

Giovedì **Scienza** 30^a Edizione

LA SCIENZA IN DIRETTA
settimana per settimana

GIOVEDÌ 10 MARZO 2016 **CAVALCANDO UNA COMETA**

Per capire com'è nato il Sistema solare

in collaborazione con *Thales Alenia Space*

AMALIA ERCOLI FINZI

Sono tanti i programmi spaziali con la sua partecipazione, dal "Satellite al guinzaglio", al programma "SAX", dallo "Spider" fino all'SD2, del quale è responsabile scientifico, per la missione "Rosetta" dell'Agenzia Spaziale Italiana sulla cometa Churyumov-Gerasimenko. E' stata direttrice del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale del Politecnico di Milano insegnando Meccanica Orbitale e Sistemi Spaziali. Ora è membro del consiglio tecnico-scientifico dell'ASI e dell'Exploration Program Advisory Committee dell'ESA per l'esplorazione di Marte, e del Lunar Lander Science Definition Team sempre dell'ESA. È consigliere dell'Associazione Italiana di Aeronautica e Astronautica, membro di numerose associazioni scientifiche (American Astronautical Society, British Interplanetary Society), presidente del comitato per le pari opportunità e delegato rettorale per le politiche di genere del Politecnico milanese.

MARIA ANTONIETTA PERINO

Dopo la laurea al Politecnico di Torino in Ingegneria Nucleare, frequenta l'International Space University al M.I.T. di Boston, diventando parte del corpo docente. Dal 1986 lavora in Thales Alenia Space a Torino come Program Manager dei principali programmi nazionali ed europei legati all'esplorazione come ExoMars, Mars Sample Return, e l'Aurora Core Program. Attualmente è direttore dei "Advanced Exploration Programs" del Dominio Esplorazione e Scienza.

PER SAPERNE DI PIÙ

Albino Carbognani "Un cielo pieno di comete" Gruppo B Editore, 2014

Cesare Guaita "L'esplorazione delle comete" Hoepli, 2015

WEB

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta
informazioni e belle immagini sul sito dell'Agenzia Spaziale Europea

[it.wikipedia.org/wiki/Rosetta_\(sonda_spaziale\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Rosetta_(sonda_spaziale))
ecco le pagine di Wikipedia dedicate all'Orbiter Rosetta

[https://it.wikipedia.org/wiki/Philae_\(sonda_spaziale\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Philae_(sonda_spaziale))
e al Lander Philae

Cronistoria di un'impresa non ancora terminata

- Primo sorvolo della Terra (marzo 2005)
- Sorvolo di Marte (febbraio 2007)
- Secondo sorvolo della Terra (novembre 2007)
- Sorvolo dell'asteroide 2867 Šteins (5 settembre 2008)
- Terzo sorvolo della Terra (novembre 2009)
- Sorvolo dell'asteroide 21 Lutetia (10 luglio 2010)
- Ibernazione nello spazio profondo (giugno 2011 - gennaio 2014)
- Avvicinamento alla cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko (gennaio-agosto 2014)
- Mappatura della cometa / caratterizzazione (agosto 2014)
- Atterraggio sulla cometa (12 novembre 2014)
- Le batterie di Philae si scaricano durante la notte dopo aver perforato la cometa e il lander viene così messo in standby, anche a causa dell'atterraggio difficoltoso effettuato dal lander, che si è poi assestato in una posizione tale da poter ricevere solo 90 minuti di luce su 12 ore (4/15 novembre 2014).

• Dopo sette mesi di ibernazione, il lander Philae trasmette più di 300 pacchetti di dati per una durata di 85 secondi, confermando la sua operatività (14 giugno 2015)

• Nell'agosto 2015 la cometa è transitata nel punto più vicino al Sole sviluppando coda e chioma. Ora se ne allontana mentre "Rosetta" continua a spiare il comportamento. E' un grande successo nell'esplorazione del Sistema solare, che continuerà con nuove sonde dirette a Marte, al satellite Europa in orbita intorno a Giove, e con una nuova missione verso Mercurio.

• Thales Alenia Space Italia ha svolto un ruolo importante nella missione Rosetta, con la responsabilità per l'assemblaggio veicoli spaziali, integrazione e test (AIT) della sonda. Per la campagna di lancio, la società è stata anche incaricata di definire e fornire le attrezzature di supporto a terra meccanico ed elettrico. Thales Alenia Space ha anche costruito i transponder digitali in banda S e in banda X utilizzati per comunicare con la Terra in tutta la missione.

