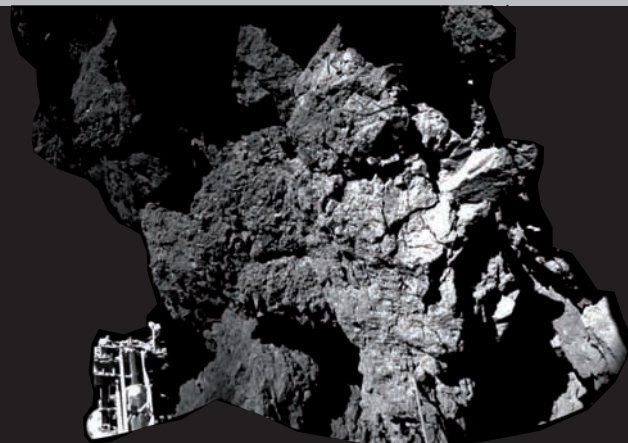


ROSETTA OK



Grazie Europa



Mercoledì 12 novembre, alle ore 17.03, Philae, il lander di Rosetta, ha toccato la superficie della cometa 67P Churyumov-Gerasimenko e ha iniziato le operazioni di ricerca e comunicazione per cui è stato progettato. Dopo le 10 tappe registrate nel fascicolo precedente, MIT Technology Review Italia conclude con commenti, testimonianze e interviste la sua cronaca dello straordinario evento scientifico e tecnologico, a cui partecipano molte e qualificate componenti italiane.

In alto a sinistra, il lander Philae, fotografato da Rosetta dopo il distacco. In alto a destra, una delle prime immagini riprese da Philae sul suolo della cometa, in cui si scorge uno dei piedi del lander.
Fonte: Esa.

Philae è riuscito a posarsi sulla cometa 67P Churyumov-Gerasimenko. È un giorno storico, in cui la “vecchia” Europa compie un’impresa senza precedenti. «Un piccolo salto per un robot. Un gigantesco passo per l’umanità. Grazie alla cara, “vecchia”, bellissima Europa», ha detto con il cuore in gola, dopo la lunga attesa del segnale che tutto era andato bene, Roberto Battiston, Presidente della Agenzia Spaziale Italiana.

Philae, il lander della sonda spaziale europea Rosetta, aveva appena concluso felicemente la sua discesa sulla cometa 67P Churyumov-Gerasimenko, mercoledì 12 novembre alle ore 17.03. Ora le sue apparecchiature si stanno preparando a sondare e analizzare il suolo della cometa. I risultati richiederanno tempo per venire analizzati e ci si aspetta che completino il quadro, già estremamente interessante, delle rilevazioni fatte nelle scorse settimane, quando Rosetta ha orbitato a diverse quote attorno alla cometa.

Anche quando Philae avrà esaurito la sua carica di energia e non potrà più trasmettere, Rosetta resterà nell’orbita della cometa e continuerà le sue osservazioni nei tanti mesi ancora necessari a raggiungere il Sole a girargli attorno, per poi tornare nello spazio profondo.

Se si pensa che per arrivare a questo punto sono stati necessari oltre dieci anni e che per mettersi in coda alla cometa è stato necessario spingere Rosetta nell’orbita di Giove, si ha immediatamente la consapevolezza della straordinarietà della impresa e dell’elevatissimo livello delle competenze necessarie a realizzarla. Ma oltre a tali competenze, variamente provenienti dal mondo ESA (Agenzia Spaziale Europea), va sottolineata una capacità di coordinamento che troppo spesso ci rifiutiamo di vedere nella nostra Europa, forte delle sue “minoranze” e delle sue diversità.

Dei 20 strumenti scientifici, molto sofisticati, caricati a bordo di Rosetta e di Philae prima del suo lancio nel 2004, 18 provengono da 9 paesi europei e 2 dagli Stati Uniti. L’Italia ne ha realizzati tre con il coordinamento dell’Agenzia Spaziale Italiana, grazie ad aziende di elevatissima competenza tecnologica e ad almeno quattro Università (Roma, Milano, Padova e Napoli) per la parte scientifica.

