

LA MISSIONE BEPICOLOMBO SU MERCURIO

di Marcello Coradini & Paola Antolini

Mercurio fu scoperto da astronomi Sumeri di Mesopotamia in un periodo compreso tra 4000 e 3000 anni a.c. Il suo nome deriva da quello dell'omonima *divinità romana*; il suo *simbolo astronomico* consiste di una rappresentazione stilizzata del *caduceo* del dio. Nelle culture dell'*Estremo Oriente* il pianeta è designato come l'astro dell'acqua, uno dei cinque elementi fondamentali.

Si tratta del pianeta più vicino al sole, di non semplicissima osservazione, ma comunque già noto alle popolazioni antiche, come *Egizi*, *Cinesi*, *Sumeri* (*terzo millennio a.C.*). Le difficoltà nell'individuare dipendono dalla piccola distanza dal Sole, che ne disturba sempre la visione durante il crepuscolo o poco prima dell'alba. I *Sumeri* lo chiamavano Ubu-idim-gud-ud; i *Babilonesi*, che ci hanno tramandato la prima osservazione dettagliata dei pianeti, utilizzavano i nomi gu-ad o gu-utu. I *Greci* assegnarono a Mercurio due nomi: *Apollo*, la stella del mattino, ed *Hermes*, la stella della sera. La realizzazione del fatto che si trattasse di un unico pianeta è attribuita a *Pitagora*. Sempre per via delle grandi difficoltà osservative, fino al '900 era opinione comune che in realtà esistesse un altro pianeta ancora più vicino al Sole di Mercurio, *Vulcano*, in seguito identificato con lo stesso corpo celeste.

Nella *mitologia romana* Mercurio rappresenta il dio degli scambi, del profitto e del commercio, il suo nome latino probabilmente deriva dal termine *merx* o *mercator*, che significa mercante. A *Roma*, un tempio a lui dedicato, venne eretto nel *Circo Massimo* sul colle *Aventino*, nel 495 AC.

Nella *mitologia greca* Mercurio (*Hermes*), figlio di *Giove* e della *ninfa Maia*, era il dio dei viaggi e dei viaggiatori, dei pastori, degli oratori, dei poeti, della letteratura, dell'atletica, dei pesi e delle misure, dei ladri, nonché il messaggero degli dei verso gli uomini. Tra gli altri ruoli, *Hermes* era anche il portatore dei sogni ai viventi e il conduttore delle anime dei morti negli inferi. Più recentemente, nel 1631, *Pierre Gassendi* fu il primo ad osservare un transito di Mercurio innanzi al Sole, secondo le previsioni fornite da *Giovanni Keplero*. Nel 1639 *Giovanni Battista Zupi*, utilizzando un telescopio, scoprì le fasi di Mercurio, analoghe a quelle di *Venere* e della

Luna. Questo fornì la prova definitiva che Mercurio orbita intorno al Sole.

Fu soltanto molti anni dopo che l'astronomo Italiano *Giovanni Schiaparelli* riprese le osservazioni di Mercurio giungendo alla conclusione, errata, che il pianeta avesse periodo di rivoluzione intorno al Sole, e di rotazione intorno al proprio asse, uguali. Strano destino quello dello *Schiaparelli* di essere sempre ricordato per i suoi errori! Nei primi anni '60 giunse a maturazione una rivoluzionaria tecnica astronomica, la "radar astronomia": un grande radiotelescopio, attrezzato con un potente trasmettitore, poteva essere trasformato in un radar capace di inviare un fascio di microonde verso un corpo celeste relativamente vicino per poi captarne l'eco. Il segnale riflesso avrebbe permesso di misurare più precisamente le distanze nel Sistema Solare, oltre che determinare le caratteristiche della superficie colpita. Inoltre, misurando lo spostamento Doppler del segnale riflesso, sarebbe stato possibile misurare anche la velocità di rotazione di una superficie planetaria. Grazie a tale tecnica, nel 1965 le misure radar fatte ad *Arecibo* da *R.B. Dyce* e *G.H. Pettengill* stabilirono che la rotazione era di 59 ± 5 giorni in senso diretto. Nel 1966, sull'*Astrophysical Journal*, comparve un articolo di *G. Colombo* e *I.I. Shapiro* in cui si analizzava perché il periodo di rotazione fosse di 59 giorni e si ipotizzava che il valore esatto fosse $2/3$ del periodo di rivoluzione (questa ipotesi fu poi confermata dal *Mariner 10*). Si arrivò così a determinare che il periodo preciso di rotazione di Mercurio è di 58.646 giorni terrestri, pari a $2/3$ del suo periodo orbitale: ciò significa che ogni tre rotazioni sul proprio asse il pianeta compie due orbite attorno al Sole. Quello di Mercurio stato il primo esempio di risonanza $2/3$ nel Sistema Solare

Il giorno solare di Mercurio, cioè l'intervallo di tempo fra due passaggi consecutivi del Sole sullo stesso meridiano, è pari a 176 giorni terrestri, il maggiore fra i pianeti del Sistema Solare. Si noti come il giorno solare di Mercurio sia maggiore del suo anno siderale, una particolarità unica fra i pianeti.

