.22 W, Total = 16.44 W for the 2 units together	28V spacecraft primary power is required.	5.04 kg (each unit)	(31 diam x 16) cm ³ (each unit)
IMS	Total = 40.8 W	28V spacecraft primary power is required.	33.6 kg (all units)	47 cm x 25 cm x 27 cm ³ (per sensor)
EPE	Each Unit = 5.75 W Total = 11.5 W	28V spacecraft primary power is required.	5.52 kg (both units)	22 x 22 x 22 cm ³ (each unit)

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 6 of 27
---	---	--

3.2. Strategia della misura degli strumenti di particelle e *datarates*

Sebbene la strategia di misura degli strumenti non sia ancora definita nel dettaglio, si prevede che tutti gli strumenti forniranno misure a bassa risoluzione in maniera continua durante tutta l’orbita (*survey mode*) e misure ad alta risoluzione (in tempo, energia ed angoli) in regioni identificate come di alto interesse scientifico durante l’orbita (*burst mode*).

Non tutti i dati *burst* potranno essere scaricati a Terra. Durante il *survey mode*, dunque, verranno calcolati a bordo dei dati ausiliari, che saranno utilizzati per la selezione a terra degli intervalli di dati *burst* più significativi dal punto di vista scientifico che verranno scaricati a terra durante l’orbita successiva a quella della selezione (*selective downlink*).

Durante il *survey mode* verranno, inoltre, calcolati i momenti delle funzioni di distribuzione [4]. La risoluzione temporale con la quale dovrà essere eseguito a bordo il calcolo dei momenti è da definire in questa fase di studio (vedi paragrafo 3.4).

Per quanto riguarda il flusso dei dati previsto, nella colonna “Data volume per package” della **Tabella 2** sono riportati i flussi di dati relativi ad un modo *burst* ritenuto, allo stato attuale, fra i più gravosi dal punto di vista della richiesta di potenza computazionale della PPU.

Nella colonna “Commanding/Modes of operations” della **Tabella 2** sono altresì riportate le informazioni disponibili allo stato attuale per quanto riguarda i comandi e i modi di operazione degli strumenti. Tali comandi e i modi di operazione verranno identificati e definiti durante la fase di studio.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 7 of 27
---	---	--

Tabella 2		
	Commanding/Modes of operation	Data volume per package
EPC-M	A significant number of operational science modes will be necessary depending on scientific priority for the mission. A number of engineering and calibration modes are also required (details TBC)	Depends sensitively on the scientific priority mode. High Time/Energy and High Angular resolution mode can require a total of : ~ 50 Mbits/s e.g :32 En x 16 El x 32 Az @ 5 ms
IMS-M	The IMS data will have different operating modes, optimized for particular regions that will be selected using time-tagged commands. Once commissioned, the sensor operates autonomously with no routine commanding except for mode changes.	Expected total rate during burst mode: ~ 3 Mbits/s e.g: 32En x 16El x 32Az @ 150 ms for H+ plus 32En x 16El x 32Az @ 300 ms for He++ plus 32En x 16El x 32Az @ 1500 ms for O+
EPE-M	Standby/safe mode: detectors off; no science data; HK data on (TBC) Science mode: nominal measurements Maintenance mode: nominal measurements, TM filled with PHA data samples	Expected total rate during burst mode: ~ 3.5 Kbits/s e.g. 3D for: e-, p+, alpha particles, $5 < Z < 10$ channel (CNO), $9 < Z < 15$ channel (Ne,Mg,Si), $14 < Z$ channel, coincidence counters and Pulse Height Analysis (PHA) words @ 15 s



Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta
in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo
studio di Fase A per la Particle Processing Unit
a bordo delle Missioni candidate ESA-M7:
Plasma Observatory e M-MATISSE”

