

LACOMETA DI ROSETTA

MIT Technology Review Italia
2014

UN ANNO DI SCOPERTE

Alessandro Ovi

1. Il risveglio di Rosetta
2. Rosetta si avvicina
3. A vista d'occhio
4. Perché Rosetta
5. Intorno alla cometa
6. Una forma irregolare
7. A un passo dalla meta
8. Misteri e saperi
9. Sempre più vicino
10. A portata di mano
11. Scienza e industria italiane

GRAZIE EUROPA

Romano Prodi

12. Il distacco di Philae
13. Avanti adagio
14. Punti di atterraggio
15. Giri di perlustrazione
16. Un selfie di Rosetta
17. Italiani in prima linea
18. Il contributo della Dallara
19. Il distacco di Philae
20. Non una, ma tre discese
21. Philae nell'occhio di Osiris
22. L'origine dell'acqua
23. L'esplorazione continua



UN ANNO DI ATTESE E DI SCOPERTE NEL SISTEMA SOLARE

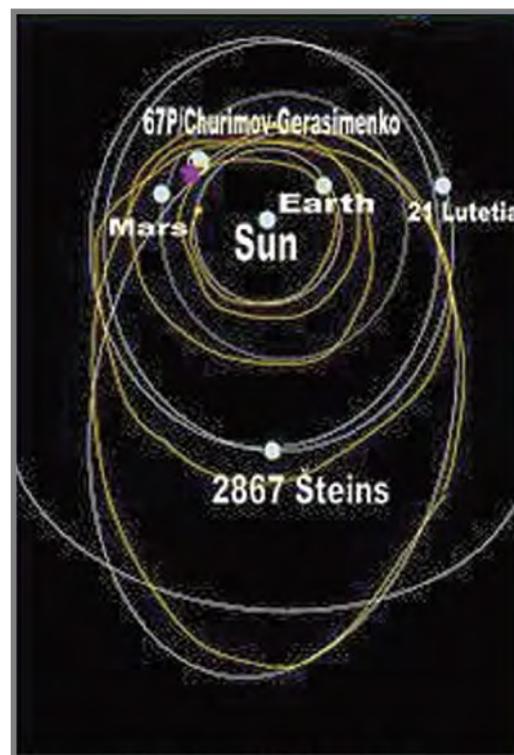
Rosetta è il satellite europeo destinato entro l'anno a depositare il suo lander Philae sul nucleo della cometa CG (il nome completo è 67P/ Churyumov-Gerasimenko). Ne seguiremo le vicende durante i prossimi mesi, sino al conseguimento dell'obiettivo, previsto per novembre, quando Philae comincerà a perforare la superficie del corpo celeste. Perché Rosetta e perché Philae? Anche nei nomi si può esprimere il senso delle grandi imprese e le aspettative che le accompagnano. Ne parleremo, ripercorrendo con l'aiuto dei suoi protagonisti le tappe di questa straordinaria rincorsa alla cometa, e ci interrogheremo sulle sue motivazioni scientifiche: in altre parole, su cosa possano dirci le comete. Ma anche, cosa dicevano, sia pure in un diverso contesto e con diverse motivazioni, ai nostri antenati, che hanno spesso cadenzato la loro storia sull'andare e venire di questi allora misteriosi messaggeri del cosmo. Di settimana in settimana, cercheremo, quindi, di mettere insieme un dossier esauriente su questa importante impresa spaziale che rilancia le capacità tecnologiche e industriali dell'Europa in un settore, come quello dello spazio, sempre soggetto a imprevedibili oscillazioni d'interesse.

Alessandro Ovi

Editore e direttore di MIT Technology Review Italia.



Launch
March 2004



End of Mission
December 2015



1. Il risveglio di Rosetta

Dopo 31 mesi, Rosetta dà nuovi segni di vita

C'era aria di attesa il 20 gennaio di quest'anno, a Darmstadt, nella sala Controllo di ESOC (European Space Operations Control). Quel giorno Rosetta doveva svegliarsi da un letargo di 31 mesi. Era stata programmata a quel sonno quando, superato Giove, si era addentrata in un'orbita troppo lontana dal Sole per trarne sufficiente energia a mantenere cariche le sue batterie e accesi i suoi strumenti.

Il suo vagare nello spazio era tutto pilotato, a parte poche e piccole spinte autonome di correzione, dai campi gravitazionali del Sole e dei pianeti. Negli ultimi anni solo la gravità l'aveva portata dove era, e dove doveva essere. Raggiunto il punto più lontano dal Sole, stava tornando indietro, ma non per venire a casa.

Doveva essere pronta a mettersi nella scia della cometa che sarebbe passata da quelle parti, avvicinarsi, girarle attorno e trovare l'assetto giusto perché Philae, il lander a quattro zampe che portava con sé, potesse sganciarsi e andare a depositarsi sulla sua superficie. Mano a mano che il segno del risveglio su uno schermo verde, un picco su un piatto segnale di rumore, tardava a comparire dopo il momento atteso, il nervosismo cresceva.

L'amico Berndt Feuerbach, grande scienziato tedesco, presidente dell'Advisory Board ESAC di cui anche io facevo parte, racconta che c'era silenzio in sala e che, dopo 20 minuti dal momento previsto per il risveglio di Rosetta, gli era arrivato un sms di Thomas Reiter, il più famoso astronauta europeo, che con un'aria apparentemente distaccata (solo un astronauta può averla così) gli chiedeva: «Siamo un po' in ritardo Berndt?». «Aspettiamo, Thomas, aspettiamo. È così lontana e ha tante cose da fare prima di dirci che è sveglia. Aprire i pannelli, scaldarsi un po', puntare verso la Terra la sua antenna, provare a trasmettere, e magari



Andrea Accomazzo, Operation Director Rosetta, nella Sala di Controllo a Darmstadt, esulta all'arrivo del segnale del risveglio di Rosetta.

non ci riesce al primo tentativo...». Dopo pochi minuti, per fortuna, lo spike tanto atteso, un picco sullo schermo verde, diceva a tutti che Rosetta si era svegliata. Un grande applauso in sala ha coperto le parole di Andrea Accomazzo, capo delle operazioni, che diceva con i pugni al cielo: «È fatta, si è svegliata». Abbracci, sollievo in sala, un senso di trionfo, anche se nulla di paragonabile alla prima volta che un Apollo riemerse con i suoi tre astronauti dal silenzio dell'altra faccia della Luna, o alla voce di Jim Lovell, comandante di Apollo 13, dopo i minuti di black out nel rientro in atmosfera, alla fine della Odissea dalla Luna, dopo l'esplosione nel modulo di servizio.

Ma una certa commozione c'era. Rosetta era una grande, ambiziosa speranza dell'attività spaziale europea, che ce la aveva fatta a svegliarsi, dopo essere

stata messa in letargo da un impulso lanciato da Accomazzo da una potente stazione in Australia.

Una cosa bella e importante. Successivi segnali informavano che i pannelli solari si erano aperti, che le batterie avevano cominciato a ricaricarsi, che era ripresa la rotazione su un asse per rendere equilibrata l'esposizione al Sole.

Insomma, Rosetta era pronta a mettersi attivamente in caccia della cometa per mandare Philae a esplorarla. Il problema di Philae non sarà stato quello di arrivare sulla superficie, ma di restarci. Una cometa, infatti, ha una gravità così bassa che la cosa più probabile per Philae sarebbe quella di rimbalzare dalla sua superficie e non poterci tornare mai più. Ma Philae ha un'ancora. Accomazzo ha pensato a tutto. Ne ripareremo nelle prossime settimane. ■ (a.o.)



4. Perché Rosetta

Berndt Feuerbacher,
Presidente della International
Astronautical Federation.

Perché la cometa è scientificamente importante?

Le comete sono relitti dell'origine del nostro sistema solare, tenuti in una sorta di congelatore cosmico ben al di là dei pianeti esterni e rimasti invariati per oltre 4,5 miliardi di anni. Quando un simile reperto viene deviato in prossimità del Sole, ci è possibile raggiungerlo. Si tratta di un'opportunità unica per imparare cose nuove del nostro Sole, della Terra, dei pianeti e persino dell'inizio della vita.

Che aspetto dovrebbe avere abbia la superficie della cometa?

Potrebbe essere formato da duro ghiaccio o da soffice neve, con spuntoni che fuoriescono o profondi canali intagliati. Nessuno ha mai visto finora la superficie di una cometa con una risoluzione migliore di un metro, e il nostro lander è di quelle stesse dimensioni.

Con che strumenti verrà studiata la superficie della cometa?

Potete consultare liberamente una descrizione di tutti gli strumenti montati su Philae sul blog dedicato, oppure sulla pagina di Rosetta, dove vengono descritte anche le strumentazioni del modulo orbitale. ■



5. Intorno alla cometa

Andrea Accomazzo,
responsabile delle operazioni
di Rosetta.

Come si può "guidare" Rosetta?

Rosetta attualmente si trova su una traiettoria di avvicinamento alla cometa la cui posizione però non è conosciuta con sufficiente precisione. Pertanto, dobbiamo fare una navigazione ottica, prendendo delle immagini della cometa per risolvere questa incertezza sulla sua posizione. Le correzioni di traiettoria di Rosetta sono assolutamente necessarie. Rosetta si sta avvicinando alla cometa, ma se non facessimo queste manovre di rallentamento, passerebbe in vicinanza della cometa e volerebbe via.

Quale è invece l'obiettivo della missione?

Noi ci vogliamo fermare alla cometa. La serie di manovre che faremo adesso ci permetterà di avvicinarci e rallentare e fermarci in prossimità della cometa. Siamo sicuri di riuscire a fare queste manovre se non si presenteranno particolari problemi, al momento non prevedibili, in modo di volare intorno alla cometa. Questa, è la grossa novità della missione Rosetta. ■

[LINK all'intervista con Andrea Accomazzo](#)



6. Una forma irregolare

Avvicinandosi alla sua meta, Rosetta svela dettagli significativi del corpo celeste.