Semiassse maggiore dell'orbita	0.3871 UA
Eccentricità:	0.205
Inclinazione dell'orbita sull'eclittica:	7° 0' 15"
Velocità orbitale media:	47.89 km/s
Periodo di rivoluzione siderale:	87.969 giorni
Periodo sinodico:	115.9 giorni
Diametro equatoriale:	4878 km
Massa:	$3.3017 \cdot 10^{23}$ g
Densità media:	5.44 g/cm^3
Inclinazione dell'asse di rotazione:	0.1° ($\pm 10\%$)
Accelerazione di gravità:	3.6 m/s^2
Velocità di fuga:	4.25 km/s
Periodo di rotazione siderale:	58d 15h 38m
Albedo:	0.055

Principali caratteristiche di Mercurio

La scoperta della situazione dinamica di Mercurio ha aperto un lungo dibattito scientifico sull'origine di un rapporto di risonanza unico nel Sistema Solare, cui, soltanto molto recentemente, l'astronomo francese Jacques Laskar sembra avere dato una risposta definitiva. L'origine delle cosiddette risonanze *spin/orbita* è nel disequilibrio delle forze di attrazione gravitazionale (anche dette forze mareali) che un corpo primario esercita su un proprio satellite. Soltanto un corpo di forma sufficientemente sferica ed omogeneo sarà soggetto, infatti, a forze mareali perfettamente simmetriche da parte del corpo primario. In questo caso la risonanza sarà 1/1; il satellite mostra, cioè, sempre la stessa faccia al corpo primario, come nel caso della Luna, di Phobos rispetto a Marte, di Ganimede rispetto a Giove, di Desdemona rispetto ad Urano. Nel caso di un satellite ovalizzato, nel corso dell'accrescimento, da intense forze mareali le forze mareali agiranno in maniera asimmetrica in quanto la distribuzione di massa vista dal corpo primario varia nel corso della rotazione. Il risultato è un rallentamento della rotazione stessa ed un arresto in una situazione di rapporto *spin/orbita* 1/1 nel corso di qualche miliardo d'anni. Ci si ritrova pertanto, anche se con molto

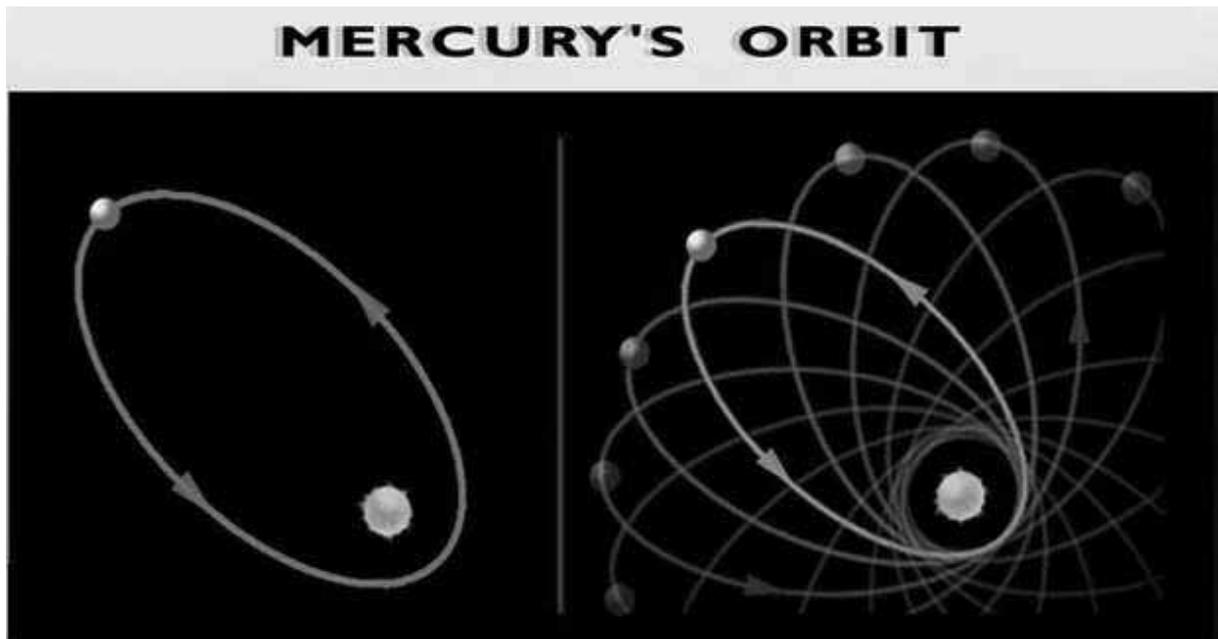
ritardo, nella situazione di un accoppiamento *spin/orbita* stabile come nel caso di un corpo di forma regolare.

Da dove proviene, quindi, la peculiare stabilità 3/2 di Mercurio? Secondo Laskar la

soluzione proviene dall'instabilità dell'eccentricità dell'orbita di Mercurio il quale, invece di ripassare sempre negli stessi punti dello spazio, spazzola una zona più ampia distribuita intorno all'orbita media. Ne consegue che nel passato l'orbita di Mercurio ha avuto eccentricità molto superiori al valore attuale e che, quindi, l'orbita attuale rappresenta il risultato del decadimento verso un rapporto *spin/orbita* stabile di orbite caotiche.