Inoltre, colpisce che proprio a due italiani, Paolo Ferri e Andrea Accomazzo, è toccato il compito di programmare e guidare negli ultimi 20 anni questa difficilissima impresa di navigazione planetaria.

Con un gruppo di una trentina di programmatori, soprattutto spagnoli, tedeschi, francesi e inglesi, i nostri due “navigatori” hanno portato Rosetta a raggiungere la cometa lontanissima dalla Terra, a starle vicino e poi, con correzioni di velocità da millimetri al secondo, a mettere il lander Philae in condizione di raggiungerne felicemente la superficie.

Berndt Feuerbacher, già Presidente della International Aerospace Federation e grande saggio dell’esplorazione spaziale europea, ha scaricato la sua commozione dicendo: «Siamo stati coraggiosi ad andare dove nessuno era mai andato prima. Grazie a tutti». E grazie Europa, aggiungo io. ■

Romano Prodi

Presidente Comitato scientifico MIT Technology Review Italia



Il distacco di Philae

Una giornata piena di tensione, ma poi tutto è andato bene.

Alessandro Ovi

Arrivando a Darmstadt da Bologna, la mattina presto, dopo una sveglia alle 4 della notte, ho visto gli occhi dei capi operazioni in sala controllo pieni di sonno più dei miei. La notte che aveva preceduto il giorno della discesa di Philae sulla cometa, non era stata tranquilla.

Le autorizzazioni a procedere, i cosiddetti GO, si erano succedute con momenti di nervosismo e solo dopo la quarta è stata autorizzato l'avvio della procedura di separazione.

La prima si riferiva alla conferma che Rosetta era nell'orbita giusta per far scendere il lander; la seconda è stata la verifica che i comandi per avviare la separazione funzionavano correttamente; la terza comportava il controllo della buona condizione degli apparati del lander e qui si è evidenziata la criticità che ha richiesto una quarta autorizzazione.

Il problema maggiore era un malfunzionamento del sistema di discesa attiva: un getto verso l'alto che fornisce una spinta per evitare il rimbalzo al momento dell'atterraggio.

«Abbiamo deciso di andare avanti», spiega Paolo Ferri, direttore per le operazioni di ESA. «Forse non è il sistema di discesa a non funzionare, ma il suo sensore e comunque non c'è nulla che possiamo fare a questo punto. Si conta sulle viti da ghiaccio installate in ciascuno dei piedi della sonda e su un sistema ad arpione per bloccare Philae alla superficie della cometa. Aspettiamo e sapremo. Tuttavia, il fatto che il lander si sia staccato è importantissimo, perché siamo certi che ora Rosetta potrà continuare la sua missione seguendo la cometa fino al giro attorno al Sole».

La separazione avviene alle 9,35, ora di Darmstadt, ma per la conferma bisogna aspettare 28 minuti e 30 secondi. Quando il segnale arriva lo si vede dalle strette di mano e dai tanti abbracci a Ferri e Accomazzo, tra la gioia e il sollievo.

I momenti delicati sarebbero stati ancora due:

- il collegamento radio di Philae con Rosetta per "dialogare" con la Terra già a partire dalla discesa che sarebbe durata sette ore; solo Rosetta, infatti, ha radio abbastanza potenti da farsi sentire da uno dei due centri di ascolto in Australia e in Argentina (e comunque sempre con un ritardo di circa

28 minuti, data la enorme distanza che il segnale deve percorrere);
- il contatto di Philae con la superficie della cometa, senza rimbalzare e senza perdere il collegamento radio con Rosetta (il che significa senza perdere l'assetto dell'antenna).

Nelle ore che passano in attesa di questi momenti critici, la mente corre alla storia di questi dieci anni non facili:

- il lancio il 2 marzo 2004;
- il giro attorno alla Terra per acquistare velocità, il 4 marzo 2005;
- il giro attorno a Marte, per acquistare velocità, il 27 febbraio 2007;
- il secondo giro attorno alla Terra, il 13 novembre 2007;
- il passaggio vicino all'asteroide Steins, il 5 settembre 2008;
- il terzo giro intorno alla Terra, il 13 novembre 2009;
- il passaggio vicino all'asteroide Lutetia, il 10 luglio 2010;
- l'inizio della ibernazione nello spazio profondo, l'8 giugno 2011;
- la fine della ibernazione; Rosetta si riaccende, il 7 maggio 2014;
- l'aggancio della cometa, il 6 agosto 2014;
- la discesa del lander, il 12 novembre 2014.