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 12mila km, si direbbe che, proprio come per il suo nome, la cometa 67P/C-G è composta da due parti.

Un montaggio delle immagini ci permette di vedere una elaborazione della cometa. La tecnica adoperata, di nome "sub-campionamento per interpolazione", permette di rimuovere i pixel e creare un'immagine più nitida, anche se va precisato che le caratteristiche della superficie non saranno lineari come raffigurato nell'elaborazione.

Le condizioni della superficie verranno scoperte una volta più vicino. Al momento, qualunque differenza di luminosità potrebbe portare a interpretazioni errate.

Ciononostante il video, che utilizza una sequenza di 36 immagini interpolate e separata fra loro da un intervallo di 20 minuti, fornisce una stupefacente anteprima a 360 gradi della forma complessa della cometa. A prescindere dalla superficie, possiamo ugualmente distinguere con chiarezza un mondo dalla forma irregolare, tanto da essere già stata paragonata a quella di una papeira, con un corpo e una testa distinti. Un segmento sembra alquanto allungato, mentre l'altro appare più bulboso. Oggetti doppi del genere - conosciuti come sistema binario nella terminologia di comete e asteroidi - non sono rari.

In effetti, la cometa 8P/Tuttle, nelle immagini radio riprese dal telescopio di terra Arecibo a Portorico, sembrava costituita da due oggetti simili a sfere. Anche la cometa a forma di osso 103P/Hartley 2, ripresa durante il passaggio ravvicinato del satellite NASA EPOXI nel 2011, era formata

da due parti distinte, separate fra loro da una regione liscia. Inoltre, le riprese dell'asteroide 25143 Itokawa da parte dell'Hayabusa della JAXA, abbinata ai dati di terra, lasciano supporre che si tratti di un asteroide formato da due sezioni di diversa densità.

Le ricompense scientifiche per lo studio di una cometa di questo tipo sarebbero enormi, dato che esistono varie possibilità sul processo di formazione di questi corpi celesti.

Una delle teorie più affermate è che oggetti simili possano essere nati miliardi di anni fa dalla fusione fra due comete, composte da materiali differenti, durante la formazione del sistema solare, quando piccoli blocchi di detriti di roccia e ghiaccio si sono uniti per formare i pianeti. Forse la cometa 67P/C-G formerà una prova unica dei processi fisici coinvolti nell'accrescimento.

Ma potrebbe anche essere avvenuto il contrario: una singola cometa potrebbe essere stata deformata dalla forza gravitazionale di un oggetto come Giove o il Sole; del resto, le comete sono cumuli di macerie con una debole forza interna, come osservato con la frammentazione della cometa Shoemaker-Levy 9 e il successivo impatto con Giove 20 anni fa. Forse un giorno le due parti della cometa 67P/C-G si separeranno completamente.

La cometa, d'altro canto, potrebbe essere stata molto più tondeggiante in passato ed essere divenuta asimmetrica in seguito all'e-

vaporazione del ghiaccio, provocata dall'ingresso della cometa nel sistema solare e dalle successive orbite attorno al Sole.

Si potrebbe persino pensare che la particolare dicotomia morfologica della cometa sia dovuta a un catastrofico impatto che avrebbe strappato una parte della cometa. Non si può neanche escludere che una forte esplosione possa avere indebolito un fianco della cometa al punto da provocare il distacco di una sua parte.

Una volta avvicinatasi maggiormente, Rosetta potrà eseguire un'analisi spettroscopica per determinare la composizione della cometa e trarre conclusioni più certe su questa genesi ancora enigmatica.

Secondo il responsabile della missione, Fred Jansen, «attualmente, vediamo immagini che suggeriscono una forma alquanto complessa, ma resta ancora molto da apprendere prima di poter trarre delle conclusioni, non solo per quanto riguarda la scienza delle comete, ma anche per quello che sarà necessario al fine di definire l'orbita di Rosetta e l'atterraggio di Philae. Dovremo condurre analisi e modelli dettagliati della forma della cometa al fine di determinare la migliore traiettoria di avvicinamento, tenendo in considerazione i controlli di volo e l'astrodinamica, i requisiti della missione e gli elementi associati all'atterraggio. Il 6 agosto, le nostre domande troveranno una risposta». ■

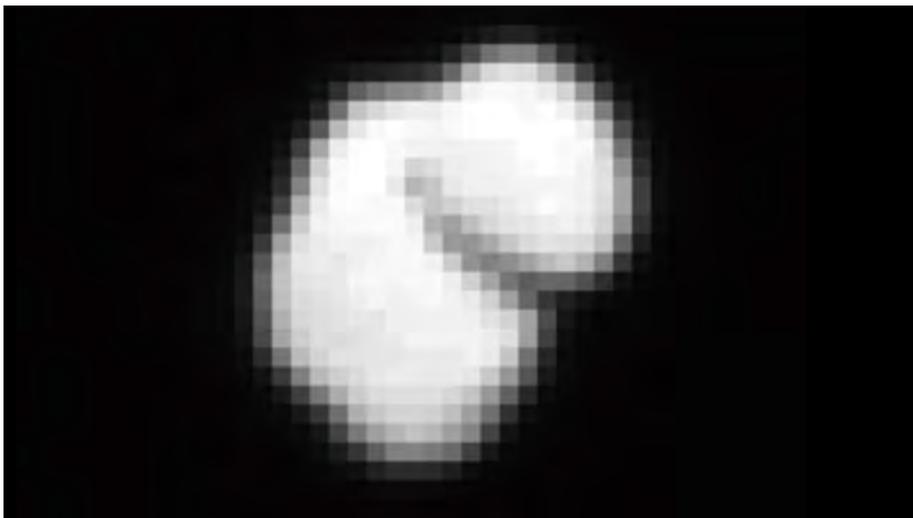
7. A un passo dalla meta

Paolo Ferri è il responsabile delle Operazioni ESA da cui dipende la struttura operativa diretta da Andrea Accomazzo, che guida anche la gestione di Rosetta.

Paolo Ferri ha passato quasi 20 anni a progettare prima, realizzare poi e a seguire dall'alto, ora, la missione di Rosetta. Lo abbiamo interpellato ed è stato affascinante seguire il racconto delle difficoltà incontrate fino dall'inizio, non solo dal punto di vista tecnico, ma anche da quello manageriale. Con l'aiuto di Andrea Accomazzo, Ferri ha superato momenti molto delicati, come quando un rinvio del lancio del Vettore Ariane di Rosetta ha obbligato il gruppo guidato dai due italiani a cambiare la cometa su cui dirigersi, perché quella scelta inizialmente non sarebbe più stata raggiungibile. Lo presentiamo qui brevemente, perché avremo occasione di risentirlo, come testimone di una storia lunga e affascinante che in agosto e novembre avrà passaggi difficili ed essenziali. Benvenuto tra noi di MIT TR, dott. Ferri. ■

[LINK all'intervista con Paolo Ferri](#)

La cometa 67P/C-G visualizzata il 14 luglio 2014 da una distanza approssimativa di 12mila km. Fonte: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS





8. Misteri e saperi

Nell'ambivalenza delle concezioni antiche e moderne della cometa si coglie l'importanza anche culturale di una impresa come quella di Rosetta.

L'icona che contraddistingue tutti gli interventi dedicati alla spedizione spaziale di Rosetta che nel prossimo novembre raggiungerà la cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, vuole segnalare, accanto ai tanti motivi d'interesse scientifico e tecnologico, un ulteriore motivo d'interesse artistico e culturale, che conferma l'importanza di una impresa lunga e difficile, con cui l'Europa torna a assumere un ruolo di rilievo nella esplorazione dello spazio.

Questo ulteriore interesse appare evidente quando si riconosce nella icona stessa un particolare della bellissima *Natività* che Giotto affrescò nella Cappella degli Scrovegni a Padova, come scena centrale del ciclo cristologico che prende le mosse dalla vita di Gioacchino e Anna, i genitori di Maria, per proseguire con episodi mariani e concludersi con la vita e la morte di Gesù. Fino ad allora (l'affresco di Giotto risale ai primissimi anni del Trecento) la stella di Betlemme, nelle scene della *Natività*, era sempre stata rappresentata in una forma specificamente stellare, secondo il testo di riferimento, nel Vangelo di Matteo, l'unico dei quattro evangelisti che ricorda esplicitamente il segno astrale.

A quale fenomeno astronomico facesse riferimento questo testo evangelico è difficile dire. Alcuni studiosi hanno avanzato l'ipotesi di una supernova, cioè di una esplosione stellare particolarmente luminosa, anche se non si può escludere almeno dal punto di vista astronomico l'ipotesi di una cometa: anzi, per maggiore precisione, proprio di quella cometa che milletrecento anni dopo avrebbe indotto Giotto a trasformare in maniera così significativa la iconografia tradizionale. Si tratta della celebre cometa di

Halley, che sembra sia stata visibile nell'anno 12 a.C., come si evince dalle testimonianze del tempo, sia in Occidente, sia in Oriente.

Perché Giotto dipinse una cometa?

Anche nel caso di Giotto, la sua così innovativa rappresentazione, oltre a rispondere al realismo estetico definito appunto come giottesco, potrebbe derivare dalla diretta visione della cometa di Halley, che nel suo millenario migrare nel sistema solare, tornò visibile nel 1301. Per altro, non fu l'unica cometa a venire registrata in quell'anno, tra Natale ed Epifania: scrive lo storico Giovanni Villani, in *Nuova Cronica*, che «nel detto anno, nel mese di settembre, apparve in cielo una stella commata con grandi raggi di fumo dietro, apparendo la sera di verso il ponente, e durò fino al gennaio».