date: 20-09-24

issue 1
page 8 of 27

3.3. Interfacce della PPU

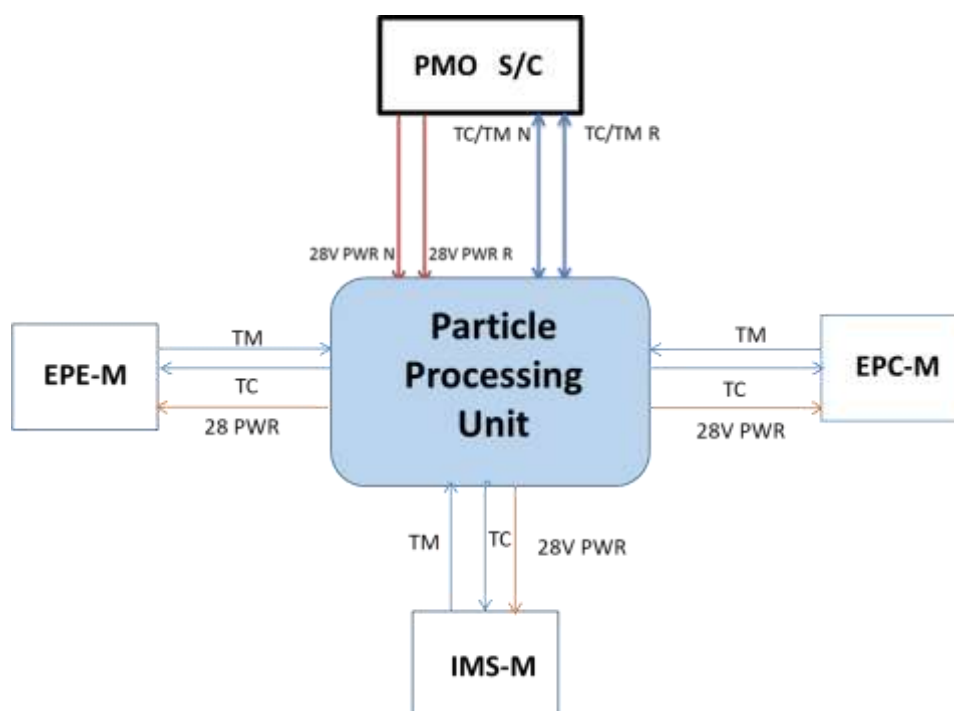


Figura 1: Diagramma a blocchi delle interfacce di comunicazione e potenza della PPU

L’interfaccia di comunicazione fra i singoli strumenti di particelle e la PPU e fra la PPU e lo S/C sarà di tipo SpaceWire (SpW) per EPC-M e IMS-M e di tipo UART per EPE-M. Il diagramma delle interfacce è mostrato nella Figura 1.

Nella configurazione attuale la PPU prevede:

- 8 interfacce SpW con i sensori degli strumenti (2 per EPC, 4 per IMS e 2 per EPE);
- 2 interfacce SpW verso lo S/C, nominale e ridondata;
- 8 interfacce di primary power +28 VDC con i sensori degli strumenti (2 per EPC, 4 per IMS e 2 per EPE);
- 2 interfacce di primary power +28 VDC verso lo S/C, nominale e ridondata.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 9 of 27
---	---	--

Si avverte che alcune caratteristiche o informazioni relative agli strumenti di particelle e, in generale, alla missione potranno subire variazioni durante lo studio di Fase A.

3.4. Compiti della PPU

La PPU avrà i seguenti compiti:

1. Comunicazione con l’On Board Data Handling System di PMO, in particolare:
 - a. Ricezione dei telecomandi inviati da terra (per sé e/o per gli strumenti di particelle) attraverso il link SpW per IMS e EPC e UART nel caso di EPE con lo S/C
 - b. Trasmissione dei pacchetti di telemetria scientifica con i dati acquisiti dagli strumenti
 - c. Trasmissione dei pacchetti di housekeeping per il monitoraggio dello stato della PPU e degli strumenti
2. Ricezione del Primary Power Supply (+28V DC) dallo S/C per la propria alimentazione e per la distribuzione agli strumenti di particelle attraverso degli switch, monitorando il consumo di corrente per ciascuno strumento. Inoltre, conversione +28V DC in un bus di bassa tensione (e.g. +5V o 3,3V a seconda del design scelto per la PPU) attraverso un modulo di conversione DC-DC.

Ciascuno strumento è individualmente responsabile della conversione a bassa tensione del bus primario di potenza a seconda delle rispettive esigenze.

3. Comunicazione con gli strumenti di particelle:
 - a. Accensione e spegnimento delle unità
 - b. Trasmissione dei telecomandi
 - c. Gestione della configurazione degli strumenti attraverso parametri e/o tabelle immagazzinate nella PPU ove richiesto.
 - d. Gestione dell’acquisizione dei dati scientifici e degli housekeeping

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 10 of 27
---	---	---

e. Ricezione e processamento dei dati scientifici e di housekeeping e trasmissione allo S/C sotto forma di pacchetti CCSDS

f. Assistenza ai modi di calibrazione a bordo e di engineering degli strumenti, ove richiesto

4. Gestione del tempo di bordo e del protocollo di sincronizzazione

5. Processamento dei dati scientifici prodotti dagli strumenti (calcolo dei momenti e compressione delle PVD):

a. Nel caso di EPC-M e IMS-M: immagazzinare le tavole delle costanti necessarie per il computo dei prodotti scientifici.

b. Nel caso di EPC-M e IMS-M: produrre le PVD a partire dai conteggi e dai parametri di calibrazione (e. g. efficienze), tenendo conto, nel caso di EPC, della correzione per l’effetto del potenziale del satellite.

c. Nel caso di EPC-M e IMS-M: comprimere le PVD tramite un algoritmo di tipo *loss-less*. Il processo di compressione dovrà essere *real time*.