In tutti questi anni Rosetta si è portata a bordo la strumentazione progettata negli anni precedenti il 2004, che dopo dieci anni passati nelle condizioni estreme dello spazio profondo, funziona normalmente. Si tratta di 20 strumenti, due prodotti negli Stati Uniti e 18 in Europa.

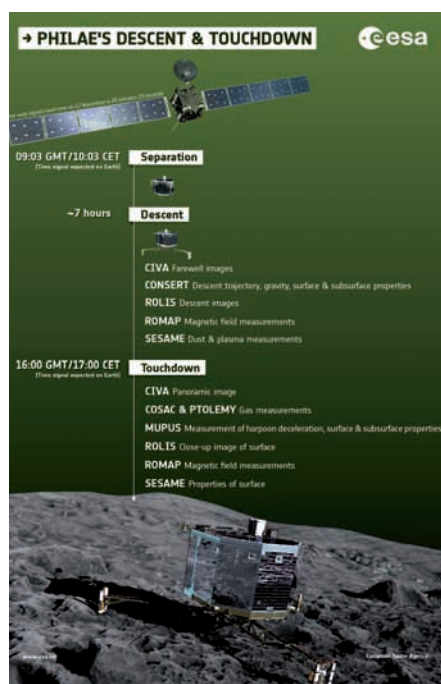
Per i 18 strumenti europei, 9 sono i paesi coinvolti: Germania, Francia, Italia, Gran Bretagna, Austria, Svezia, Svizzera, Finlandia, Ungheria.

Per l'Italia, l'Agenzia Spaziale Italiana ha coordinato il lavoro di quattro università, ciascuna con un PI (Principal Investigator): la prof.ssa Amalia Ercoli Finzi del Politecnico di Milano, il prof. Cesare Barbieri dell'Università di Padova, il prof. Fabrizio Capaccioni dell'IAPS (INAF Roma), la prof.ssa Alessandra Rotundi dell'Università Parthenope di Napoli.

Tra le aziende ad elevatissimo livello di tecnologia, che hanno partecipato all'impresa, la più impegnata è stata Galileo, specialista della ingegneria dello spazio, più tardi confluita in Selex (gruppo Finmeccanica). Ma ha svolto un ruolo importante anche un'azienda non particolarmente impegnata nello spazio, la Dallara, regina dei materiali compositi (fibre di carbonio).

Dopo il successo della lunga e difficilissima fase di navigazione che ci ha visto protagonisti con Ferri e Accomazzo, comincia il momento della valutazione scientifica. Si vuole cogliere dalla analisi della cometa ogni segnale, anche il più piccolo, per avere qualche risposta alle fondamentali domande sulla origine del sistema solare e forse anche sulla origine della vita. ■

Alessandro Ovi è editore e direttore di MIT Technology Review Italia.



11. Avanti adagio

Dopo la straordinaria giornata del 6 agosto, l'atmosfera al Centro operativo ESA di Darmstadt è un misto di entusiasmo e concentrazione, in vista delle decisioni da prendere per l'avvicinamento e la discesa sulla cometa.

Ci ha scritto Paolo Ferri, Direttore di tutte le 'Operations' ESA e che vi abbiamo già fatto conoscere nel fascicolo precedente (5/14, p. 8): «In questo momento il team è molto impegnato a manovrare con l'accuratezza richiesta dalla vicinanza alla cometa. Tutto sembra andare bene. Quello che non ci fa dormire di notte è l'entusiasmo e lo stupore nel guardare le immagini sempre più dettagliate che ci arrivano: questa cometa è la cosa più incredibile e direi inimmaginabile che potesse succederci».