L'accenno di Villani ci consente di cogliere l'ambivalenza insita nelle concezioni antiche e moderne della cometa. Se, da un lato, Giotto, opera con la cometa una sorta di storicizzazione del racconto sacro (ma alcuni sottolineano piuttosto le implicazioni apocalittiche della scelta di rappresentare una cometa invece di una stella per annunciare la nascita di Cristo), dall'altro lato Villani ripropone quell'evento astronomico in una chiave astrologica, che sembra caratterizzare la cometa in quanto evento inconsueto e catastrofico: «De la quale i savi astrolagi dissono grandi significazioni di futuri pericoli e danni a la provincia d'Italia, e a la città di Firenze».

A parte le troppo facili previsioni a posteriori, a riproporsi di tempo in tempo è l'idea che la cometa, oltre a parlarci di sé, di cosa sia fatta, di dove provenga, ci parli anche di qualcosa d'altro, che ieri si presupponeva stare in avanti, nel futuro, mentre oggi si cerca indietro, nel passato.

Le comete non fanno più paura

Perché questo cruciale passaggio avesse luogo ci sono voluti quattro secoli di tormentose riflessioni, filosofiche e scientifiche, una profonda rivoluzione culturale e un temperamento caustico come quello di Pierre Bayle, autorevole storico e filosofo francese che, alla fine del Seicento, per sottolineare quanto e come il pensiero del mondo e dell'uomo fosse cambiato, nel suo *Dictionnaire Historique et critique*, si mise a dare i voti ai



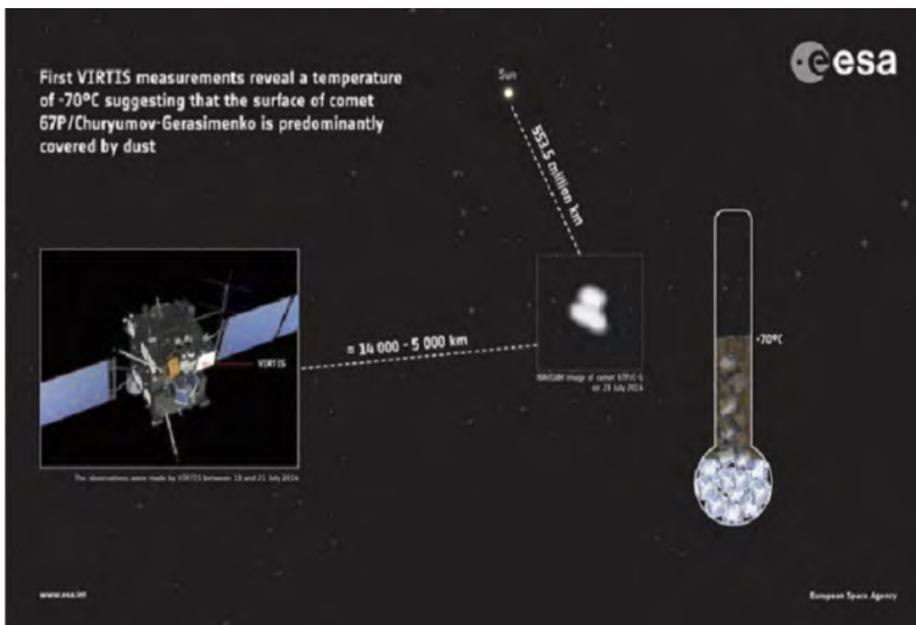
filosofi antichi e moderni (moderni per lui, ovviamente), stigmatizzando soprattutto quelli che pretendevano di avere trovato la montaliana "formula che il mondo possa aprirti". Negli stessi anni (1682) Bayle scrisse anche i due volumi dei *Pensées Diverses sur la Comète*, che dall'apparizione dell'ennesima cometa traevano spunto per criticare ogni tipo di pregiudizio, in particolare quello che «le comete, che ci inviano luce, possono benissimo inviarci qualche altra cosa». Elencando le frequenti apparizioni delle comete dal Duecento al suo tempo, ironizzava, con accenti da mediologo, che se le comete fossero segni, si tratterebbe di segni troppo frequenti, che «perdono la loro efficacia, perché ci si fa l'abitudine».

Forse anche alle immagini che ci perverranno da Rosetta finiremo per fare l'abitudine. Ma resta il fatto che Rosetta ha davvero tante cose da dirci: sul passato dell'universo, che potrebbe avere lasciato tracce ancora percepibili nel corpo della cometa; sul passato della vita, che alcuni pensano possa essere venuta da fuori, come molte altre cose che contano davvero.

In quale lingua ci racconterà la nuova Rosetta i misteri della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko? Non dovrebbero esserci dubbi: in quella "lingua matematica" in cui, secondo Galilei, è scritto il libro della natura e che è servita a disegnare le intricate e interminabili orbite di Rosetta tra il Sole e i suoi pianeti. Perciò è lecito sperare che questa volta la cometa, invece di preoccupare chi non sapeva cosa fosse e quali sventure potesse comportare, venga a confortare il nostro desiderio di saperne di più, proprio perché anche noi non possiamo e non vogliamo sottrarci al fascino del cielo stellato. (g.p.j.) ■

9. Sempre più vicino

Sta per concludersi il primo conto alla rovescia dell'appuntamento della navicella spaziale europea Rosetta con la cometa 67P/C-G. Intanto si moltiplicano le immagini del corpo celeste.

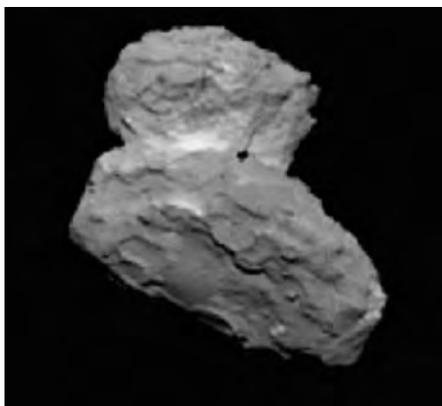


Nella seconda metà di luglio, in fase di avvicinamento, Rosetta ha misurato la temperatura della cometa mediante uno spettrometro termico a raggi infrarossi. La temperatura era di -70°C , e ciò implica che la superficie sia prevalentemente coperta di polvere piuttosto che di ghiaccio, che avrebbe dovuto risultare molto più freddo.

Questa è una immagine della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko ripresa l'1 agosto dalla telecamera OSIRIS a bordo di Rosetta, a una distanza di circa 1.000 km. Dal 24 luglio l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) pubblica una immagine al giorno, che rende particolarmente suggestiva la marcia di avvicinamento, accrescendone l'interesse.

Il giorno dopo, il 2 agosto, Rosetta fotografava nuovamente la cometa che, per quanto inquadrata in un campo più largo, offre alla osservazione nuovi dettagli.

Il 6 agosto, Rosetta e la cometa s'incontrano, tra le orbite di Giove e Marte, a circa 544 milioni di chilometri dal Sole: ancora lontano per un appuntamento così intimo.



10. A portata di mano

Il 6 agosto Rosetta ha raggiunto la cometa e ha cominciato le manovre per avvicinarsi.

Delle 10 manovre di correzione di orbita, iniziate il 7 maggio, l'ultima, quella d'inserimento nell'orbita della cometa ha avuto luogo con successo il 6 agosto.

L'ingresso in orbita di Rosetta è stato attivato da una breve, ma cruciale spinta della durata di soli 6 minuti e 26 sec, a partire dalle 09.00 GMT (*Greenwich Mean Time*), equivalente alle 11.00 CEST (*Central European Summer Time*).

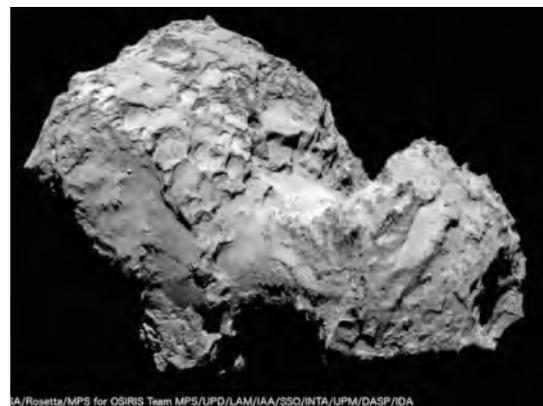
Il programma dei comandi era stato caricato durante la notte del 4 agosto.

L'inserimento in orbita significa che Rosetta comincerà a eseguire una serie di percorsi triangolari, ciascuno lungo circa 100 km, ed effettuerà una piccola propulsione a ogni vertice per spostarsi sulla tratta successiva e restare vicino alla cometa.

Ci vorranno da tre a quattro giorni per completare ogni tratta. L'altezza dei percorsi sopra la superficie sarà progressivamente diminuita fino a una quota compresa tra 5 e 10 km, da dove il *lander* Philae verrà fatto scendere sulla superficie della cometa.

La discesa sarà molto lenta a causa della bassissima gravità della cometa. ■

La cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, fotografata da 30 km.





11. La scienza e l'industria italiane per Rosetta e Philae

La partecipazione italiana alla missione Rosetta dell'Esa, Agenzia Spaziale Europea.

Oltre naturalmente all'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), anche le aziende del gruppo Finmeccanica Selex ES, Telespazio e Thales Alenia Space hanno partecipato alla missione dalle sue prime fasi: non solo nella progettazione e nella esecuzione del lungo volo verso la cometa, ma anche nella ideazione di specifici progetti di ricerca e nella realizzazione degli strumenti necessari.

Degli undici strumenti scientifici presenti a bordo dell'*orbiter* tre sono di provenienza industriale italiana (appunto della Selex ES).