d. Nel caso di EPC-M e IMS-M: calcolare i momenti delle VDF (densità, velocità, temperatura e flusso termico). La risoluzione temporale per il calcolo dei momenti a bordo è da definire nell’ambito di questa fase di studio. La risoluzione temporale auspicabile è di 125 ms per i momenti degli elettroni (EPC-M) e di 150 ms per i momenti dei protoni (IMS-M), ovvero il calcolo dei momenti dovrebbe essere *real time*.

e. Nel caso di EPE-M i sensori trasmettono alla PPU i pacchetti CCSDS di dati relativi a tutti i modi di operazione. La PPU dovrà selezionare i pacchetti relativi al modo di operazione richiesto, riformattare in CCSDS e trasmetterli al satellite.

f. Offrire una capacità di immagazzinamento dei dati prodotti dagli strumenti durante il burst mode in una memoria di massa interna alla PPU (rolling buffer), la cui capacità dovrà essere definita durante la fase di studio.

Il calcolo dei momenti e la compressione delle VDF sono processi che devono avvenire simultaneamente.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 11 of 27
---	---	---

6. Fornire agli strumenti di particelle le informazioni prodotte dagli altri strumenti a bordo di PO necessari per l’ottimizzazione della misura, e.g. le informazioni sul campo magnetico fornite dallo strumento MAG e sul potenziale elettrico del satellite rispetto al plasma ambiente fornite da EFI, attraverso l’OCB del satellite.

3.5. Compiti opzionali della PPU

Di seguito sono riportati ulteriori compiti opzionali della PPU. La fattibilità di tali compiti andrà valutata nell’ambito della Fase A.

7. La PPU fornisce allo strumento Fields and Waves Processor (FWP), presente a bordo di PO, le informazioni relative ai conteggi di particelle necessarie per l’implementazione del Wave-Particle Correlator.

4.0 La Data Processing Unit- DPU a bordo di MMT

Il Mars Ensemble of Particle Instruments (M-EPI) è una suite di 3 sensori di particelle: il Mars-Electron Analyser System (M-EAS), il Mars-Ion and Neutral Energy Analyser (M-INEA), e il Solar Particle at Mars (SP@M), combinati in una unità singola con una Data Processing Unit (M-EPI DPU) comune che è l’unica interfaccia con lo spacecraft. La DPU fornirà la potenza primaria proveniente dal satellite ad ogni strumento della suite; riceverà/trasmetterà i comandi da/verso il satellite; gestirà i differenti modi di operazione dei sensori della suite; acquisirà i dati, fornirà l’elaborazione a bordo e la trasmissione a Terra delle misure prodotte dagli strumenti della suite.

Data l’importanza rivestita dalla DPU, essa viene considerata a tutti gli effetti come uno degli strumenti del *payload* della missione.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 12 of 27
---	---	---

4.1 Strumenti della suite

In questo paragrafo sono sinteticamente descritti gli strumenti della suite e la tipologia delle loro misure.

Mars - Electron Analyser System - M-EAS

M-EAS è un **analizzatore elettrostatico di tipo Top Hat** che misura le funzioni di distribuzioni di velocità 3D degli elettroni in un intervallo di energia tra pochi eV a 5 keV coprendo un FoV di quasi 4pi. La copertura di tale FoV è realizzata usando due unità identiche poste perpendicolarmente una rispetto all'altra e un'elettronica comune. Ogni unità ha un FoV 360°x45° (360° in azimuth risolto attraverso gli anodi, 45° in elevazione attraverso la deflessione elettrostatica). La VDF verrà misurata con una risoluzione temporale di 100 s e avrà tipicamente 64 bin in energia con una risoluzione di $dE/E = 13\%$ e una risoluzione angolare di 11.25° sia nella direzione polare che azimuthale. Fornirà inoltre PAD (2D) ad una risoluzione di 0.125 s.

Mars-Ion and Neutral Energy Analyzer - M-INEA

M-INEA è uno strumento compatto con un design elettrostatico molto semplice che ha lo scopo di ricostruire la distribuzione di energia delle particelle neutre e ioniche che entrano nello strumento attraverso la sezione di ionizzazione. E' uno spettrometro di energia con capacità di analisi di massa. INEA misurerà la funzione di distribuzione di atomi neutri e ioni (densità, temperatura e velocità di deriva lungo l'asse di vista dello strumento). M-INEA è stato concepito specificamente per ricostruire la distribuzione in energia delle particelle neutre nel range a bassa energia (<10 eV) con un'alta risoluzione in energia (~0,1 eV). Ha anche una limitata capacità di risoluzione di massa sufficiente a separare i principali componenti chimici dell'atmosfera di Marte.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 13 of 27
---	---	---