Un altro fenomeno particolare relativo alla dinamica di Mercurio è la cosiddetta precessione del perielio, che fa sì che il perielio della sua orbita ruoti progressivamente attorno al Sole nella stessa direzione del pianeta. La scoperta si deve all'astronomo francese Urbani-Jean-Joseph Le Verrier. Questi osservò che il punto di massimo avvicinamento di Mercurio al Sole (perielio) ruotava intorno al Sole più velocemente di quanto previsto dalla teoria di Newton.

L'entità dello spostamento supera di 43 secondi d'arco per secolo quella teorizzata dalla meccanica newtoniana e può essere giustificata



Precessione dell'orbita di Mercurio

con discreta approssimazione applicando relativistiche, ma è ancora oggetto di indagine. Un satellite orbitante attorno a Mercurio offre un'opportunità unica per operare un test delle relatività generale, ed infatti la missione ESA BepiColombo avrà fra i suoi obiettivi scientifici anche un accurato test della relatività generale.

Appurata l'evoluzione dinamica di Mercurio non ci rimane che addentrarci nell'affascinante geologia e geofisica di questo pianeta ancora oggi largamente sconosciuto.

Mercurio è il primo pianeta del sistema solare in ordine di distanza dal Sole. Si tratta di un pianeta terrestre di dimensioni modeste, con un diametro inferiore alla metà di quello terrestre; appare pesantemente craterizzato, anche a causa della mancanza di un'atmosfera apprezzabile che possa attutire gli impatti meteorici, e per questo il suo aspetto ricorda da vicino quello della Luna. Mercurio è dunque il più piccolo dei pianeti rocciosi del sistema solare interno. Analogamente alla Luna, per via della sua bassa attrazione gravitazionale Mercurio è sprovvisto di atmosfera, fatta eccezione per esili tracce di gas probabilmente frutto dell'interazione del vento solare con la superficie del pianeta. Il risultato di questa interazione crea un'atmosfera transiente, dominata dalla presenza di potassio, di sodio, idrogeno, elio, calcio ed ossigeno.

La densità di Mercurio è difforme da quella degli altri pianeti terrestri, infatti quando que-

st'ultima viene corretta per la compressione relativa alla sua dimensione il pianeta presenta la più alta densità in assoluto del Sistema Solare. In altre parole, visto che la gravità dipende dalla massa corpi di massa maggiore hanno gradita maggiore. Ma quest'ultima comprime la materia all'interno del pianeta cosicché corpi di stessa composizione ma differente massa presentano differenti densità. Questo è un concetto fondamentale nella deduzione delle composizioni chimiche degli interni planetari avendo a disposizione soltanto la densità.

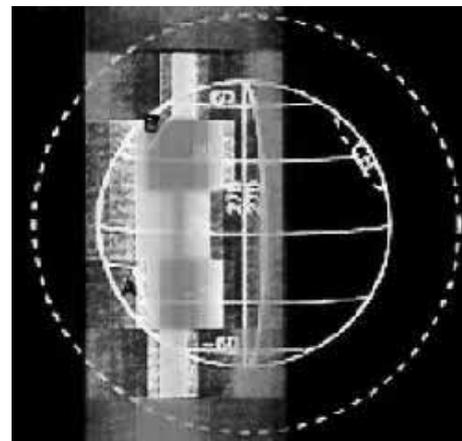
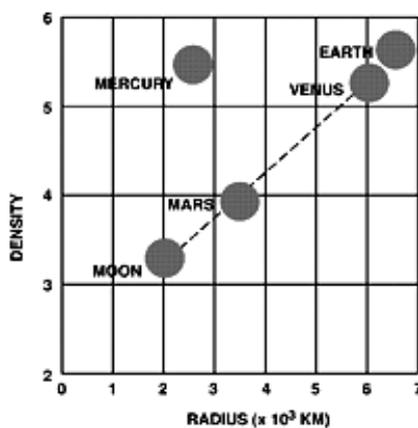


Immagine spettroscopica del disco di mercurio in cui i differenti colori rappresentano le diverse componenti atmosferiche

La densità incompressa di Mercurio ($5.3\text{g}/\text{cm}^{-3}$), liberata cioè dall'effetto della compressione per gradita, è pertanto maggiore di qualsiasi altro corpo planetario del nostro Sistema Solare. I motivi per tale anomalia sono molteplici, anche se in prima approssimazione è intuitivo considerare che gli elementi più pesanti siano rimasti più vicini al Sole nel corso di processi centrifughi di differenziazione dei materiali. Si può aggiungere che il calore del Sole possa aver vaporizzato gran parte della crosta di Mercurio, come pure possono aver contribuito impatti giganteschi nel corso della storia primordiale del pianeta.

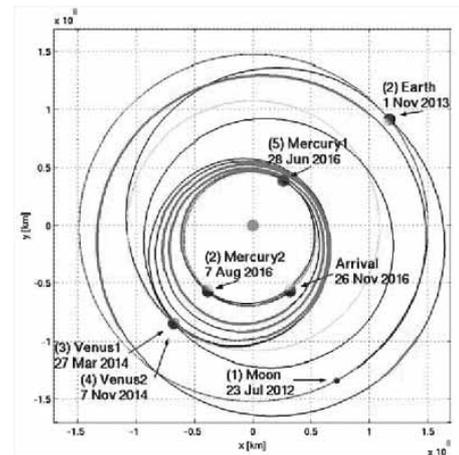


Mercurio si differenzia dagli altri corpi di tipo terrestre per la sua densità "anomala"

Nel 1962 si scoprì che le posizioni relative di Terra, Venere e Mercurio sarebbero state tali nel 1970 e nel 1973 da consentire ad una sonda lanciata verso Venere di sfruttare il campo gravitazionale di quest'ultimo per raggiungere il pianeta più vicino al Sole. Nel 1969 gli Stati Uniti decisero così di approfittare della favorevole configurazione planetaria del 1973 per tentare la prima ricognizione ravvicinata del più elusivo tra i pianeti.