IL LANDER PHILAE È RESUSCITATO

(Agosto 2015)

Philae, il piccolo robot europeo che a novembre del 2014 ha inaugurato un nuovo capitolo nella storia dell'esplorazione spaziale del Sistema Solare, diventando il primo oggetto artificiale ad adagiarsi sulla superficie di un nucleo cometario e caduto nel silenzio dopo 57 ore di attività alle 01:15 del 15 novembre dello scorso anno, si è risvegliato quando le speranze di una ripresa delle sue attività erano ormai ridotte al minimo. Il piccolo lander - un cubo di 1 metro per lato - dopo una traversata interplanetaria durata dieci anni, aveva effettuato uno storico atterraggio sul nucleo della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko lo scorso 12 novembre. Staccatosi dal corpo della sonda madre Rosetta, prima di giungere a destinazione, Philae aveva compiuto una lunga discesa di circa 7 ore verso un sito denominato Agilkia sulla superficie del nucleo cometario. Ma qualcosa è andato storto: il razzo che avrebbe dovuto spingere Philae verso il basso e i due arpioni che avrebbero dovuto essere sparati al momento del touch-down per ancorare il lander saldamente al nucleo non sono entrati in funzione e il piccolo robot, la cui velocità era di circa 1 metro al secondo, dopo il contatto con la superficie ghiacciata è rimbalzato. Philae è stato "in aria" per un'ora e 50 minuti, a un certo punto colpendo con una delle sue tre gambe robotiche un masso e iniziando a roteare su sé stesso all'impazzata. Atterrato una seconda volta, il robotino ha nuovamente spiccato il volo, stavolta per soli sette minuti, al termine dei quali si

è finalmente adagiato nel suo sito finale, Abydos. La posizione esatta di questo sito, anche adesso che Philae si è risvegliato, rimane incerta. Usando i dati dello strumento CONSERT (COMET Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission), è stato possibile confinarla in un'ellisse di circa 160 per 16 metri, ai piedi della depressione Heitmeht, al cui interno sono stati individuati una ventina di particolari che potrebbero essere il lander, ma finora non è stato possibile riconoscere fra questi Philae. L'impossibilità di rintracciare la posizione esatta del robot si deve in gran parte alle incertezze sulla forma del nucleo. Philae, a quanto è stato possibile dedurre dalle poche immagini riprese dalle telecamere di cui è dotato, sembra essersi posato con soltanto due delle sue tre zampe e il trapano (di realizzazione italiana) che doveva prelevare dei campioni del nucleo, a causa di questa posizione sbilenco, non è stato in grado di raggiungere la superficie e portare a termine il suo lavoro. In pratica, ha trapanato il vuoto. Adesso che i contatti sono stati ristabiliti si spera che muovendo il corpo del lander, che ha due gradi di libertà, sia possibile far toccare il suolo al trapano. Purtroppo, a causa della scarsa illuminazione e dell'assetto di Philae, che rendevano completamente operativo solo uno dei sei pannelli solari sui lati del lander, il robotino ha raggiunto velocemente livelli critici di energia, andando in ibernazione all'1:15 del 15 novembre - meno di 60 ore dopo il suo terzo e ultimo accometaggio. In queste 60 ore, in compenso,

Philae è stato in grado di svolgere, con maggiore o minore successo, buona parte dei suoi esperimenti scientifici.

Dopo i 7 mesi di silenzio, quindi, questa meraviglia della moderna tecnologia è stata in grado di contattare il centro di controllo dell'European Space Agency (ESA) a Darmstadt (Germania) alle 22:28 ora italiana del 13 giugno. Usando la sonda madre Rosetta come ponte radio, il lander, protagonista dello storico e drammatico triplice atterraggio sul nucleo della cometa, ha "parlato" con la stazione di terra per 85 secondi, trasmettendo più di 300 degli 8.000 pacchetti di dati conservati nella memoria del computer di bordo. Ma l'analisi preliminare di questi dati ha mostrato che, in realtà, Philae, prima di entrare in contatto con Rosetta, nel mese e mezzo precedente si era risvegliata quasi cento volte. A causa però del basso livello di potenza raggiunto dalle sue batterie non era riuscita a fare entrare in funzione il trasmettitore di bordo, che per funzionare richiede almeno 19 Watt. Il risveglio e il successivo contatto con Rosetta sono stati dei processi automatici: Philae, infatti, era programmato per uscire dall'ibernazione forzata appena i suoi sensori avessero raggiunto una temperatura superiore ai -45 gradi centigradi e i livelli di energia fossero stati superiori ai 5,5 Watt. Una volta risvegliatosi, Philae ha iniziato a cercare di captare i segnali inviati da Rosetta ogni 30 minuti, nell'attesa di ricaricare le proprie batterie fino alla potenza di 19 Watt e poter stabilire così un ponte di comunicazione reciproco. Le analisi preliminari indicano che la temperatura dei sistemi di bordo è adesso ben superiore ai -35 gradi centigradi, con punte che si avvicinano a zero gradi, un valore maggiore di quello previsto. Philae ha attualmente a disposizione una potenza di 24 Watt. Un nuovo contatto con la navicella spaziale madre Rosetta ha avuto luogo dalle 23:22 alle 23:26 ora italiana del 14 giugno, durante la quale Philae ha trasmesso ulteriori pacchetti di dati. Questa volta, però, i controllori della missione hanno riscontrato delle difficoltà: "la connessione con il lander è stata relativamente instabile," ha spiegato Stephan Ulamec, responsabile scientifico di Philae. Dall'analisi dei dati inviati finora a terra risulta che il robotino riceve almeno tre ore di illuminazione al giorno, contro le 1,3 previste dai responsabili della missione.