Solar Particle at Mars - SP@M

SP@M misurerà lo spettro energetico e la distribuzione angolare degli elettroni energetici solari (30 keV - 1 MeV) e degli ioni (30 keV - 10 MeV) su Marte, all'interno e all'esterno della sua magnetosfera-ionosfera indotta, per determinare l'apporto energetico delle particelle energetiche solari (SEP) in funzione dell'altitudine, del riscaldamento, della ionizzazione e dello sputtering dell'atmosfera superiore di Marte. SP@M è costituito da due strumenti identici, uno per ogni orbiter. Ogni strumento utilizza **due moduli** di rilevamento, costituiti da **quattro unità** totali basate su rivelatori multistrato a stato solido (SSD, 50°x50° di campo visivo ciascuno). In ogni modulo di rivelazione due unità sono dedicate alla misura degli elettroni, mentre due unità quasi identiche sono dedicate alla misura degli ioni. I due moduli di rilevamento nel complesso consentono di coprire quattro direzioni opposte sia per gli elettroni che per gli ioni, evitando la luce solare diretta. Su ogni orbiter, un modulo di rilevamento sarà posizionato in modo da coprire la direzione canonica della spirale di Parker attorno alla quale sono centrate le distribuzioni di particelle energetiche solari, mentre l'altro modulo di rilevamento punterà in direzione perpendicolare.

La **Tabella 3** mostra sinteticamente alcune informazioni disponibili al momento per gli strumenti della suite.

Tabella 3. Tabella sintetica di informazione su M-EAS, M-INEA e SP@M.				
	Power	Power Quality	Mass	Volume
M-EAS	10.24 W	28V spacecraft primary power is required.	3.425 kg	310x120x240 mm ³
M-INEA	4.575 W	28V spacecraft primary power is required.	1.68 kg	152x200x120 mm ³
SP@M	2 x 5 W	28V spacecraft primary power is required.	2 x 3.6 kg	2 x (200 x 200 x 150) mm ³

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 14 of 27
---	---	---

4.2 Strategia della misura della suite di plasma M-EPI e *datarates*

La strategia di misura degli strumenti prevede due modi di operazione. Infatti, tutti gli strumenti forniranno misure a bassa risoluzione in maniera continua durante tutta l’orbita (*nominal mode*) e misure ad alta risoluzione (*burst mode*) in tempo, energia ed angoli in regioni di alto interesse scientifico durante l’orbita.

Mentre M-INEA e Sp@M forniscono gli stessi prodotti nei due modi di operazione ma a risoluzione diversa, M-EAS, durante il *nominal mode*, fornisce le funzioni di distribuzione 3D degli elettroni mentre in *burst mode* fornisce le Pitch Angle Distribution (2D). Durante il *nominal mode*, M-EAS fornisce inoltre, i momenti delle funzioni di distribuzione [4]. La risoluzione temporale con la quale dovrà essere eseguito a bordo il calcolo dei momenti è da consolidare in questa fase di studio (vedi paragrafo 4.4).

Per quanto riguarda il flusso dei dati previsto, nella colonna “Data volume per package” della **Tabella 4** sono riportati i flussi di dati relativi ai due modi operativi. Il burst mode, allo stato attuale, è quello più gravoso dal punto di vista della richiesta di potenza computazionale della DPU.

Nella colonna “Commanding/Modes of operations” della **Tabella 4** sono altresì riportate le informazioni disponibili allo stato attuale per quanto riguarda i comandi e i modi di operazione degli strumenti. Tali comandi e i modi di operazione verranno identificati e definiti durante la fase di studio.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 15 of 27
---	---	---

Tabella 4		
	Commanding/Modes of operation	Data volume per package
M-EAS	The instrument will operate in science nominal and burst mode.	Expected data rate during nominal mode: 1.048 kbit/s - 3D VDF 128 bit/s - moment computation during burst mode: 524 kbit/s
M-INEA	The instrument will operate in science nominal and burst mode.	Expected data rate during nominal mode: 1.28 kbit/s during burst mode: 12.8 kbit/s
SP@M	The instrument will operate in science nominal and burst mode.	Expected total rate during nominal mode: 1.4 kbit/s during burst mode: 44.8 kbit/s



Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta
in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo
studio di Fase A per la Particle Processing Unit
a bordo delle Missioni candidate ESA-M7:
Plasma Observatory e M-MATISSE”