VIRTIS (*Visual InfraRed and Thermal Imaging Spectrometer*), di cui è *principal investigator* (responsabile di progetto) Fabrizio Capaccioni dell'INAF-IAPS, l'Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali di Roma, combina 3 canali di osservazione in un unico strumento: due canali per la ricostruzione della mappa spettrale del nucleo della cometa; il terzo per la spettroscopia ad alta risoluzione. Queste osservazioni serviranno a selezionare la zona su cui scenderà il *lander*.

GIADA (*Grain Impact Analyser and Dust Accumulator*), di cui è *principal investigator* Alessandra Rotundi, dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope", è uno strumento in grado di analizzare composizione e velocità delle polveri e dei grani di materiale presente nella chioma della cometa.

WAC (*Wide Angle Camera*), "firmata" da Cesare Barbieri dell'Università di Padova, è una componente importante di OSIRIS (*Optical, Spectroscopic and Infrared Remote Imaging System*), il sistema di raccolta di immagini a bordo di Rosetta. OSIRIS è composto da due canali: NAC (*Narrow Angle Camera*), per ottenere mappe ad alta risoluzione del nucleo della cometa; WAC (*Wide Angle Camera*), di progettazione italiana, per ottenere mappe ad alta risoluzione del materiale gassoso e

delle polveri circostanti, che serviranno per orientare il *lander*.

A bordo del *lander* è italiano il "trapano" che provvederà all'acquisizione dei campioni dal nucleo della cometa (SD2, *Sample Drill&Distribution*), realizzato con il contributo di Selex ES e di cui è responsabile scientifico Amalia Ercoli Finzi del Politecnico di Milano. È anche italiano il sottosistema dei pannelli solari, realizzato presso lo stesso Politecnico. SD2 costituisce un componente miniaturizzato, in grado di resistere alle condizioni ambientali in cui dovrà operare per penetrare il nucleo della cometa sino a 20 cm di profondità e distribuirne i campioni in appositi contenitori, dove verranno analizzati dagli strumenti di Philae.

Per Philae è stato costituito un Consorzio Internazionale a cui partecipa ASI che, oltre alla realizzazione di SD2 e dei Solar Array (SA), ha co-gestito il progetto con un Project Manager Deputy e contribuisce alle attività a livello di sistema e di sottosistemi.

Per la missione di Rosetta, Selex ES ha aggregato a Firenze un nutrito ed entusiasta gruppo di ingegneri: per VIRTIS e GIADA, Enrico Suetta, Michele Dami, Massimo Così, Giampaolo Preti, Andrea Cisban; per SD2, Edoardo Re e Pier Giovanni Magnani.

Anche Telespazio è stata coinvolta nel programma Rosetta dalla fine degli anni Novanta, quando l'ESOC iniziò la pianificazione della missione. La sua controllata Telespazio VEGA Deutschland ha sviluppato il simulatore per l'*orbiter* e ha guidato la formazione del Flight Control Team in tutte le fasi della missione. Ha inoltre sviluppato il Mission Control System e il Mission Planning System, partecipando al Flight Control e al Flight Dynamics di Rosetta. Inoltre, supporta le operazioni connesse a Philae.

In particolare, il primo contratto acquisito da Telespazio VEGA Deutschland riguardava lo sviluppo del simulatore per l'*orbiter*, realizzato insieme ai simulatori per le missioni MarsExpress e VenusExpress. Dalla sua consegna all'ESOC di Darmstadt, il simulatore è stato utilizzato per preparare i tecnici alle varie operazioni. Le attività di simulazione sono state guidate da due



esperti di Telespazio VEGA Deutschland.

Ma Rosetta non è solo l'*orbiter*. La sonda porta a bordo infatti diversi *payload*, il più spettacolare dei quali è il *lander* Philae, progettato e realizzato da ASI, DLR e CNES. Koen Geurts di Telespazio VEGA Deutschland gestisce le fasi di *project management* generale e tecnico di Philae.

In sintesi, Telespazio è stata coinvolta in tutte le fasi della missione: dai primi scenari virtuali al contatto con la cometa.

Infine, la missione Rosetta si giova dell'esperienza di Thales Alenia Space (*joint venture* tra Thales, 67%, e Finmeccanica, 33%) nella realizzazione di satelliti scientifici. In qualità di contraente principale per conto della capocommissa Airbus Defence and Space (prima Astrium) per le attività di assemblaggio, integrazione e prove dell'*orbiter*, Thales Alenia Space ha provveduto a fornire le attrezzature meccaniche ed elettriche di supporto a Terra: MGSE (*Mechanical Ground Support Equipment*) e EGSE (*Electrical Ground Support Equipment*).

Rosetta è una missione dagli aspetti particolarmente complessi, primo fra tutti la lunga durata, per cui risulta fondamentale il lavoro sistemistico svolto da Thales Alenia Space, che ha anche realizzato il Deep Space Transponder dell'*orbiter*, per le comunicazioni con la Terra: un apparato estremamente innovativo, indispensabile nelle missioni interplanetarie. Ma altrettanto importante è la verifica delle funzionalità autonome di cui è dotata Rosetta in quanto, a causa della distanza da Terra, i segnali radio impiegano oltre 20 minuti per collegarla con il centro ESA di Darmstadt. ■



GRAZIE EUROPA

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 lontanissimo 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



12. 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.

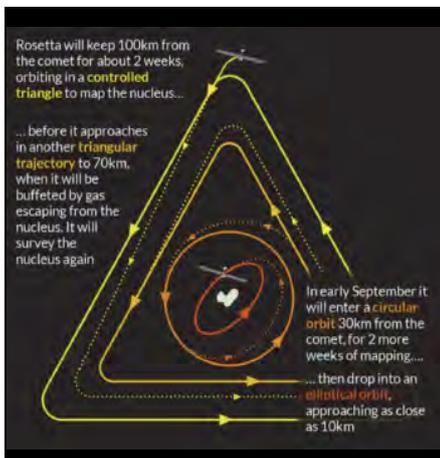


13. Avanti adagio

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. ■



14. 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'orbiter 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





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». ■

15. 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 12mila 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 30mila 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".

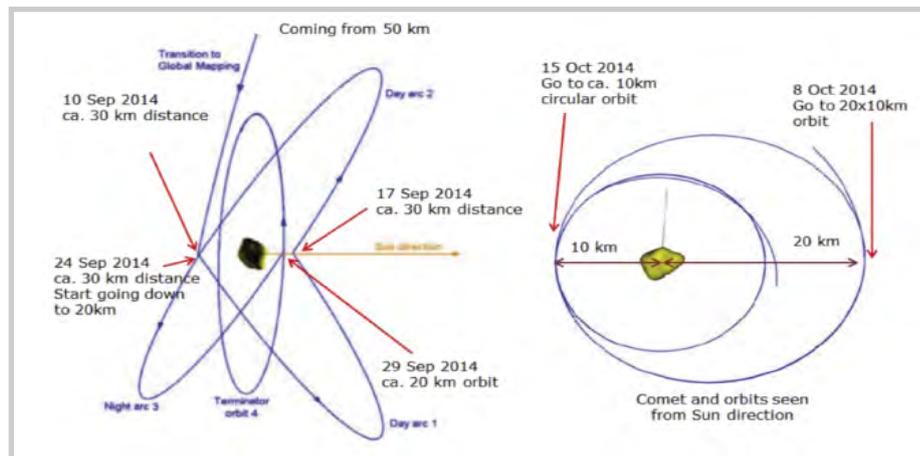
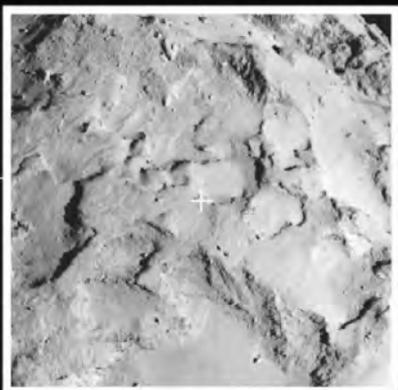
Sette giorni dopo, una volta ritornata sul piano predetto, Rosetta ha compiuto un'altra manovra per modificare il proprio piano orbitale, così da mantenere le stesse caratteristiche dell'orbita precedente, volando però nella regione "pomeridiana" della cometa.

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. ■



16. 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.