Quali le sfide che attendono Ferri, Accomazzo e il loro gruppo? Lo ha raccontato Stefan Ulamec, Direttore del Lander Philae. Una sfida sarà l'atterraggio in bassa gravità, testato presso l'Istituto Max Planck di Lindau prima del lancio. Più tardi, altre prove sono state effettuate presso LAMA (Landing and Mobility Test Facility) del DLR (German Aerospace Center) a Brema, dove l'atterraggio in con-

dizioni sabbiose e su diverse pendenze può venire valutato utilizzando il modello del lander Philae.

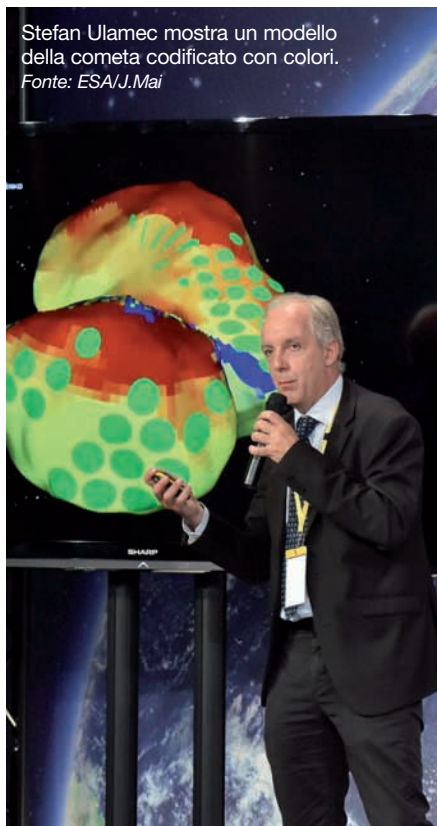
Quando il lander era stato progettato, si pensava che sarebbe rimbalzato da una superficie molto dura, ghiacciata. Ora sembra invece che la superficie sia morbida e il rimbalzo potrebbe non rappresentare un grave problema.

Presto si scoprirà di cosa è fatta la superficie e, in ogni caso, il lander è dotato di un sistema di arpioni da ghiaccio per fissarlo. Inoltre, il *touchdown* avverrà a una velocità di appena 1 m/s.

Una seconda sfida è determinata dalla sorprendente forma della cometa. Non la "patata" che tutti si aspettavano, ma una forma molto più complessa e corrugata. C'è già stata un'analisi molto preliminare effettuata presso il CNES (Centre National de Etudes Spatiales) che mostra alcuni siti potenzialmente interessanti.

Il gruppo di selezione del sito di atterraggio si è riunito per la prima riunione plenaria il 22-24 agosto, individuando un massimo di 5 punti di sbarco possibili. ■

Stefan Ulamec mostra un modello della cometa codificato con colori.
Fonte: ESA/J.Mai



12. Punti di atterraggio

Utilizzando le informazioni raccolte da Rosetta durante le sue prime due settimane di orbita attorno alla cometa, ESA ha identificato cinque potenziali siti per l'atterraggio del lander Philae, fissato per la metà di novembre.

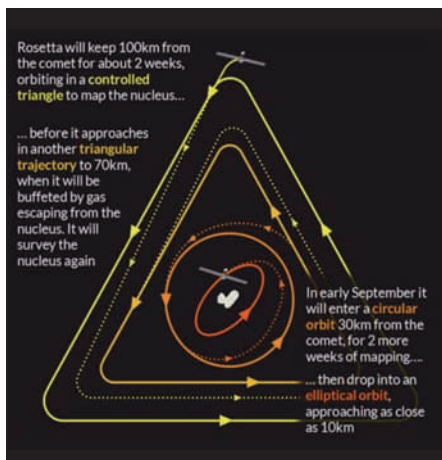
La selezione del sito di atterraggio ideale è un processo complesso. Il sito deve rispondere ai requisiti tecnici dell'orbita e del lander durante tutte le fasi di separazione, discesa e atterraggio, mentre nel corso delle operazioni sulla superficie dovrà rispondere ai requisiti scientifici dei 10 strumenti montati su Philae.

Uno dei problemi fondamentali deriva dall'incertezza nella navigazione del lander a una distanza tanto ridotta dalla cometa, per cui si può solamente determinare un sito di atterraggio seguendo una traiettoria ellittica – delle dimensioni di un chilometro quadrato – entro la quale fare atterrare il lander.