date: 20-09-24

issue 1
page 16 of 27

4.3 Interfacce della DPU

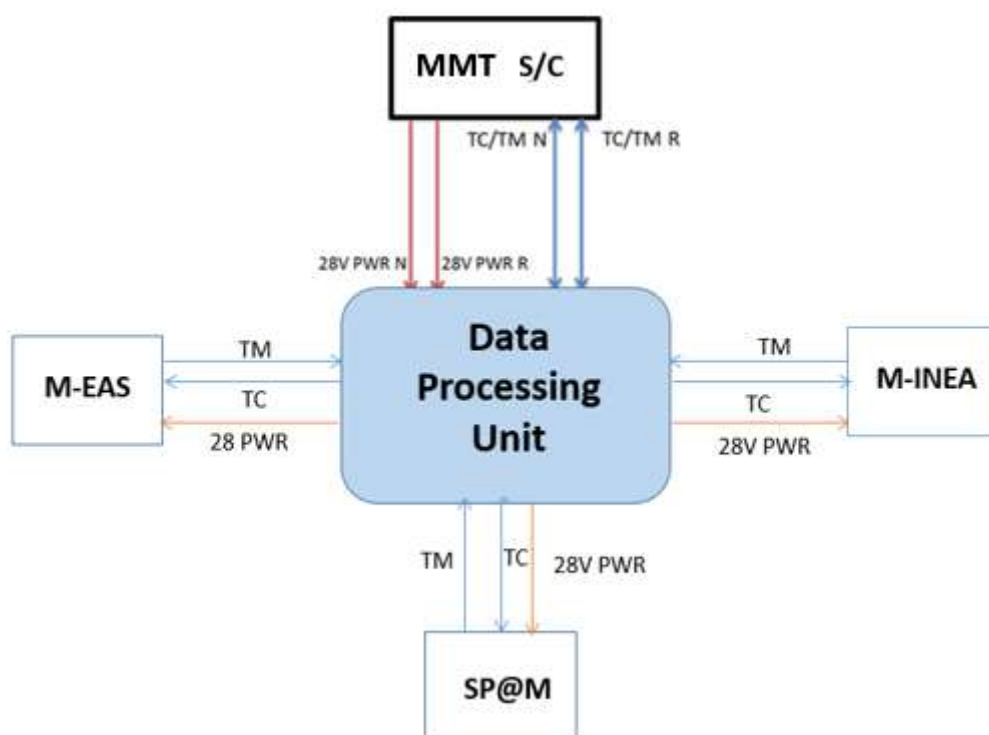


Figura 2: Diagramma a blocchi delle interfacce di comunicazione e potenza della DPU

L’interfaccia di comunicazione fra i singoli strumenti della suite e la DPU e fra la DPU e lo S/C sarà di tipo SpaceWire (SpW). Il block diagram delle interfacce è mostrato nella Figura 2.

Nella configurazione attuale la DPU prevede:

- 5 interfacce SpW con i sensori degli strumenti (2 per M-EAS, 1 per M-INEA, 2 per SP@M);
- 2 interfacce SpW verso lo S/C, nominale e ridondata;
- 5 interfacce di primary power +28 VDC con i sensori degli strumenti (2 per M-EAS, 1 per M-INEA, 42 per SP@M);
- 2 interfacce di primary power +28 VDC verso lo S/C, nominale e ridondata.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 17 of 27
---	---	---

4.4 Compiti della DPU

La DPU avrà i seguenti compiti:

1. Comunicazione con l’On Board Data Handling System di MMT, in particolare:
 - a. Ricezione dei telecomandi inviati da terra (per sé e/o per gli strumenti della suite) attraverso il link SpW con lo S/C
 - b. Trasmissione dei pacchetti di telemetria scientifica con i dati acquisiti dagli strumenti
 - c. Trasmissione dei pacchetti di housekeeping per il monitoraggio dello stato della DPU e degli strumenti
2. Ricezione del Primary Power Supply (+28VDC) dallo S/C per la propria alimentazione e per la distribuzione agli strumenti della suite attraverso degli switch, monitorando il consumo di corrente per ciascuno strumento. Inoltre, conversione +28VDC in un bus di bassa tensione (e.g. +5V o 3,3V a seconda del design scelto per la DPU) attraverso un modulo di conversione DC-DC.

Ciascuno strumento della suite è individualmente responsabile della conversione a bassa tensione del bus primario di potenza a seconda delle rispettive esigenze.

3. Comunicazione con gli strumenti della suite:
 - a. Accensione e spegnimento delle unità
 - b. Trasmissione dei telecomandi
 - c. Gestione della configurazione degli strumenti attraverso parametri e/o tabelle immagazzinate nella DPU ove richiesto.
 - d. Gestione dell’acquisizione dei dati scientifici e degli housekeeping
 - e. Ricezione e processamento dei dati scientifici e di housekeeping e trasmissione allo S/C sotto forma di pacchetti CCSDS