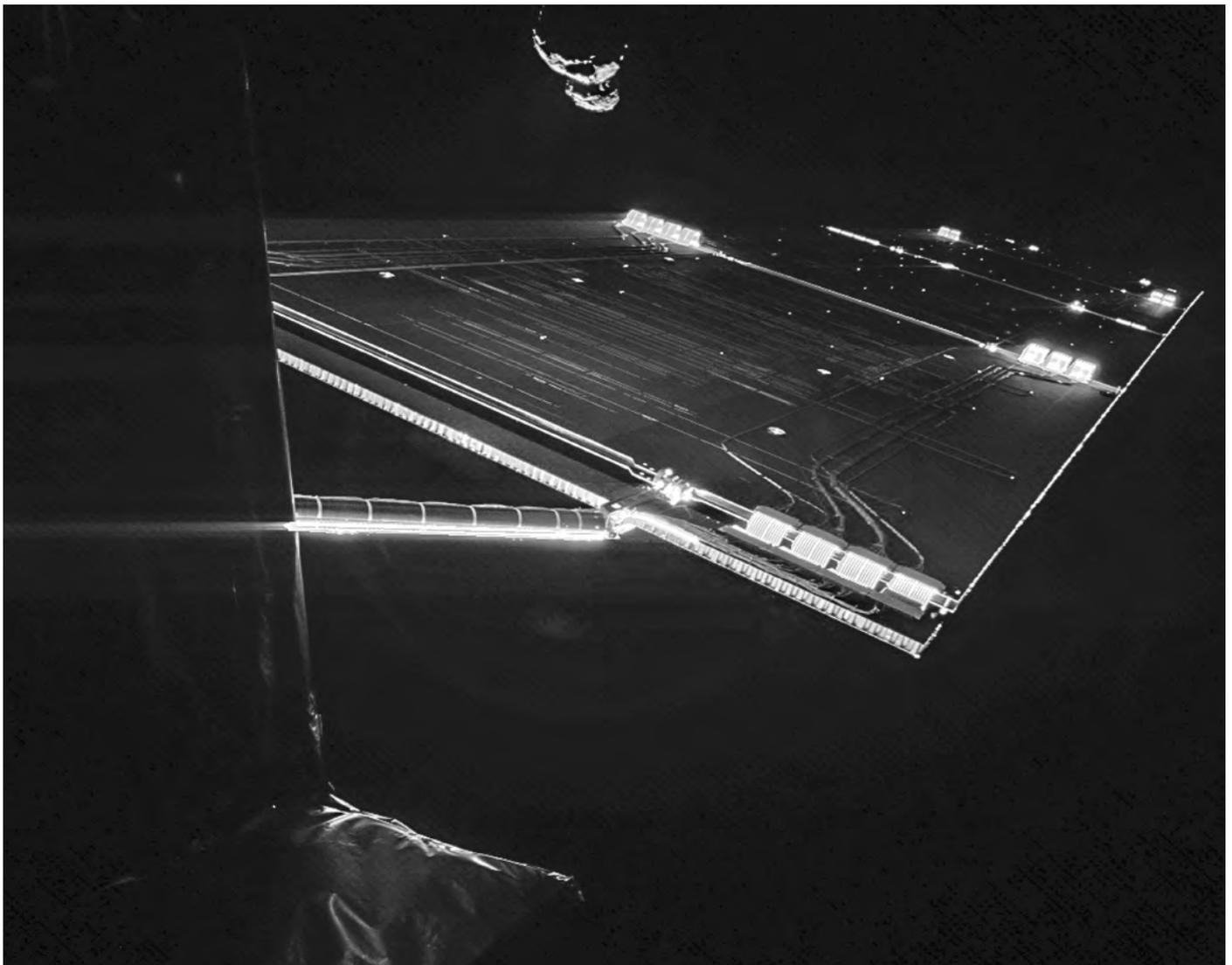
Anche il sito di atterraggio principale, attualmente conosciuto come sito J, può venire individuato sul lobo più piccolo della cometa.

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-telecamere 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'orbiter, 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. ■





17. 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". ■



18. Il contributo della Dallara

In una intervista di "ItaliaRacing.Net" Andrea Toso, leader del team Dallara che ha collaborato alla missione realizzando il trapano elettrico SD2, fornisce alcuni dettagli interamente italiani della missione Rosetta.

Quando è nata l'idea della missione Rosetta, il Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale del Politecnico di Milano, guidato dalla professoressa Amalia Ercoli Finzi, si è proposto come guida scientifica, trovando prima l'appoggio di ASI (Agenzia Spaziale Italiana), poi il consenso di ESA (European Space Agency).

Tecnospazio, azienda di Galileo Avionica poi confluita con Selex nel Gruppo Finmeccanica, ha ricevuto l'incarico di coordinare tempi, costi e specifiche tecniche dell'intero progetto per trovare aziende con esperienza nel settore dei compositi e delle strutture leggere in particolare. Perché nella progettazione aeronautica ogni grammo conta moltissimo.

Tecnospazio ha cercato anche tra le aziende del settore Motorsport, che è tra i più contigui all'industria spaziale quanto a uso di materiali, definizione dei controlli di qualità e lavorazioni. Così, insieme ad altre aziende, hanno trovato Dallara, anche se onestamente non è stata la loro prima scelta. Ferrari declinò la richiesta perché troppo impegnata nel campionato Formula 1.

«La sfida tecnica è stata soprattutto mentale! Immaginate di svolgere un esperimento scientifico senza un laboratorio in grado di riprodurre tutte insieme le condizioni reali in cui l'oggetto dovrà operare: vuoto assoluto e gravità zero, temperatura e pressione prossime allo zero, irraggiamento solare, conduzione termica tra tutti i componenti compresi i circuiti elettronici, nessuna convezione termica che smaltisca il calore dei circuiti elettronici perché aria non ce ne è, assenza di attrito e un viaggio di dieci anni in totale ibernazione durante i quali la sonda viaggia nello spazio profondo del sistema solare. Ovviamente, prima del lancio si sono condotte prove molto impegnative di "qualificazio-

ne": vibrazioni violente per simulare la fase di lancio, prove in camera ipobarica e criogenica e altre più dettagliate con varie iterazioni, perché non tutto funzionò al primo tentativo».

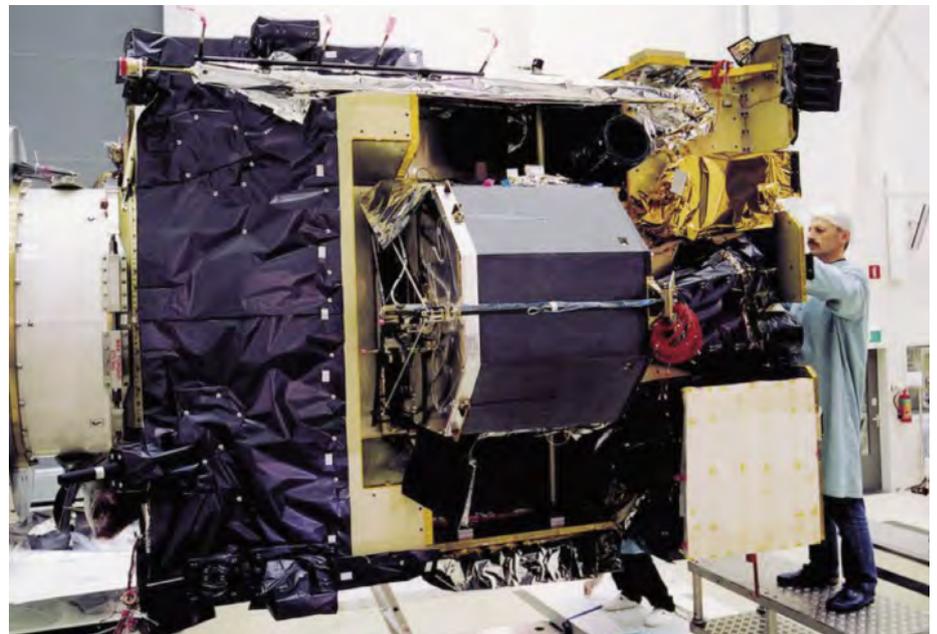
L'aspetto della missione che ha riguardato più direttamente Dallara è stato il trapano progettato e costruito a Varano Melegari, sede appunto di laboratori e fabbriche Dallara. La punta cava del trapano penetra nel suolo e la sua filettatura interna estrae schegge e campioni di materiale cometario; grazie a piccoli tubicini il materiale della cometa non sfugge libero nello spazio, ma è convogliato in alcuni "fornetti" collegati ad una "giostra" in grado di svolgere diversi esperimenti. Vi è una piccola lente che funziona da microscopio, una micro resistenza per riscaldare il materiale e così via. I dati

vengono inviati a Rosetta e di lì alla Terra. Le batterie sono così piccole che l'autonomia per svolgere tutti gli esperimenti è di appena 60 ore circa.

Interessanti sono i materiali e le tecnologie che vengono utilizzati. Due esempi: il primo è il Vespel, un materiale autolubrificante: la punta del trapano, quando penetra nella superficie della cometa, produce attrito e quindi calore, ma non c'è aria che smaltisca il calore e non ci si può permettere il lusso del grasso perché dopo dieci anni nel vuoto assoluto di grasso non può rimanere traccia.

Il secondo è l'Invar, un materiale così particolare che il suo coefficiente di dilatazione termica è nullo. Perché è necessario l'Invar? Per dieci anni la struttura di Rosetta è esposta per una metà al Sole e per l'altra metà allo spazio nero e profondo. Senza Invar i suoi due lati si dilaterrebbero in modo diverso con gravi deformazioni; queste deformazioni innescano vibrazioni termo-elastiche (provocate dalla temperatura e derivanti dalla rigidità della struttura) che compromettono la precisione delle antenne di comunicazione con la Terra e riducono l'efficienza dei pannelli solari con cui raccogliere le gocce di luce fino al punto di provocare vibrazioni catastrofiche e quindi il collasso. ■

Rosetta durante una serie di test di vibrazione condotti presso il centro ESTEC nel 2002. Fonte: ESA.





19. Il distacco di Philae da Rosetta

Dopo una notte di decisioni critiche (sono stati necessari quattro GO per arrivare all'ordine definitivo) l'avvio della procedura di separazione è stata autorizzata.

Darmstadt, 12 novembre. Il primo GO si riferiva alla conferma che Rosetta era nell'orbita giusta per consentire a Philae di scendere; il secondo GO è venuto dopo la conferma che i comandi per avviare la separazione funzionavano correttamente; il terzo GO è seguito alla verifica della buona condizione degli apparati del lander. Qui si è evidenziata la criticità che ha richiesto un quarto GO.

Il problema maggiore consiste in un malfunzionamento del sistema di discesa attiva, che fornisce una spinta per evitare rimbalzo al momento atterraggio: «Ma abbiamo deciso di andare avanti», precisa Paolo Ferri, direttore per le operazioni di

missione. «Forse però non è il sistema di discesa attiva a non funzionare, ma il suo sensore. Non c'è nulla che possiamo fare a questo punto».