Nel corso di una conferenza sulla missione organizzata al Jet Propulsion Laboratory (JPL) di Pasadena, in California, Giuseppe Colombo, il geniale meccanico celeste dell'Università di Padova, fece notare che, dopo il sorvolo di Mercurio, la sonda avrebbe girato intorno al Sole con un periodo quasi doppio di quello del pianeta. Suggerì pertanto che venisse tentato un secondo sorvolo e i calcoli successivi dimostrarono che, scegliendo opportunamente i parametri orbitali del primo incontro, l'effetto di fionda gravitazio-

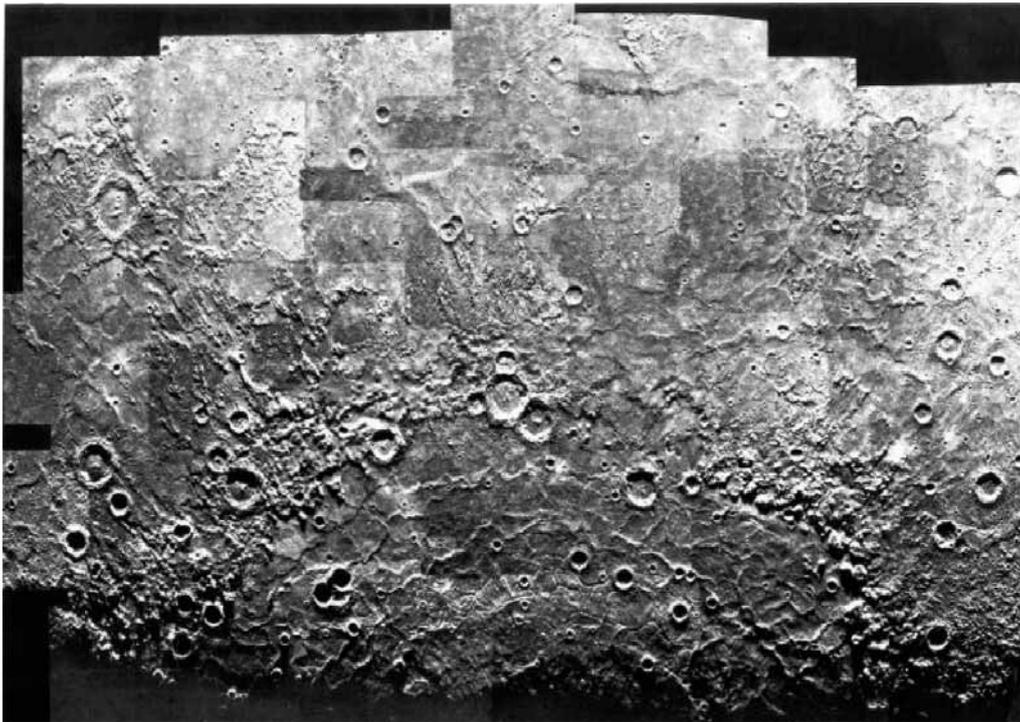
nale operato da Mercurio avrebbe consentito il ritorno della sonda ogni sei mesi, fino a quando il propellente necessario per le piccole correzioni di rotta e di assetto fosse bastato. Grazie a questo suggerimento la ricaduta scientifica della missione aumentò notevolmente e Mariner10 fu la prima sonda a collaudare la tecnica del "gravity assist".



Grazie a due gravity assist di Venere, uno della Luna e due dello stesso Mercurio, la missione BepiColombo riuscirà ad inserirsi in orbita attorno a mercurio

Grazie a due gravity assist di Venere, uno della Luna e due dello stesso Mercurio, la missione BepiColombo riuscirà ad inserirsi in orbita attorno a Mercurio

La sonda della NASA Mariner10 ha inviato nel corso dei sorvoli avvenuti a metà degli anni '70 i dati più interessanti riguardanti il pianeta, fotografando circa la metà della superficie di Mercurio: l'aspetto ricorda quello del nostro satellite naturale, con crateri di tutte le dimensioni che dominano il paesaggio. Un'osservazione attenta rivela comunque alcune sottili differenze: dato che la forza di gravità di Mercurio è due volte quella della Luna, il materiale espulso dagli impatti è ricaduto più vicino ai crateri e quindi potrebbero ancora esistere tratti di crosta originaria non ricoperti dai detriti. Inoltre anche le montagne risultano essere più basse ed esistono diversi bacini da impatto con un diametro superiore ai 200 km; il più grande di tutti è stato battezzato Caloris e ha un diametro di 1300 km. Circondato da un anello di montagne alte 2 km, ricorda i bacini lunari Mare Imbrium e Mare Orientale e sembra essere stato riempito di lava subito dopo la sua formazione. Le decise somiglianze con la Luna fanno ritenere che i due