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 18 of 27
---	---	---

- f. Assistenza ai modi di calibrazione a bordo e di engineering degli strumenti, ove richiesto
4. Gestione del tempo di bordo e del protocollo di sincronizzazione
5. Processamento dei dati scientifici prodotti dagli strumenti (calcolo dei momenti e compressione delle PVD):
 - a. Nel caso di M-EAS: immagazzinare le tavole delle costanti necessarie per il computo dei prodotti scientifici.
 - b. Nel caso di M-EAS: produrre le PVD a partire dai conteggi e dai parametri di calibrazione (e. g. efficienze), tenendo conto della correzione per l’effetto del potenziale del satellite.
 - c. Per tutti i sensori: comprimere le VDF tramite un algoritmo di tipo *loss-less*. Il processo di compressione dovrà essere *real time*.
 - d. Nel caso di M-EAS: calcolare i momenti delle PVD (densità, velocità, temperatura e flusso di calore). La risoluzione temporale per il calcolo dei momenti a bordo è da definire nell’ambito di questa fase di studio. La risoluzione temporale auspicabile è di 4 s.
 - e. Nel caso di SP@M i sensori trasmettono alla DPU i pacchetti di dati relativi a tutti i modi di operazione. La PPU dovrà selezionare i pacchetti relativi al modo di operazione richiesto riformattarli e trasmetterli al satellite.
 - f. Offrire una capacità di immagazzinamento dei dati prodotti dagli strumenti durante il burst mode in una memoria di massa interna alla DPU (rolling buffer), la cui capacità dovrà essere definita durante la fase di studio.

Il calcolo dei momenti e la compressione delle PVD sono processi che devono avvenire simultaneamente.

6. Fornire agli strumenti di particelle le informazioni prodotte dagli altri strumenti a bordo di MMT necessari per l’ottimizzazione della misura, e.g. le informazioni sul campo magnetico fornite dallo strumento MAG attraverso il servizio 20.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 19 of 27
---	---	---

5.0 Descrizione della fornitura

L’oggetto della fornitura è lo studio della PPU di Plasma Observatory e della DPU di M-MATISSE in preparazione alla Mission Consolidation Review dell’Agenzia Spaziale Europea (vedi Capitolo7) e sarà formulato tenendo conto dei requisiti posti dal Team scientifico e descritti nel paragrafo 3.4 e 4.4 come “Compiti della PPU/DPU” e nel paragrafo 3.5 e 4.5 come “Compiti opzionali della PPU/DPU”, nel caso i suddetti compiti opzionali vengano valutati fattibili,

Più nel dettaglio la fornitura richiesta comprende:

- Supporto alla definizione delle funzioni della PPU, delle interfacce della PPU verso lo S/C di Plasma Observatory e verso gli strumenti di particelle e delle capacità computazionali richieste;
- Supporto alla definizione delle funzioni della DPU , delle interfacce della DPU verso lo S/C di M-Matisse e verso gli strumenti della suite e delle capacità computazionali richieste;
- Disegno per MCR della PPU di Plasma Observatory;
- Disegno per MCR della DPU di M-Matisse;
- Supporto al Team Scientifico per le riunioni, review e telecons che dovrà sostenere con ESA e con il consorzio di Plasma Observatory. Tale attività dovrà iniziare al Kick-off e continuare per l’intera durata del contratto;
- Supporto al Team Scientifico per le riunioni, review e telecons che dovrà sostenere con ESA e con il consorzio di M-Matisse. Tale attività dovrà iniziare al Kick-off e continuare per l’intera durata del contratto;
- Produzione e consegna delle analisi e dei modelli specificati nella **Tabella 7 [PMO]**;
- Produzione e consegna della documentazione specificata nella **Tabella 7 [PMO]**.
- Produzione e consegna delle analisi e dei modelli specificati nella **Tabella 8 [MMT]**;
- Produzione e consegna della documentazione specificata nella **Tabella 8 [MMT]**.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 20 of 27
---	---	---

La fornitura è richiesta secondo le tempistiche descritte nei capitoli 6 e 7 e comunque nel rispetto delle milestones indicate da ESA per lo svolgimento della fase A.

6.0 Descrizione e requisiti delle attività

Di seguito sono elencate nel dettaglio le attività da svolgere nell’ambito dei progetti Plasma Observatory e M-MATISSE e i relativi requisiti.

- Stato avanzamento lavori su base bi-settimanale;
- Studio della fattibilità dei compiti opzionali della PPU/DPU;
- Stima delle performance di calcolo dei momenti e della compressione dati. La PPU/DPU dovrà essere progettata con risorse computazionali HW e SW adeguate a garantire che il calcolo dei momenti e la compressione dei dati possano essere effettuati a bordo simultaneamente e in real-time. Nel caso in cui il design proposto per la PPU/DPU non consentisse il processamento dei dati in tempo reale, dovrà essere chiaramente indicata la risoluzione temporale massima stimata per il calcolo dei momenti e la compressione dei dati.
- Disegni MCR della PPU/DPU comprensivi dei report di analisi e trade-off riguardanti la valutazione di soluzioni di design alternative e la giustificazione delle scelte adottate, con particolare riguardo alle soluzioni tecniche proposte per l’implementazione del calcolo dei momenti e della compressione dei dati in tempo reale rispetto alle prestazioni di calcolo stimate per la PPU/DPU;
- Documenti di controllo delle interfacce (meccanica, termica e software);
- Piani preliminari di calibrazione dello strumento in volo e a terra
- Documenti sui budget tecnici degli strumenti (massa, potenza, volume, capacità di memoria, termico,...)
- Contributo alla stesura delle matrici di tracciabilità con i requisiti del payload e relativi giustificativi;
- Analisi strutturale, termica, elettrica e di radiazione della PPU/DPU;