Al momento in cui andiamo in stampa, la cometa si trova a circa 200 milioni di chilometri di distanza dal Sole e a meno di 290 milioni di chilometri dalla Terra. La Churyumov-Gerasimenko adesso si sta avvicinando al perielio che raggiungerà, ad una distanza dal Sole di poco meno di 186 milioni di chilometri, il prossimo 13 agosto.

Nelle condizioni attuali, le comunicazioni con Rosetta sono possibili solo ogni 12 ore e mezza (il periodo di rotazione del nucleo cometario) e non durano più di pochi minuti, mentre per far eseguire a Philae una qualunque sequenza scientifica per azionare uno degli strumenti di cui è dotata sono necessari

almeno quindici minuti di visibilità radio. L'unica soluzione è cambiare l'orbita di Rosetta per favorire le comunicazioni con Philae, e i responsabili della missione hanno già iniziato le complesse manovre per abbassare in sicurezza l'orbita della sonda. Il problema che si cerca di evitare nella manovra di riduzione della distanza di Rosetta dal nucleo è quello di evitare che i sensori stellari (star trackers) della sonda, che sono essenziali per il controllo della sonda, possano essere ingannati, come già successo, dalle particelle di polvere e ghiaccio che vengono espulse sempre più abbondantemente con i getti che fuoriescono dal nucleo. Queste particelle possono essere scambiate per stelle e far perdere così l'orientamento della navicella spaziale. Questo problema era praticamente inesistente quando il nucleo cometario, trovandosi più distante dal Sole, era poco attivo, e infatti la sonda, poco dopo il suo arrivo alla cometa, in alcuni casi si avvicinò a pochi chilometri dalla sua superficie. L'intenzione dei responsabili della missione, adesso, è di portare l'orbita di Rosetta attorno al nucleo ad un'altezza dalla sua superficie di circa 150 chilometri. A questo punto, una volta ottimizzata la visibilità radio, i tecnici procederanno ad accendere uno ad uno i dieci strumenti a bordo di Philae, tenendo quelli con parti in movimento – i vari martelli e trapani – per ultimi.

Dopo cinque giorni dal suo ultimo contatto, Philae è comunque tornato di nuovo a parlare: il robotino si è ancora messo in comunicazione con la sonda madre Rosetta il 19 giugno alle 15:36 ora italiana e una seconda volta alle 15:54. Entrambi i contatti hanno avuto una durata di circa due minuti.

In totale, il lander ha finora trasmesso 185 pacchetti di dati sullo stato e sulla salute dei suoi sistemi interni, ma nessuno di questi era di tipo scientifico. L'analisi preliminare dei pacchetti ricevuti indica che il robotino sta operando a una temperatura interna prossima a zero gradi centigradi e che 4 dei suoi 6 pannelli di cellule fotovoltaiche stanno ricevendo luce. "Siamo molto contenti di aver ricevuto nuovi segnali dal lander, e stiamo lavorando duramente per stabilizzare un robusto collegamento tra Rosetta e Philae," ha spiegato Patrick Martin, uno dei controllori della missione Rosetta.

Rosetta ha già eseguito una duplice manovra tra le 3:39 e le 5:49 del 17 giugno per modificare il suo assetto verso il nadir e il giorno successivo ha riacceso il suo sistema di propulsione per calarsi fino a 177 chilometri dal nucleo. Prima di queste manovre, le comunicazioni erano possibili solo ogni 12 ore e mezza e per una manciata di secondi a finestra, mentre per caricare una qualunque sequenza scientifica sul computer di bordo di Philae sono necessari almeno 15 minuti.

Prima del 19 giugno, l'ultima comunicazione con Philae era stata quella delle 23:26 del 14 giugno, quando Rosetta si trovava a 206 km dalla cometa. In quell'occasione, erano arrivati a terra solo tre degli 8.000 pacchetti di dati custoditi nella memoria di Philae, mentre il giorno prima, quando Rosetta era

6 km più vicina al nucleo, i pacchetti scaricati erano stati più di 300.