Il bacino da impatto Caloris Basin

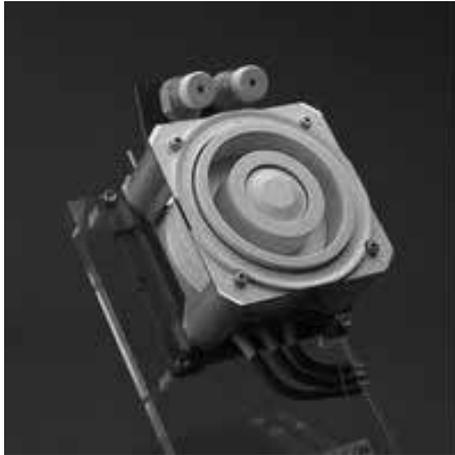
corpi abbiano avuto una storia simile: ad un intenso bombardamento primordiale, durato fino a 3,9 miliardi di anni fa, sarebbero seguiti degli episodi vulcanici con risalita di magma in superficie. Questa fase si sarebbe però interrotta prima su Mercurio, a causa di una contrazione generalizzata del pianeta, imputabile probabilmente al raffreddamento del mantello. Le numerose scarpate che ne attraversano tutta la superficie indicano infatti un collasso della crosta dovuto ad una contrazione del raggio valutabile in 3-4 km.

Quando l'ESA decise di implementare l'esplorazione di Mercurio, il nome del prof. Giuseppe (Bepi per gli amici veneti) Colombo divenne una scelta ovvia per la missione stessa. Bepi-Colombo è una missione altamente complessa che sarà sviluppata in collaborazione con la JAXA, l'agenzia spaziale giapponese. La missione consiste di due satelliti: l'ESA è responsabile per la sonda MPO, mentre la JAXA si occupa della sonda MMO, ottimizzata per l'osservazione del campo magnetico. Oltre alle operazioni di lancio, ai segmenti di terra e al MPO, l'ESA si occuperà anche del Solar Electric Propulsion Module (SEPM) e del Chemical Propulsion Module (CPM) per lanciare i due satelliti verso Mercurio e inserirli nella loro orbita dedicata.

Le finalità scientifiche principali della missione sono elencate qui di seguito e rappresentano i problemi ancora aperti riguardanti il pianeta:

- esplorazione dell'emisfero ancora sconosciuto di Mercurio;
- analisi dell'evoluzione geologica del pianeta;
- analisi dell'origine dell'alta densità di Mercurio;
- analisi della struttura interna e ricerca di un possibile nucleo interno;
- ricerca delle origini del campo magnetico di Mercurio;
- studio dell'interazione del campo magnetico del pianeta con il vento solare;
- caratterizzazione della composizione della superficie;
- identificazione della composizione delle macchie luminose nelle regioni polari;
- determinazione della temperatura di superficie globale;
- determinazione della composizione dell'atmosfera transiente di Mercurio (esosfera);
- determinazione dei processi sorgente dell'esosfera;
- determinazione delle strutture dinamiche dell'esosfera e magnetosfera;
- studio dei meccanismi di accumulo di energia nell'ambiente di Mercurio;

- fondamenti fisici: verifica della teoria della gravità di Einstein.



Il motore elettrico testato sul satellite ESA SART-1

Un'originalità della missione sarà l'utilizzo di un sistema a propulsione ionica (motori a ioni, nei quali celle solari alimentano un getto di ioni che fornisce la spinta al veicolo), che permetterà di accorciare significativamente i tempi della traiettoria dalla Terra a Mercurio che sono stimati di 3,5 anni.

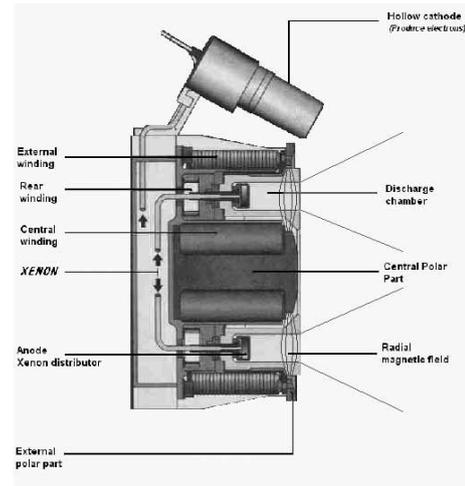
Con il termine propulsori elettrici si raggruppano dispositivi che creano spinta accelerando un gas o tramite il suo riscaldamento per mezzo di resistenze o archi elettrici o mediante forze di massa elettriche o elettromagnetiche. All'interno di queste linee guida generali sono state sviluppate diverse strategie per ottenere alte velocità di espulsione del propellente, ognuna corrispondente ad un diverso modo di trasferire energia al fluido:

Propulsione elettrotermica: si trasferisce energia al gas mediante riscaldamento con resistenze elettriche o archi elettrici che scoccano nella sezione di efflusso. Il gas viene successivamente accelerato tramite espansione gasdinamica attraverso un ugello.

Propulsione elettrostatica: un gas altamente ionizzato viene accelerato attraverso campi elettrici applicati.

Propulsione elettromagnetica: un gas ionizzato viene accelerato tramite forze elettromagnetiche che si instaurano tra le correnti che lo attraversano e il campo elettrico e magnetico applicati esternamente o indotti dalle correnti stesse.

Il complesso satellite, una volta arrivata a destinazione, sarà in grado di studiare il pianeta



Il principio di funzionamento di un motore spaziale a propulsione elettrica.