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 21 of 27
---	---	---

- Valutazione del livello di maturità della tecnologia proposta (TRL) ed identificazione di eventuali tecnologie critiche per la PPU/DPU, corredata da relativo piano di attività di pre-sviluppo;
- Definizione preliminare di un piano di sviluppo, verifica e test che rispecchi la filosofia dei modelli scelta e includa le matrici di tracciabilità con i requisiti della PPU e della DPU;
- Modelli: FEM, termici, meccanici, CAD, di radiazione e performance
- Contributo al controllo della pianificazione temporale delle attività, identificazione ed analisi di attività sul cammino critico;
- Definizione di un piano di gestione delle attività industriali relative alla PPU/DPU;
- Definizione di un piano di gestione del rischio (identificazione, controllo e mitigazione dei rischi);

7.0 Pianificazione delle attività

Plasma Observatory [PMO]

La pianificazione delle attività per la PPU di PMO è definita a partire dal programma temporale indicato dall’ESA per lo svolgimento della fase di selezione della missione, le cui *milestone* principali sono riportate nella **Tabella 3**.

Tabella 3	
Milestone	Date
Mission Consolidation Review (MCR)	Mar 2025

Tabella 3: *Milestone* ESA-PMO

Le suddette *milestone* tecnico-programmatiche confluiranno negli eventi contrattuali riportati nella **Tabella 4**, assumendo come data per il Kick-Off (KO) la prima metà di Ottobre 2024.

La durata delle attività sarà di 5 mesi a partire dal KO.

Tabella 4	
Riunione	Evento
Kick-Off (KO)	T0 (Oct '24)
Technical Progress Meeting (TPM)	T0 + 1M (Nov '24)
MCR Deliverable Review (MCR/DR)	T0 + 3M (Jan '25)
Riunione Finale (RF)	T0 + 5M (Mar '25)

Tabella 4: Eventi contrattuali PMO

Le suddette date/review potranno subire variazioni in funzione delle esigenze programmatiche di ESA.

M-Matisse [MMT]

La pianificazione delle attività per la DPU di MMT è definita a partire dal programma temporale indicato dall’ESA per lo svolgimento della fase di selezione della missione, le cui *milestone* principali sono riportate nella **Tabella 5**.

Tabella 5	
Milestone	Date
Mission Consolidation Review (MCR)	Mar 2025

Tabella 5: *Milestone* ESA-MMT

Le suddette *milestone* tecnico-programmatiche confluiranno negli eventi contrattuali riportati nella **Tabella 6**, assumendo come data per il Kick-Off (KO) la prima Ottobre 2024.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 23 of 27
---	---	---

La durata delle attività sarà di 5 mesi a partire dal KO.

Tabella 6	
Riunione	Evento
Kick-Off (KO)	T0 (Oct '24)
Technical Progress Meeting (TPM)	T0 + 1M (Nov '24)
MCR Deliverable Review (MCR/DR)	T0 + 2M (Jan '25)
Riunione Finale (RF)	T0 + 5M (Mar '25)

Tabella 6: Eventi contrattuali PMO

Le suddette date/review potranno subire variazioni in funzione delle esigenze programmatiche di ESA.

8.0 Fornitura contrattuale

Plasma Observatory [PMO]

Il Contraente dovrà consegnare la documentazione riportata in dettaglio nella **Tabella 7**, che identifica la pianificazione delle consegne della suddetta documentazione.

Tabella 7			
Codice	Titolo	Evento	Note
PMO-DEL001	ICD's Mechanical / Thermal / Electrical	MCR/DR	
PMO-DEL002	Operation & Calibration Plan	MCR/DR	<i>Draft</i>
PMO-DEL003	Design Description & Justification file	MCR/DR	<i>Including tradeoff report</i>
PMO-DEL004	Instruments Budgets	MCR/DR	
PMO-DEL005	Instrument Requirements	MCR/DR	<i>Including traceability matrix and requirements justification</i>
PMO-DEL006	Analysis	MCR/DR	<i>Thermal, Structural, Radiation, Electrical</i>
PMO-DEL007	Critical technologies status and plan	MCR/DR	