Si conta quindi sulle viti da ghiaccio installate in ciascuno dei piedi della sonda e su un sistema ad arpione per bloccare Philae alla superficie della cometa. Comunque il fatto che Philae si sia staccato è importantissimo, perché ora i tecnici sono certi che Rosetta potrà continuare la sua missione, seguendo la cometa fino al Sole.

La separazione è avvenuta alle 9.35, ora di Darmstadt, ma per averne conferma è stato necessario aspettare 28 minuti e 30 secondi. Quando il segnale è arrivato, lo si è visto dalla gioia e dalle strette di mano a Ferri e Accomazzo. Felicitazioni e sollievo che hanno reso evidenti la tensione del momento e le speranze riposte nella missione di Rosetta.

Ore 12:15. È arrivata ora la conferma che il collegamento tra il lander e Rosetta è stabilito e funzionante. Perché questo fosse possibile, Accomazzo ha programmato una variazione di orbita di Rosetta che prima si è avvicinata alla cometa per "lanciare" Philae verso il suo punto di contatto sulla superficie e poi è risalita quasi verticalmente per porsi nella posizione migliore a stabilire un contatto efficace con il suo lander. ■

La foto di Philae subito dopo il distacco, ripresa da Rosetta con OSIRIS.



20. Non una, ma tre discese

Nonostante gli imprevisti, la missione di Philae può venire considerata un successo al 100 per cento per i risultati scientifici e tecnologici già conseguiti.

L'entusiasmo esplosivo dopo la verifica che realmente Philae si era posato sulla superficie della Cometa è durato poche ore; poi è arrivata la preoccupazione. Il lander era fermo, in grado di dialogare con Rosetta e quindi di inviare i dati delle misurazioni dei suoi strumenti scientifici, ma non era chiaro cosa fosse successo dopo il suo primo contatto con la superficie.

Dai riscontri telemetrici che Rosetta inviava a terra si leggeva una serie di eventi inattesi. Dopo il primo contatto con la superficie, Philae era rimbalzata due volte spostandosi di un migliaio di metri. La cosa non era sorprendente perché con la bassissima gravità della cometa il quintale di peso di Philae vale poco più di un grammo. Probabilmente non è stato il suo sistema di ancoraggio a non avere funzionato; piuttosto, la superficie della cometa non era ghiacciata come si era pensato, ma coperta da uno strato di polvere su cui le viti da ghiaccio di cui sono dotati i piedi di Philae non hanno potuto funzionare.

Malgrado perciò ci fossero state non una discesa sulla cometa, ma tre (come ha detto il capo progetto del lander, il tedesco Stefan Ulamec), Philae era alla fine ferma e continuava a scambiare segnali con Rosetta. Buon segno, perché voleva dire che la sua antenna era rivolta nella direzione giusta. Però dalle prime immagini arrivate dalla cometa si vedeva che proprio vicino al punto di discesa finale c'è una grossa roccia, alta circa tre metri, che per un certo numero di ore durante ogni rotazione della cometa avrebbe fatto ombra e

impedito ai pannelli solari di Philae di ricaricare le batterie secondarie, dato che le primarie sono in grado di funzionare autonomamente per non più di due giorni.

Le misurazioni sono comunque iniziate immediatamente con tutti gli strumenti di bordo: MUPUS, APXS, CONSERT, per lo studio della natura e delle caratteristiche della superficie della cometa. OSIRIS per raccogliere immagini. È rimasto per un poco il dubbio se procedere all'utilizzo del trapano SD2 di Amalia Finzi per raccogliere campioni sotto la superficie e analizzarli con PTOLEMY e COSAC. La paura era che la mancanza di ancoraggio comportasse il rischio di un nuovo balzo di Philae con un punto di arrivo forse peggiore dell'attuale. La decisione è stata quella di procedere comunque e il trapano ha funzionato senza problemi.

La raccolta dei dati continua e a questo punto, anche se la scarsa esposizione al Sole non permette di andare oltre i due giorni e mezzo di autonomia delle batterie primarie, si può comunque già definire al 100 per cento il successo della missione fino a ora.

È comunque possibile che tra qualche tempo, avvicinandosi al Sole, le batterie secondarie possano ricaricarsi, permettendo l'invio di nuovi dati.

Per altro, l'avvicinamento al Sole è normalmente accompagnato da un incremento notevole di emissione di gas da parte della cometa, fino alla creazione della sua coda, che potrebbe benissimo catapultare Philae nello spazio. Forse da Rosetta, relativamente al sicuro ai suoi 30 km di altezza, si potrà vedere uno spettacolo inatteso. ■

21. Philae nell'occhio di Osiris

Alcune immagini mozzafiato mostrano l'impressionante avventura del lander Philae.

Il mosaico è composto da una serie di immagini prese dalla fotocamera OSIRIS di Rosetta nell'arco dei 30 minuti trascorsi dal primo touchdown. L'orario, in GMT, di ciascuna immagine è segnato nel rispettivo riquadro. È visibile anche un confronto fra il luogo prescelto per il touchdown poco prima e poco dopo il contatto con la superficie.

Le immagini sono state prese con la fotocamera ad angolo stretto OSIRIS quando Rosetta si trovava a 17,5 km dal centro della cometa, o approssimativamente 15,5 km dalla superficie. La risoluzione è di 28 cm/pixel, e i riquadri ingranditi mostrano una superficie di 17 x 17 metri.

Da sinistra verso destra, le immagini mostrano Philae mentre discende verso la cometa prima di effettuare il touchdown. L'immagine presa dopo il touchdown, alle 15:43 GMT, confermano che il lander si stava spostando verso est, come inizialmente suggerito dai dati riportati dall'esperimento CONSERT, a una velocità di all'incirca 0,5 m/s.

Il touchdown è avvenuto alle 15:34 GMT (il segnale è stato ricevuto a Terra alle 16:03 GMT); l'immagine segnata nel grafico come "touchdown" è stata presa dopo il touchdown, alle 15:43 GMT, ma mostra chiaramente l'evidenza dell'evento quando confrontata con un'immagine scattata prima.

Non è ancora chiaro esattamente dove Philae si sia posato ma, dopo un secondo touchdown e un ulteriore rimbalzo registrato alle 17:25, si è fermato alle 17:32 GMT. Il team di visualizzazione è sicuro di rilevare la posizione esatta del lander combinando i dati di posizionamento del CONSERT con le immagini prese dalle fotocamere ROLIS e CIVA di Philae e dal sistema OSIRIS dell'orbiter. ■