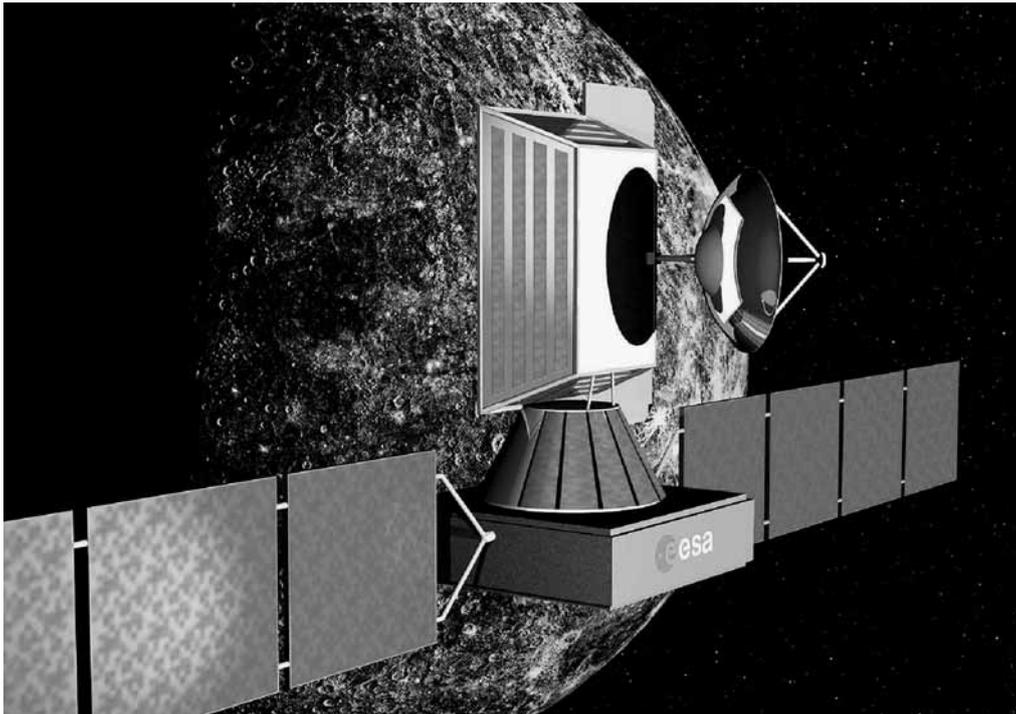
con le sue componenti in modo completo dalla superficie all'esosfera ed esaminare la magnetosfera ed il vento solare.

La missione, che prese piede come pura idea già nel 1993, venne poi perfezionata negli anni successivi: nel 2000 venne approvata in via quasi definitiva aggiungendo a MPO e MMO un modulo di esplorazione al suolo MSE (Mercury Surface Element); all'epoca si pensava di assegnare i due moduli orbitanti a due lanciatori differenti nella stessa finestra di lancio ed un terzo quindi successivo per il MSE.

I successivi tagli di *budget* portarono ovviamente alla necessità di revisionare un progetto così dispendioso: il modulo MSE venne abbandonato e lo scenario che venne a delinearsi fu quello attuale, che prevede l'incapsulamento dei due moduli orbitanti su un unico Soyuz-Fregat, di potenza ovviamente superiore a quelli scelti originariamente.

Per raggiungere un buon compromesso fra spese e rischio fu comunque necessario ridurre notevolmente la massa del MPO e tagliare tutte le risorse superflue, analizzando uno per uno gli obiettivi scientifici della missione, fino al punto in cui le spese rientraron nel margine assegnato. Per quanto riguarda l'aspetto collaborativo con la JAXA, il MMO nacque in principio come progetto a se stante (e cioè come modulo orbitante fra Mercurio e Venere), ma i successivi accordi con l'ESA portarono al suo inserimento all'interno della missione BepiColombo.

Il MPO è un modulo a tre assi di stabilizzazione, che ha una vita operativa di circa un anno; la sua orbita polare a bassa eccentricità è tesa a



Rappresentazione schematica del Mercury Planetary Orbiter (MPO).

fornire un'ottima risoluzione spaziale sull'intera superficie di Mercurio e, per garantire la continua osservazione del pianeta, uno dei tre assi sarà sempre allineato con la direzione di nadir. Le dotazioni del modulo orbitante, come accennato in precedenza, sono state delineate in corrispondenza diretta con gli obiettivi scientifici della missione, in modo da ridurre al minimo possibile il payload del BepiColombo. La sonda realizzata dall'ESA avrà il compito di studiare la superficie e la composizione interna del pianeta ponendosi in un'orbita polare, quasi circolare, attorno ad esso con pericentro a 400 Km dalla superficie e apocentro a 1500 Km, in modo da poter ottenere un mappatura dettagliata della superficie e della struttura interna. L'assetto del modulo (ovvero la sua orientazione nello spazio) sarà stabilizzato su tre assi e le osservazioni verranno realizzate tramite una fotocamera sensibile alla luce nella banda ottica e nel vicino infrarosso, uno spettrometro per fotoni (nelle bande infrarosse, ultravioletta, X e gamma) ed uno spettrometro a neutroni. Vi sarà anche un accelerometro per lo studio del campo gravitazionale del pianeta.