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 24 of 27
---	---	---

Tabella 7			
Codice	Titolo	Evento	Note
PMO-DEL008	Design Development and verification plan	MCR/DR	
PMO-DEL009	Structural Mathematical Model (FEM)	MCR/DR	
PMO-DEL010	Thermal and Geometrical model	MCR/DR	
PMO-DEL011	CAD model	MCR/DR	
PMO-DEL012	Radiation model	MCR/DR	
PMO-DEL013	Performance model	TPM; MCR/DR	TPM: stima preliminare delle performance di calcolo e compressione
PMO-DEL014	Instrument schedule	TPM; MCR/DR	
PMO-DEL015	Management Plan	MCR/DR	
PMO-DEL016	Risk assessment and mitigation	MCR/DR	
PMO-DEL017	Studio di fattibilità dei compiti opzionali	TPM	
PMO-DEL018	Progress Report	Mensile	include come allegato il PMO- DEL014
PMO-DEL019	PPU Final Report	RF	include l'aggiornamento (ove necessario) dei documenti da PMO- DEL001 a PMO-DEL017

Tabella 7: Lista documentazione da consegnare ad INAF-IAPS per PMO.

M-Matisse [MMT]

Il Contraente dovrà consegnare la documentazione riportata in dettaglio nella **Tabella 8**, che identifica la pianificazione delle consegne della suddetta documentazione.

Tabella 8			
Codice	Titolo	Evento	Note
MMT-DEL001	ICD's Mechanical / Thermal / Electrical	MCR/DR	
MMT-DEL002	Operation & Calibration Plan	MCR/DR	Draft
MMT-DEL003	Design Description & Justification file	MCR/DR	Including tradeoff report
MMT-DEL004	Instruments Budgets	MCR/DR	
MMT-DEL005	Instrument Requirements	MCR/DR	Including traceability matrix and requirements justification
MMT-DEL006	Analysis	MCR/DR	Thermal, Structural, Radiation, Electrical

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 25 of 27
---	---	---

Tabella 8			
Codice	Titolo	Evento	Note
MMT-DEL007	Critical technologies status and plan	MCR/DR	
MMT-DEL008	Design Development and verification plan	MCR/DR	
MMT-DEL009	Structural Mathematical Model (FEM)	MCR/DR	
MMT-DEL010	Thermal and Geometrical model	MCR/DR	
MMT-DEL011	CAD model	MCR/DR	
MMT-DEL012	Radiation model	MCR/DR	
MMT-DEL013	Performance model	TPM; MCR/DR	<i>TPM: stima preliminare delle performance di calcolo e compressione</i>
MMT-DEL014	Instrument schedule	TPM; MCR/DR	
MMT-DEL015	Management Plan	MCR/DR	
MMT-DEL016	Risk assessment and mitigation	MCR/DR	
MMT-DEL017	Studio di fattibilità dei compiti opzionali	TPM	
MMT-DEL018	Progress Report	Mensile	<i>include come allegato il PMO- DEL014</i>
MMT-DEL019	PPU Final Report	RF	<i>include l'aggiornamento (ove necessario) dei documenti da PMO- DEL001 a PMO-DEL017</i>

Tabella 8: Lista documentazione da consegnare ad INAF-IAPS per MMT.

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 26 of 27
---	---	---

Abbreviazioni e Acronimi

Plasma Observatory [PMO]:

AIT Assembly Integration Testing
 AIV Assembly Integration Verification
 ASI Agenzia Spaziale Italiana
 ASIC Application-Specific Integrated Circuit
 ATG Allegato Tecnico Gestionale
 CONOPS Concept of Operations
 co-PI Co - Principal Investigator
 DSC Daughtercraft
 EP Ente Partecipante
 EPC Electron Plasma Chamber
 EPE Energetic Particle Experiment
 ESA European Space Agency
 FAC Field-Aligned Current
 FOV Field of View
 FPGA Field Programmable Gate Array
 IAPS Istituto di Planetologia e Astrofisica Spaziale
 IMS-M Ion Mass Spectrometer - Mothercraft
 INAF Istituto Nazionale di Astrofisica
 MCP Microchannel Plate
 MCR Mission Consolidation Review
 MSC Mothercraft
 MSR Mission Selection Review
 NASA National Aeronautics and Space Administration
 NPMC National Project Managers Committee
 PI Principal Investigator
 PO Plasma Observatory
 PPU-M Particle Processing Unit - Mothercraft
 RF Riunione Finale
 S/C Spacecraft
 SSE Space Science and Engineering Ltd
 SST Science Study Team

	Disciplinare Tecnico per la Richiesta di Offerta in merito alla “Definizione del disegno tecnico e supporto allo studio di Fase A per la Particle Processing Unit a bordo delle Missioni candidate ESA-M7: Plasma Observatory e M-MATISSE”	date: 20-09-24 issue 1 page 27 of 27
---	---	---

M-Matisse [MMT]:

DPU Data Processing Unit

M-EAS Mars Electron Analyzer System

M-INEA Mars Ion and Neutral Energy Analyser

SP@M Solar Particle at Mars

SSD Solid State Detector