“Siamo certi che presto saremo di nuovo in grado di eseguire misurazioni scientifiche,” ha spiegato Hermann Böhnhardt del Max Planck Institute for Solar System Research di Göttingen (Germania). “Inoltre, è probabile che nelle prossime settimane il livello delle batterie aumenti notevolmente”. Man mano che la cometa si avvicina al perielio, infatti,

nella regione in cui si trova Philae sta avanzando l’ “estate”, ragion per cui la durata del giorno cometario sarà via via più lunga e la maggiore esposizione dei pannelli fotovoltaici alla radiazione solare unita alla sua sempre maggiore intensità permetterà un’efficiente ricarica delle batterie.

Questa è la situazione al momento di andare in stampa e le prospettive sembrano essere incoraggianti.

LA MAPPA DELL’ACQUA SUL NUCLEO E LA CHIOMA DELLA COMETA CHURYUMOV-GERASIMENKO.

Intanto l’orbiter Rosetta continua il suo lavoro di analisi del nucleo della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko e dell’ambiente circostante. Uno degli ultimi risultati è stato la realizzazione della mappa della distribuzione delle molecole di acqua sulla superficie del nucleo e nella chioma della cometa, un risultato molto importante per cercare di comprendere a fondo la natura di questi per certi versi ancora misteriosi oggetti celesti e i meccanismi che regolano la loro evoluzione.

Lo strumento MIRO (Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter) aveva rilevato emissioni di acqua provenienti dal nucleo della cometa già il 6 giugno dello scorso anno, quando Rosetta si trovava ancora a circa 350.000 chilometri dalla cometa, e quest’ultima distava 580 milioni di chilometri dal Sole.

Mentre dalla Terra possiamo al massimo avere un’idea generale, un quadro globale delle emissioni della cometa, Rosetta, che attualmente si trova a meno di 200 chilometri dal nucleo, ma che nel corso della sua missione si è avvicinata fino a 8 chilometri di distanza dalla sua superficie, è in grado di eseguire misurazioni molto più precise. MIRO opera sia misurando l’emissione diretta del vapore acqueo nella chioma (la tenue atmosfera della cometa) sia mappando le linee spettrali di assorbimento della luce solare riflessa dal nucleo alle frequenze specifiche della molecola d’acqua.

La prima misurazione ravvicinata è stata effettuata il 7 settembre 2014, quando Rosetta si trovava a soli 58 chilometri dal nucleo. Dato che MIRO ha una risoluzione spaziale di una trentina di metri, per mappare tutto il nucleo e le sue vicinanze le osservazioni hanno richiesto un tempo di oltre quattro ore, durante le quali la cometa ha completato una rotazione di quasi 90 gradi. La mappa prodotta è il risultato di 201 analisi spettrali, ognuna delle quali

è stata livellata con la media di uno-quattro spettri circostanti, in modo da ridurre il rumore di fondo rispetto al segnale.

Le impronte più chiare delle molecole di acqua provengono dalla chioma appena al di sopra dell’emisfero illuminato della cometa; quest’ultimo a sua volta corrisponde alle strutture d’assorbimento più nitide. Tra le due regioni si trova una zona di interfaccia caratterizzata da proprietà a metà strada tra i due estremi. Quasi del tutto mancanti invece sono le impronte di assorbimento dell’acqua in corrispondenza dell’emisfero in ombra o delle regioni più fredde, come il polo sud del nucleo.

La mappa è stata prodotta mappando la linea spettrale della molecola $H_2^{16}O$ a una frequenza di 556,936 GHz. Una mappa simile ma un po’ più approssimativa è stata ottenuta misurando la struttura spettrale a una frequenza di 547,676 GHz, prodotta dalla molecola $H_2^{18}O$.

“Le nostre osservazioni mostrano che la distribuzione di acqua nella chioma è molto irregolare,” spiega Nicolas Biver, ricercatore presso l’Observatoire de Meudon (Francia). “Abbiamo riscontrato la più alta densità di acqua subito al di sopra del ‘collo’ del nucleo cometario, in prossimità del polo nord: in questa piccola regione, la densità dell’acqua è quasi il doppio di quella esistente in altre parti della chioma.”

Valori più bassi, ma comunque non trascurabili, sono stati rilevati su tutto l’emisfero illuminato, fino al terminatore. Per spiegare la quasi totale assenza di acqua nelle vicinanze dell’altro emisfero, quello in ombra, gli addetti ai lavori hanno ipotizzato fenomeni di degassamento locali o meccanismi di circolazione nella chioma.

Mario Di Martino
dal mensile “*le Stelle*”