Il MPO lavora come "capo" del Mercury Composite System (MCS), sistema composto di MPO, MMO e i moduli di propulsione SEPM e CPM. Dopo l'arrivo, il MPO separerà SEPM,

MMO e CPM e lavorerà come orbitante indipendente intorno a Mercurio.

La sonda MPO opererà le seguenti analisi:

- **Struttura interna di Mercurio:** la presenza di un grosso nucleo ferroso (3/4 dell'intero raggio) sarà analizzato tramite mappatura dettagliata di tutta la sfera e del campo gravitazionale e magnetico;
- **Geologia e analisi dal primo stadio della formazione del pianeta:** includendo tutte le superfici che possono fornire informazioni riguardo all'origine e l'evoluzione del pianeta;
- **Composizione mineraria e degli elementi:** acquisire informazioni sull'origine di Mercurio tramite il rilevamento, con infrarossi, UV, raggi X, raggi gamma e neutroni, del gas emesso dalla superficie;
- **Ghiaccio nelle regioni polari:** verificare l'esistenza di acqua ghiacciata tramite osservazione di raggi gamma e neutroni.

A tal fine utilizzerà una serie di strumenti riportati qui di seguito. Sebbene possa sembrare molto ricco, questo elenco è il risultato di una rigorosa progettazione tecnico/scientifica:

- *High resolution camera*, per fotografare in dettaglio l'emisfero nascosto di Mercurio;
- *Stereo Camera*, per ottenere fotografie tridimensionali;

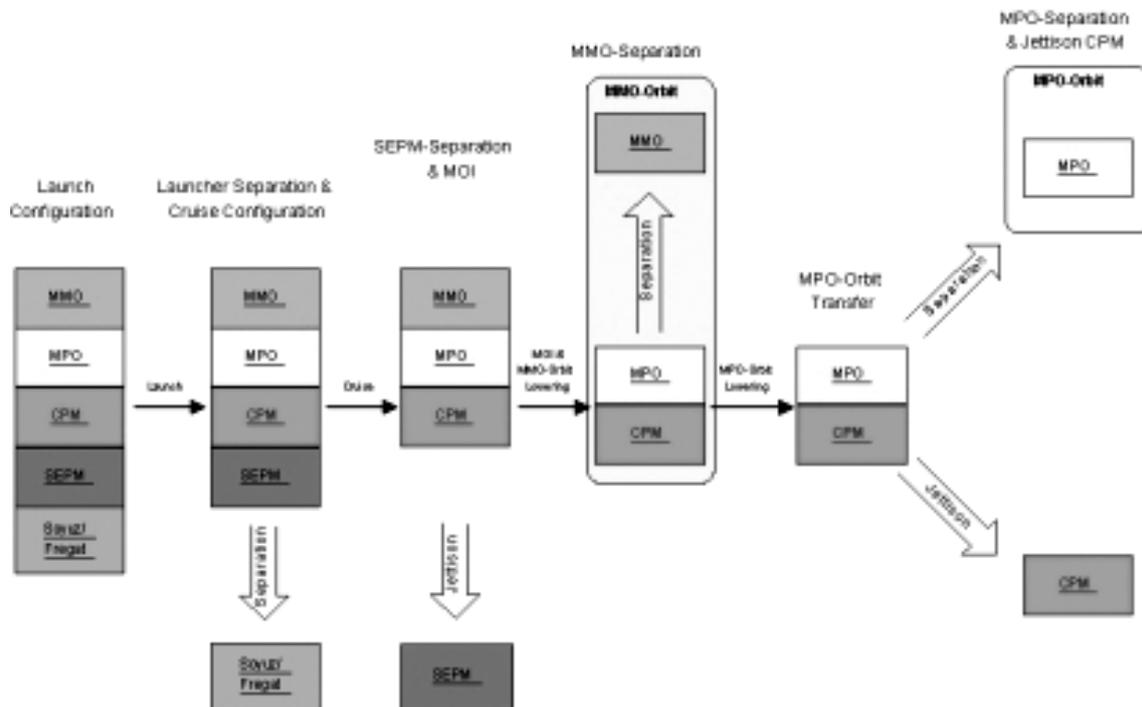


Diagramma funzionale del composito MPO/MMO/Propulsione.

- *Limb pointing camera*, per ottenere una migliore ricostruzione dell'esosfera;
- *Visible-near-IR mapping spectrometer*, uno spettrometro ad infrarossi "vicini" (0.75–1.4 mm) per valutare la costituzione geologica interna ed esterna del pianeta;
- *Thermal-IR spectrometer/radiometer*, una sorta di termometro a distanza;
- *Laser altimeter*, un altimetro di precisione per ricostruire picchi e crateri della superficie rocciosa;
- *UV spectrometer*, spettrometro agli ultravioletti per valutare l'interazione del pianeta con il vento solare;
- *X-ray spectrometer*, per ricostruire la composizione chimica e le dinamiche intrinseche all'atmosfera transiente;
- *Solar X-ray monitor*, progettato per misurare lo spettro e la densità di potenza del flusso di raggi X proveniente dal Sole.
- *Gamma-ray-neutron spectrometer*, che fornirà con massima precisione la composizione chimica della parte più esterna della crosta di Mercurio (qualche decina di centimetri).
- *Radio science experiment & accelerometer*, un accelerometro che sfrutta l'effetto Doppler per rilevare l'accelerazione dello spacecraft.
- *Magnetometer*, per rilevare l'intensità del campo magnetico.