Ciascuno dei potenziali siti di atterraggio deve rispondere a importanti domande. Il lander riuscirà a mantenere comunicazioni regolari con Rosetta? Quanto sono diffusi i rischi di superficie, come grandi pietre, profondi crepacci o pendenze ripide? Vi è un'illuminazione sufficiente a condurre le operazioni scientifiche e ricaricare



Il sito prescelto per la discesa di Philae.
Fonte: ESA/Rosetta/MPS.





le batterie del lander oltre le sue 64 ore di autonomia iniziale?

Per rispondere a queste domande sono stati utilizzati i dati raccolti da Rosetta a una distanza di circa 100 chilometri, incluse le immagini ad alta risoluzione della superficie, le misurazioni della temperatura superficiale della cometa e la pressione e densità dei gas che circondano il nucleo. In aggiunta a questi valori, sono stati calcolati anche l'orientamento della cometa rispetto al Sole, la sua rotazione, massa e gravità superficiale. Tutti questi fattori influiscono sulla fattibilità tecnica di un atterraggio in ognuno dei siti identificati.

Sulla base di queste informazioni, il Landing Site Selection Group (che comprende ingegneri e scienziati dello Science, Operations and Navigation Centre del CNES, il Lander Control Centre del DLR e dei gruppi ESA responsabili delle strumentazioni di Philae e Rosetta) ha esaminato i potenziali siti di atterraggio, individuandone cinque.

«È la prima volta che analizziamo siti per effettuare un atterraggio su una cometa», dice Stephan Ulamec, Lander Manager di DLR. «Basandoci sulla particolare forma e sulla topografia complessiva della cometa, non sorprende l'eliminazione di tante aree. I siti che abbiamo deciso di analizzare ulteriormente dovrebbero essere tecnicamente praticabili in base all'analisi preliminare delle dinamiche di volo e di altri aspetti, come per esempio il fatto che garantiscano almeno sei ore di luce e offrano porzioni di terreno piano». ■

13. Giri di perlustrazione

Rosetta ha orbitato attorno alla cometa da una distanza di circa 30 chilometri per tracciarne la mappa, apprestandosi a scendere ulteriormente.

Le prime immagini della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko hanno rivelato agli scienziati una forma straordinariamente irregolare. Dagli scatti, presi il 14 luglio con la fotocamera ad angolo stretto Osiris da una distanza di 12 mila km, si direbbe che, proprio come per il suo nome, la cometa 67P/C-G è composta da due parti.

Rosetta ha mantenuto un'orbita attorno alla cometa 67P/C-G per eseguire una fase conosciuta come GMP, o Global Mapping Phase. Lo scopo era quello di raccogliere dati scientifici ad alta risoluzione per caratterizzare i potenziali siti di atterraggio per Philae e continuare a monitorare le reazioni del vettore all'ambiente circostante prima di avvicinarlo ulteriormente.

Invece di terminare un'orbita completa, Rosetta ha eseguito due mezzorbitate, della durata di sette giorni, su piani differenti e ad un'altitudine di 30 mila metri.

Il 10 settembre Rosetta si è trovata sul piano che definisce il confine fra giorno e notte, quando si è inserita nella prima orbita circolare a 30 chilometri di distanza dalla

cometa. Il piano orbitale distava 60 gradi dalla direzione del Sole, per cui il vascello è passato sopra aree della cometa che erano illuminate da un Sole "mattutino".