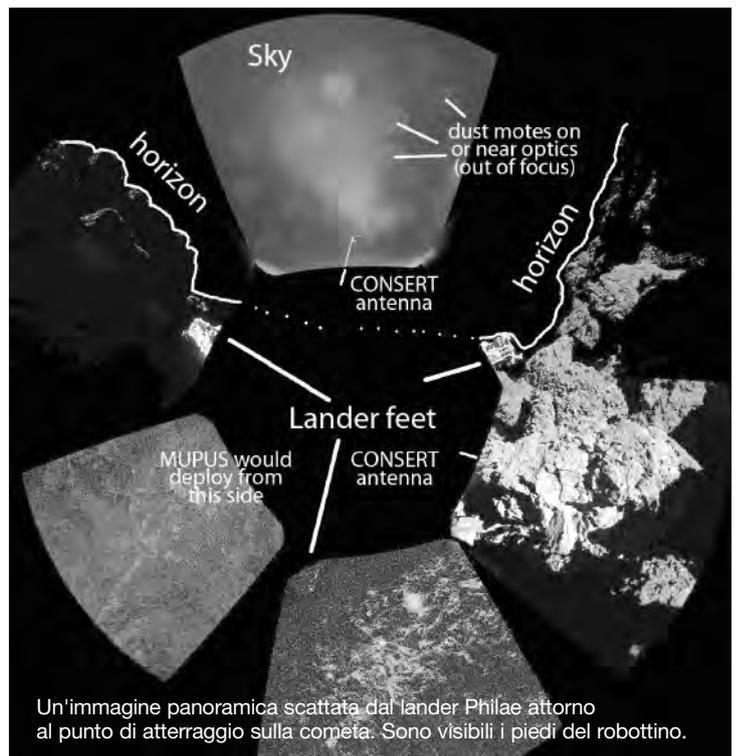
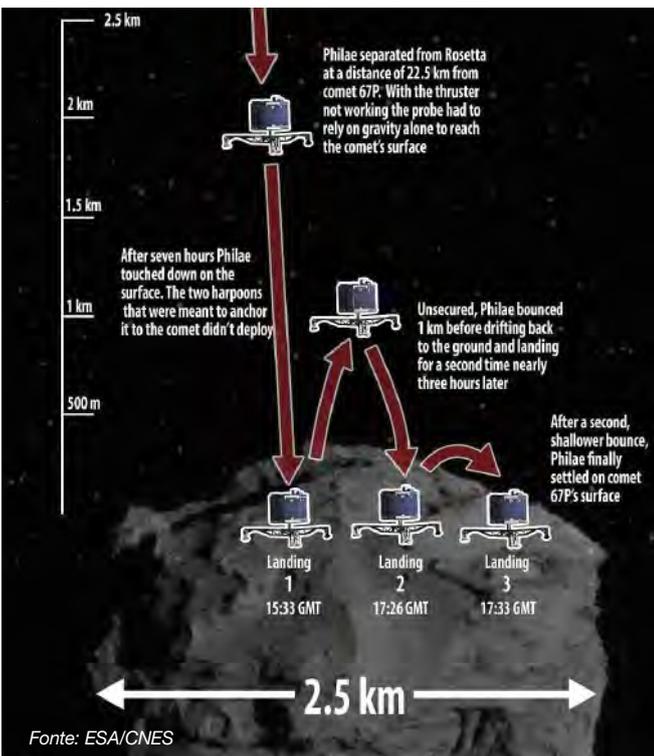
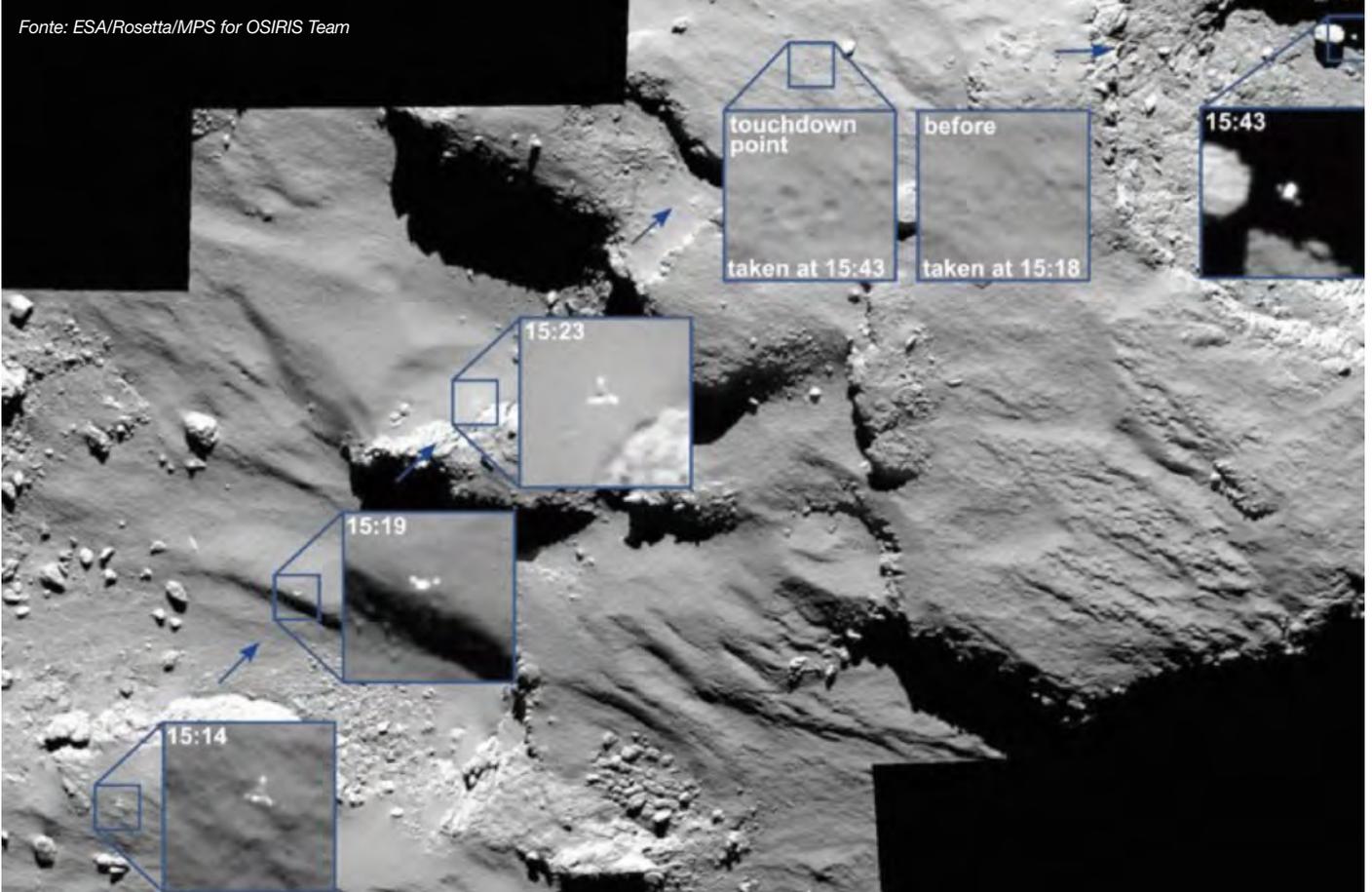
Fonte: ESA/Rosetta/Philae/Rosil/DLR



La Cometa di Rosetta



Fonte: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team



22. Il mistero dell'origine dell'acqua

La missione di Rosetta sta alimentando il dibattito sull'origine dell'acqua presente sul nostro pianeta Terra.

Rosetta, la navicella dell'Agenzia Spaziale Europea, che appena un mese fa ha raggiunto un traguardo storico, ha scoperto che il vapore acqueo della cometa 67P/C-G è considerevolmente diverso rispetto a quello che si trova sulla Terra. Questa scoperta fomenta il dibattito sull'origine degli oceani del nostro pianeta.

Le misurazioni sono state effettuate nel mese che è trascorso dall'arrivo di Rosetta

alla sua meta il 6 agosto scorso. È stato uno dei risultati iniziali più attesi, visto che l'origine dell'acqua sulla Terra resta tutt'oggi una domanda aperta.

Secondo una delle ipotesi più gettonate sulla formazione della Terra, quando il pianeta si formò 4.6 miliardi di anni fa, la sua temperatura era talmente elevata da vaporizzare qualunque riserva originale di acqua.

Oggi, però, due terzi della superficie sono ricoperti da acqua. Da dove è arrivata, dunque, tutta quest'acqua?

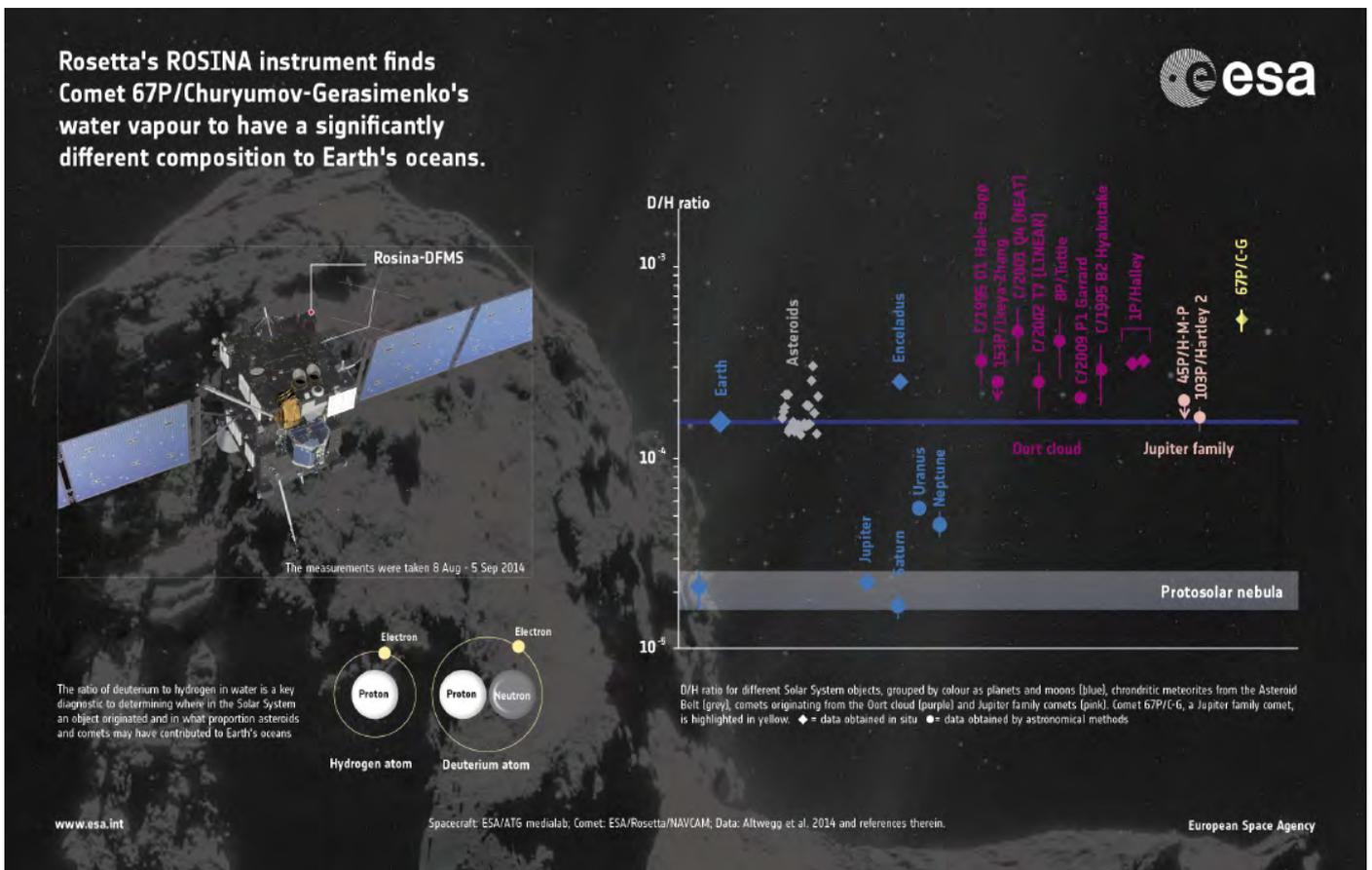
In questo scenario, l'acqua sarebbe stata trasportata da comete e asteroidi che si sarebbero scontrati con il pianeta una volta raffreddatosi. Il contributo relativo di ciascuna classe di oggetto alle riserve idriche del pianeta, però, resta un mistero.