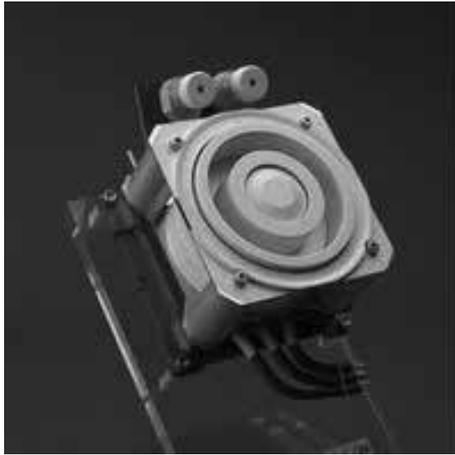
- *Neutral particle analyzer*, per analizzare l'energia scambiata fra le particelle cariche e dedurre quindi le cause che generano il campo magnetico.
- *Miniature plasma analyzer e planetary ion camera*, per studiare, con la coadiuvazione del MMO, la precipitazione di ioni proveniente dal vento solare e capire la risposta della magnetosfera alle variazioni di stato dell'esosfera.

Per ridurre l'ingombro, la massa ed il dispendio energetico, ogni strumentazione inserita non sussiste come sottosistema a sé stante, ma è il risultato di singoli sensori (*frontends*) che condividono risorse e funzionalità comuni per le proprie operazioni (*backends*).

Il MMO è uno *spacecraft* ruotante, che sarà posizionato su un'orbita polare altamente ellittica, con una durata operativa pari a quella dell'altro modulo orbitante;

Gli obiettivi principali della sonda sono: struttura ed origine del campo magnetico; struttura, dinamiche e processi fisici della magnetosfera; struttura, dinamiche e origine dell'esosfera; ambiente del sistema solare interno (si analizzerà il potente ambiente in prossimità del Sole e i processi energetici).

Il suo payload è stato definito in modo analogo al MPO, ma sotto la supervisione del JAXA; le attrezzature scelte per la missione sono:



Rappresentazione in volo orbitale del Mercury Magnetospheric Orbiter.

- *Electron spectrum analyzer*, per misurare la distribuzione di velocità tridimensionale degli elettroni caldi, nella parte alta della ionosfera e della magnetosfera.
- *Mass spectrum analyzer*, per definire la composizione ionica delle specie composite rilevate.
- *Solar wind analyzer*, per rilevare il flusso del vento solare che colpisce Mercurio in funzione delle coordinate di esposizione.
- *High-energy particles analyzer*, attraverso il quale ottenere accurati profili dei picchi di energia nell'atmosfera, provenienti da ioni ed elettroni.
- *Energetic neutral atoms imager*, per tener traccia delle collisioni di ioni energetici con i neutroni nel plasma.

- *Magnetometer*, per misurare l'intensità di campo magnetico.
- *Plasma wave instrument*, per analizzare i flussi di plasma.
- *Mercury dust monitor*, per determinare momento di inerzia, velocità e direzione dei granuli all'impatto, allo scopo di rivelare l'origine del bombardamento meteoritico successivo alla formazione dei pianeti nel sistema Solare.
- *Mercury imaging cameras*, per ritrarre immagini della superficie e degli strati atmosferici di Mercurio.

Come si nota dall'elenco appena descritto, le strumentazioni in dotazione al MMO sono soprattutto orientate allo studio dei campi, delle onde e delle particelle intorno a Mercurio, attraverso l'esplorazione dell'intera magnetosfera fino ad una distanza di quasi sei volte il raggio del pianeta (che è di circa 2500 Km). BepiColombo verrà lanciata nel 2013 in una traversata che durerà circa sei anni, fino all'agosto 2019, quando raggiungerà il pianeta di destinazione; in quel momento comincerà la vera e propria missione scientifica e raccoglierà dati per circa un anno. Secondo lo scenario attuale, i due moduli orbitanti verranno lanciati sullo Soyuz-Fregat modello 2-1B, con propulsione solare fino al raggiungimento delle vicinanze di Mercurio e quindi con propulsione chimica per l'entrata nell'orbita di stazionamento.

MARCELLO CORADINI

Partecipa alla fine degli anni '70 alla fondazione delle scienze planetarie in Europa. Svariando da ricerche teoriche ad esperimenti in laboratorio, giunge infine alla ricerca spaziale.

Alla fine degli anni '80 è chiamato in ESA dove contribuisce alla nascita del programma d'esplorazione planetaria (Missioni Sistema Solare), che tutt'oggi dirige.

Contatti

ESA

Rue Mario Nikis

75738 Parix Cedex

France

Tel. 00 33 1 53697555

Email: Marcello.Corradini@esa.fr

PAOLA ANTOLINI

Si laurea in antropologia all'Università di Roma ed ottiene il dottorato presso la Sorbona di Parigi. Lavora successivamente presso Enti internazionali in svariati programmi a carattere antropologico.

Attualmente collabora con l'ESA e redige articoli scientifici per Figaro Magazine.

95, Bd St Michel

Tel. 00 33 1. 86. 28. 40. 57 Fax. 00 33 1. 46. 33.16.70

75005 Paris

Email: paola.antolini@free.fr

p_antolini@hotmail.com