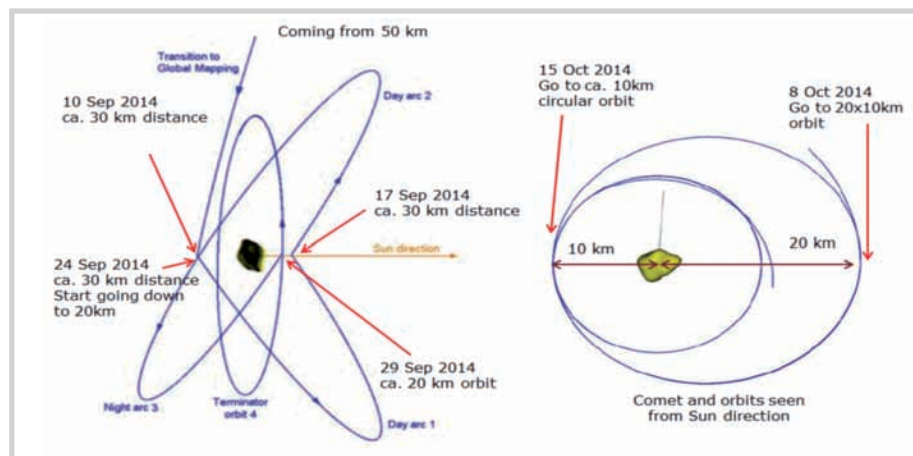
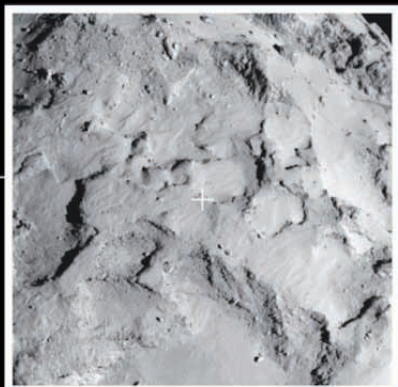
Sette giorni dopo, una volta ritornata sul piano predetto, Rosetta ha compiuto un'altra manovra per modificare il proprio piano orbitale, così da mantenere le stesse caratteristiche dell'orbita precedente, volando però nella regione "pomeridiana" della cometa.

Il 18 settembre, il vascello si è trovato in una orbita di 28 x 29 chilometri attorno alla cometa e con un tempo orbitale di 13 giorni, 14 ore e 59 minuti.

Successivamente, la navicella si è spostata lungo la parte "notturna" della cometa per permettere ai suoi strumenti di osservare nel dettaglio le caratteristiche termiche della cometa. Va precisato che Rosetta non è al buio. La sua orbita le permette infatti di restare illuminata dalla luce del Sole. La navicella percorre un arco a 30 gradi dal piano di confine tra giorno e notte, entro il quale l'orario corrisponde alle 4 del mattino.

Il 29 settembre, una volta ultimato questo ultimo arco di orbita notturna e dopo avere eseguito piccole manovre di aggiustamento, Rosetta si è trovata ad appena 20 chilometri di distanza dalla cometa. Trascorsa una settimana orbitando attorno alla cometa da questa distanza, il gruppo responsabile ha valutato la opportunità di scendere a 10 chilometri di distanza.

Il cerchio ha continuato a stringersi. ■



14. Un selfie di Rosetta

Dopo aver ammirato tutte le splendide foto della cometa inviate fino a ora da 50, 30, 20 km, non possiamo che restare incantati da questo *selfie* di Rosetta, a circa 16 km dalla superficie della stessa cometa.

L'immagine è stata ripresa dal sistema CIVA a bordo del lander Philae e mostra il lato del veicolo spaziale e uno dei suoi 14 pannelli solari di 30 metri di lunghezza. Dalla regione del collo della cometa si intravedono fuoriuscire baffi di polvere e gas.