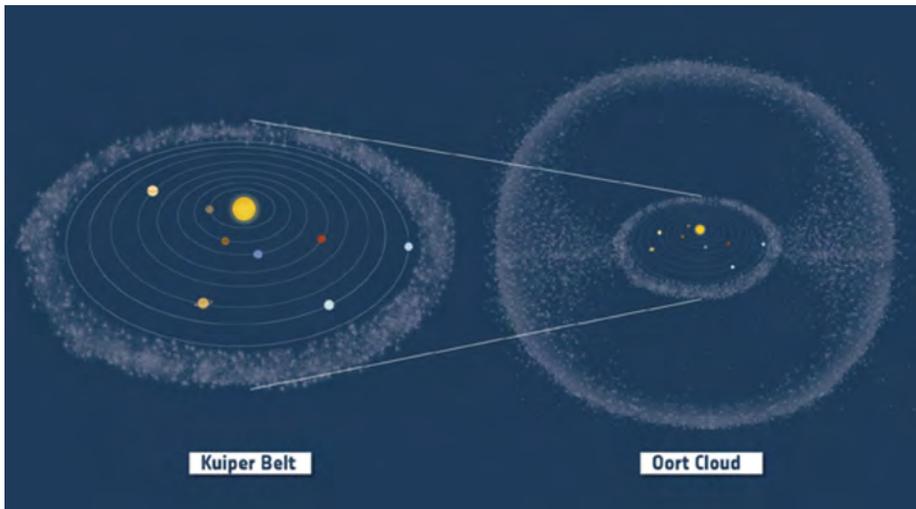
Uno dei punti fondamentali consiste nel confrontare il valore specifico di ciascuna tipologia di oggetto con quello misurato negli oceani terrestri, così da determinare quanto ciascuna tipologia di oggetto

potrebbe aver contribuito alla formazione dell'acqua della Terra.

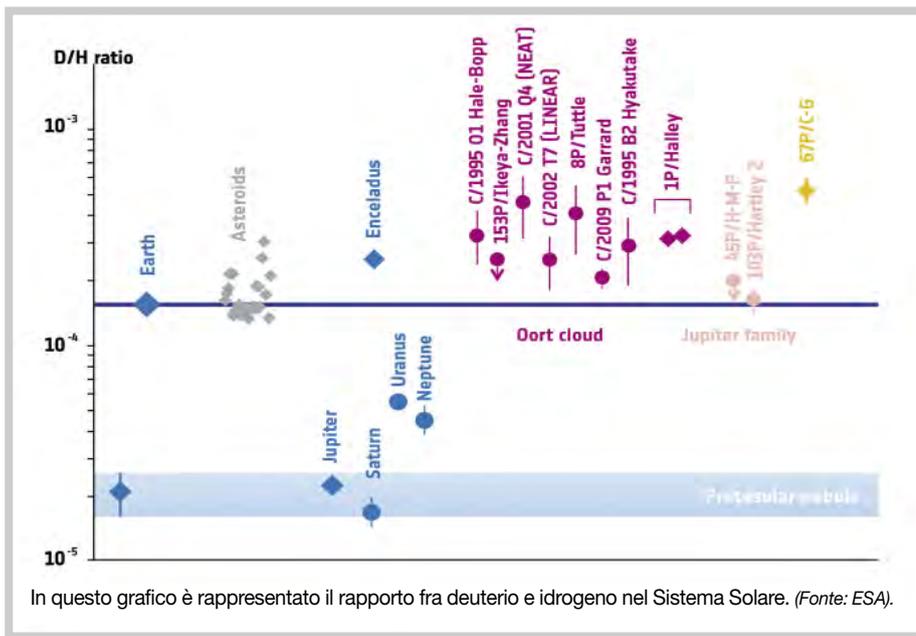
La chiave per determinare l'origine dell'acqua si trova nel suo "sapore". Nel caso del vapore acqueo trovato sulla cometa 67P/C-G, questa caratteristica è determinata dalla proporzione di deuterio - una forma di idrogeno che presenta un neutrone addizionale - rispetto al normale idrogeno. Questa proporzione è un importante indicatore della formazione ed evoluzione iniziale del Sistema Solare, con simulazioni teoriche che mostrano come dovrebbe variare in base alla distanza dal Sole e con il trascorrere dei primi milioni di anni.

Misurazioni precedenti del rapporto fra deuterio e idrogeno (D/H) in altre comete hanno mostrato un'ampia gamma di valori. Delle 11 comete che sono state misurate come risultato della missione ESA Herschel (2011) solamente la cometa 103P/Hartley 2, appartenente alla famiglia di comete di Giove, ha una corrispondenza con la composizione dell'acqua sulla Terra.





Questa immagine raffigura la cintura di Kuiper Belt e la nube di Oort Cloud contestualizzate (Fonte: ESA).



In questo grafico è rappresentato il rapporto fra deuterio e idrogeno nel Sistema Solare. (Fonte: ESA).

Per contrasto, anche i meteoriti che ricadono dagli asteroidi della Cintura di Asteroidi riflettono la composizione dell'acqua terrestre. Di conseguenza, nonostante il fatto che gli asteroidi abbiano un contenuto complessivo d'acqua assai inferiore, un grande numero d'impatti con la Terra potrebbe comunque spiegare l'origine dei nostri oceani.

È per questo motivo che le indagini di Rosetta sono importanti. Infatti, il rapporto D/H misurato tramite il Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis, o ROSINA, è più di tre volte superiore

rispetto a quello degli oceani terrestri e della cometa Hartley 2. È persino più grande rispetto al valore riscontrato in ciascuna delle comete di Oort.

«Questa sorprendente scoperta potrebbe indicare una origine diversa delle comete di Giove, che forse si sono formate lungo una gamma di distanze più ampia di quanto avessimo immaginato finora», dice Kathrin Altwegg, principal investigator di ROSINA e responsabile del Rapporto pubblicato su "Science", in cui vengono descritti questi risultati. «La nostra scoperta permette

anche di annullare l'idea che la famiglia di comete di Giove contengano esclusivamente acqua simile a quella degli oceani sulla Terra, dando maggiore peso ai modelli che indicano gli asteroidi come principale meccanismo di consegna nella formazione degli oceani terrestri. Sapevamo che l'analisi in situ di Rosetta ci avrebbe regalato delle sorprese sul quadro complessivo del Sistema Solare e questa incredibile osservazione non fa che alimentare il dibattito sulle origini dell'acqua della Terra», dice Matt Taylor, project scientist di Rosetta.

«Continueremo a seguire il comportamento della cometa nella sua orbita attorno al Sole per approfondire ulteriormente il misterioso mondo delle comete e cercare di comprendere meglio l'evoluzione del Sistema Solare».

Le comete sono un oggetto davvero unico per il sondaggio del Sistema Solare agli albori della sua nascita: conservano infatti gli avanzi di materiale derivati dal disco proto-planetario da cui sono nati i pianeti e, di conseguenza, dovrebbero riflettere la composizione primordiale dei loro luoghi di origine.

Grazie alla dinamica del Sistema Solare dalla sua formazione, però, questo processo non è lineare. Le comete più distanti, che provengono dalla distante Oort, si sono formate nella regione di Urano e Nettuno, a una distanza dal Sole sufficiente a permettere al ghiaccio di sopravvivere.

Queste comete sono state scagliate verso le estremità più remote del Sistema Solare a seguito delle interazioni gravitazionali provocate dal loro passaggio nell'orbita dei giganteschi pianeti gassosi.

Si pensava che la famiglia di comete di Giove, a cui la cometa 67P/C-G appartiene, si fossero formate ancora più lontano, nella cintura di Kuiper, oltre Nettuno. Occasionalmente, questi corpi celesti vengono allontanati da quella regione e scagliati verso il Sistema Solare interno, dove le loro orbite vengono controllate dall'influenza gravitazionale di Giove.

La cometa di Rosetta, di fatto, sta viaggiando attorno al Sole rimanendo fra le orbite della Terra e di Marte, nel punto più vicino, e appena oltre l'orbita di Giove, nel punto più lontano, con una tempistica di circa 6.5 anni. ■

23. L'esplorazione continua

Nelle sue orbite attorno alla cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, Rosetta continua a scattare foto che stanno permettendo di costruire un mosaico fotografico della sua superficie.

Il mosaico pubblicato il 16 novembre 2014 sul blog di Rosetta (ESA/Rosetta/NAVCAM) mostra il lato inferiore del lobo più grande della cometa, in cui si situa la regione che ospita il masso Cheops e le pietre vicine.

L'immagine evidenzia la differenza fra la regione piatta, all'interno della quale si trova il masso Cheops, e le aree circostanti, ricche di crateri, fossati e colli.

In linea con il criterio di denominazione – basato sull'antico Egitto – che è stato scelto dagli scienziati della missione

Rosetta per descrivere elementi caratteristici della cometa, questa regione piatta e il terreno più accidentato che si scorge in alto a destra, sono stati chiamati Imhotep, ispirandosi al famoso architetto delle piramidi egiziane del XXVII secolo a.C.

Il nome di questa regione è stato presentato in occasione della sessione speciale, dedicata a Rosetta, nel corso dell'incontro autunnale dell'AGU, la American Geophysical Union, tenutosi a San Francisco.

Come nelle altre occasioni, la rotazione e lo spostamento della cometa durante gli

scatti rendono difficoltosa la realizzazione di un mosaico accurato. Per cogliere queste lievi sfasature, si può fare riferimento alla immagine quadripartita in basso a destra.

Vale la pena precisare che il masso Cheops (visibile nelle immagini in alto e in basso a sinistra del montaggio) è diventato un elemento fondamentale per la definizione di uno schema di riferimento per le coordinate scientifiche sulla cometa. Infatti, uno degli assi di questa griglia di riferimento corre dal baricentro della Cometa 67P/C-G e passa attraverso il masso Cheops. ■

L'immagine in alto a destra non è altro che un mosaico composto da quattro immagini scattate il 14 dicembre scorso a una distanza di 19,4 km dal centro della Cometa 67P/ Churyumov-Gerasimenko. La risoluzione dell'immagine è di 1,66 m/pixel, e il mosaico misura 3,0 x 3,1 km.