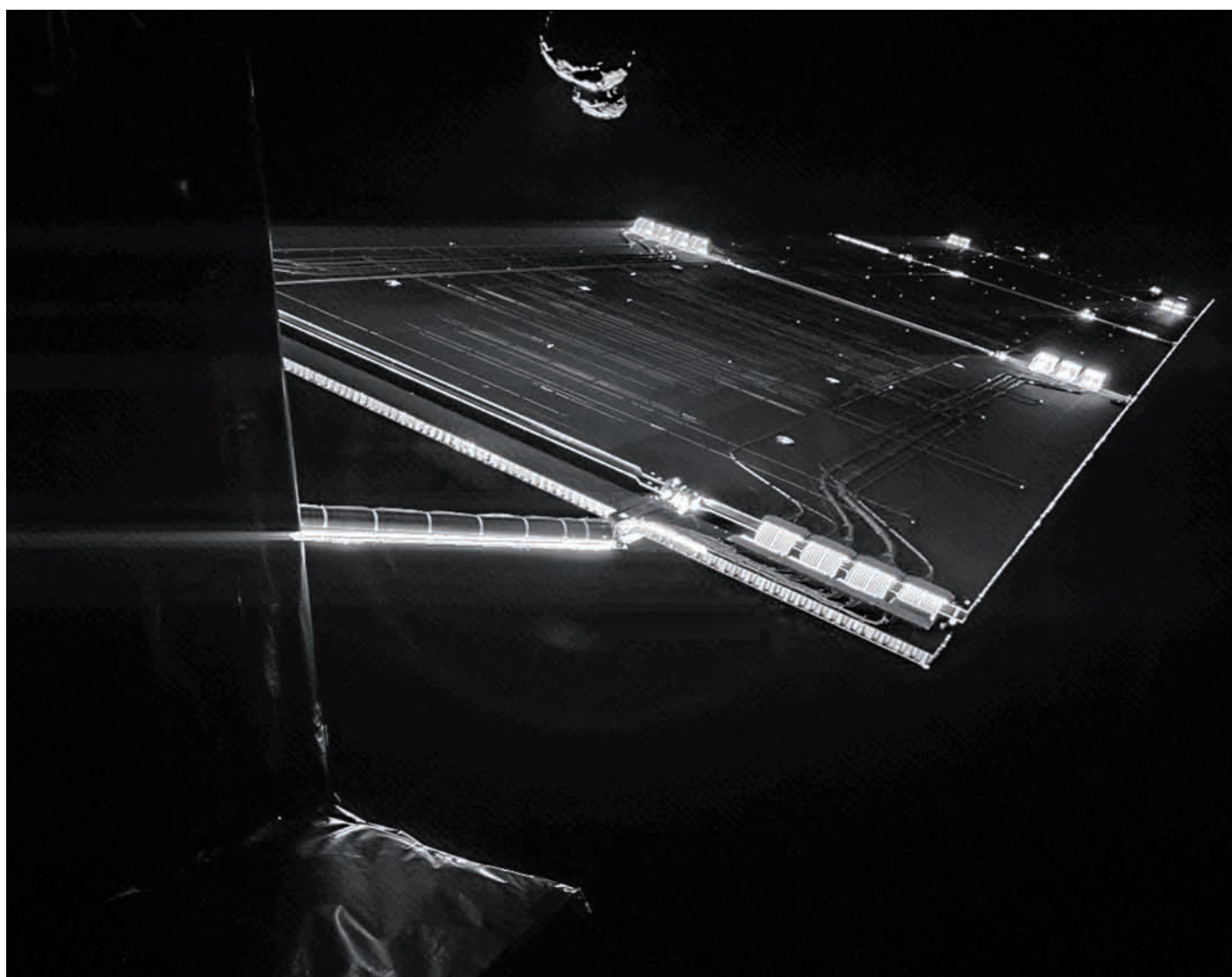
Anche il sito di atterraggio principale, attualmente conosciuto come sito J, può venire individuato sul lobo più piccolo della cometa.

Due immagini, una con un tempo di esposizione breve, una con uno più lungo, sono state combinate per catturare l'intera gamma dinamica della scena.

CIVA, il Comet Infrared Visibile Analyser, è uno dei dieci strumenti a bordo di Philae. La parte CIVA-P dello strumento comprende sette micro-tecamere disposte intorno alla parte superiore del lander per scattare immagini panoramiche, mentre CIVA-M è uno spettrometro che verrà utilizzato per lo studio della composizione, della consistenza e dell'albedo di campioni della superficie della cometa.

Questo *selfie* è l'ultima immagine prima che Philae si separi da Rosetta il 12 novembre. L'immagine successiva sarà presa dal CIVA poco dopo la separazione, quando il lander guarderà indietro verso l'orbitatore, quasi per un addio definitivo. CIVA avrà il compito di riprendere una immagine panoramica a 360 gradi del sito di atterraggio, compresa una sezione in stereo, una volta che si troverà al sicuro sulla superficie della cometa.

Le immagini e gli altri dati raccolti da Philae forniranno importanti informazioni *in situ* sulla superficie stessa, fornendo dati che potranno venire utilizzati per integrare i dati raccolti da Rosetta, ora e nel 2015, quando la cometa diventerà più attiva. ■





15. Italiani in prima linea

Amalia Ercoli-Finzi è una ingegnere italiana, responsabile dello strumento SD2, il trapano che sonderà il terreno della cometa dopo la discesa di Philae. È stata la prima donna in Italia a laurearsi, presso il Politecnico di Milano, in ingegneria aeronautica. Ha ricevuto la Frank J. Malina Astronautics Medal dello IAF nel 2012.

Negli oltre quindici anni passati da quando ha cominciato a progettare e a realizzare strumenti a bordo di Philae, quali sono stati i momenti più difficili? Quali le decisioni più importanti?

Tutto il periodo trascorso da quando Rosetta è stata lanciata, è stato greve di preoccupazioni, perché, e questo vale per tutte le missioni spaziali, solo quando si entra nel vivo nascono i problemi.

In particolare uno, inquietante, si è presentato nel corso della prima attività di *commissioning* dopo il lancio: i due motori che azionano in modo indipendente la traslazione e la rotazione del trapano funzionano entrambi con la stessa tensione, 28 V, e ciò poteva comportare l'avvio non voluto della fase di traslazione (e non solo della rotazione) con il rischio gravissimo di

danneggiare il piatto rotante su cui sono disposti i fornetti per il riscaldamento dei campioni.

Il problema è stato superato con una accorta e minuziosa operazione di controllo del trapano durante il primo azionamento, che ha dato risultati pienamente soddisfacenti.

Un altro problema drammatico si è presentato quando ci siamo resi conto che i pannelli solari del lander avrebbero generato una quantità di energia inferiore al previsto, per fortuna ancora sufficiente per il funzionamento degli strumenti. Ciò però ha comportato una diversa programmazione delle attività sulla cometa, sia nella fase a breve termine, che inizierà immediatamente dopo l'atterraggio, sia nella fase a lungo termine nei mesi a seguire, e soprattutto ha influenzato notevolmente la scelta

del sito di sbarco, che è tenuto a soddisfare stringenti vincoli di illuminazione.

Ci sono state decisioni che oggi, a posteriori, prenderebbe in modo diverso?

Con il senno di poi, cambierei una soluzione progettuale dotando il trapano di un sensore di forza, di cui al momento non dispone, per conoscere in modo esatto la spinta che viene esercitata sul suolo cometario al momento del contatto e nella fase di perforazione. Ciò ci avrebbe dato delle informazioni sulle caratteristiche fisiche della cometa e ci avrebbe anche consentito da un lato di valutare il carico che il trapano trasmette agli arpioni, e quindi la loro capacità di tenuta, e dall'altro lato di interrompere l'operazione qualora la situazione fosse diventata critica.

Ovviamente alla mancanza di questo dispositivo utilizzando i dati raccolti nel corso dei test effettuati in laboratorio sullo *spare model* di SD2, di cui disponiamo al Politecnico di Milano, che ci documentano il comportamento di SD2 in presenza dei vari materiali che perfora.

In termini di missione, invece, sarebbe stato opportuno disporre di una maggiore quantità di energia per il funzionamento degli strumenti (sempre sulla cometa). Data la limitatissima energia disponibile, siamo costretti a una rigorosa programmazione delle attività in loco, evitando ogni sovrapposizione e predisponendo precisi piani di *recovery* da utilizzare nel caso fossero necessari.

Cosa spera di trovare nel materiale che il suo trapano porterà alla luce da sotto la superficie della cometa?

Spero che la cometa ci dia informazioni sugli albori del sistema solare, dato che la sua composizione riflette quella della nebula pre-solare da cui si sono formati il Sole e i pianeti. Il freddo, anzi il gelo, hanno conservato intatta la sua natura originale, che noi ora ci apprestiamo a scoprire dopo 4 miliardi e mezzo di anni.

La speranza ultima è poi quella di trovare nei campioni raccolti sulla cometa i "mattoni della vita", quegli aminoacidi sinistrorsori, i nostri aminoacidi, che farebbero di noi, a pieno titolo, i "figli delle stelle". ■

