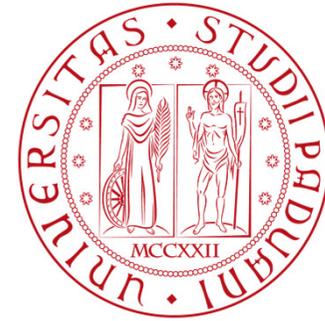


CISAS
G. COLOMBO



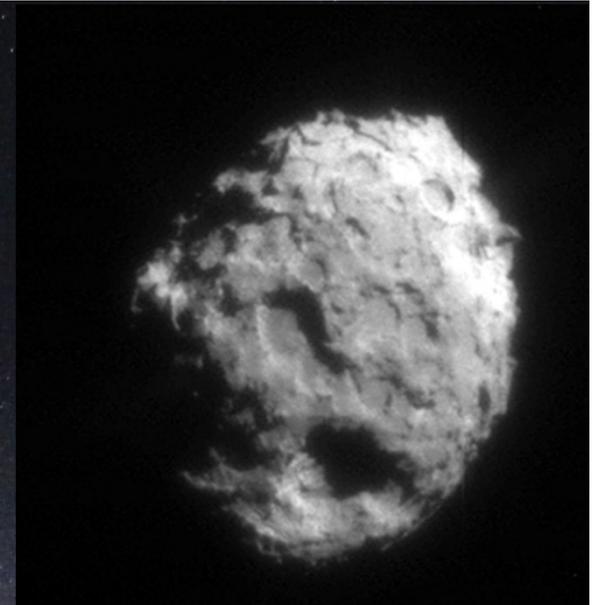
Il viaggio della sonda Rosetta verso la cometa gioviana Churyumov-Gerasimenko

Ivano Bertini – Centro di Ateneo di
Studi ed Attività Spaziali (CISAS)
'G. Colombo', Università di Padova

Schema del seminario

- Cosa sono le comete e perché è importante studiarle
- La cometa gioviana Churyumov-Gerasimenko, bersaglio principale della missione Rosetta
- Che cos'è Rosetta e quale è stato il suo cammino verso la cometa
- I risultati scientifici ottenuti fino ad ora
- Il prossimo futuro di Rosetta

Le comete



La cometa Wild 2 vista dalla sonda
NASA Stardust nel 2004



La cometa Mc Naught vista da Terra nel 2007



Perché studiamo le comete

A) Sono gli oggetti **più primitivi** del Sistema Solare e quindi ci danno informazioni sui materiali originari che hanno formato i pianeti.

Ci sono tre motivi per cui si pensa che le comete siano oggetti primitivi:

- 1) Sono oggetti piccoli e quindi non hanno subito una compattazione ed un metamorfismo gravitazionale
- 2) Sono oggetti molto porosi (molte si sbriciolano passando vicino al Sole) e quindi il calore del Sole non riesce a penetrare molto all'interno del nucleo preservandone la struttura originale
- 3) Vivono in un ambiente dove le collisioni sono piuttosto rare (al contrario degli asteroidi di fascia principale)

Perché studiamo le comete

B) Possono essere legate alla presenza della vita sulla Terra in quanto hanno portato in passato, dopo la formazione della Terra quando il Sistema Solare era in uno stato più caotico di quello attuale, acqua e sostanze prebiotiche in abbondanza.

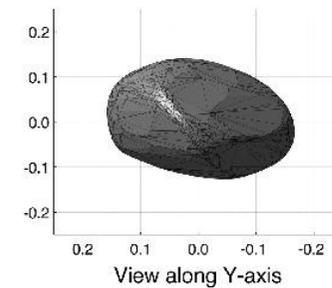
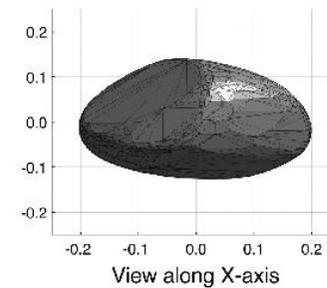
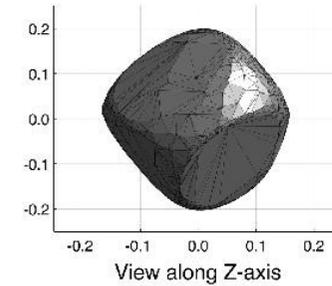
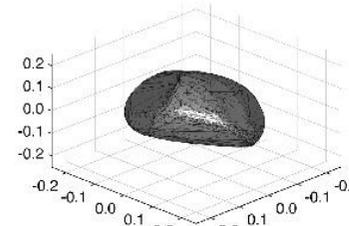
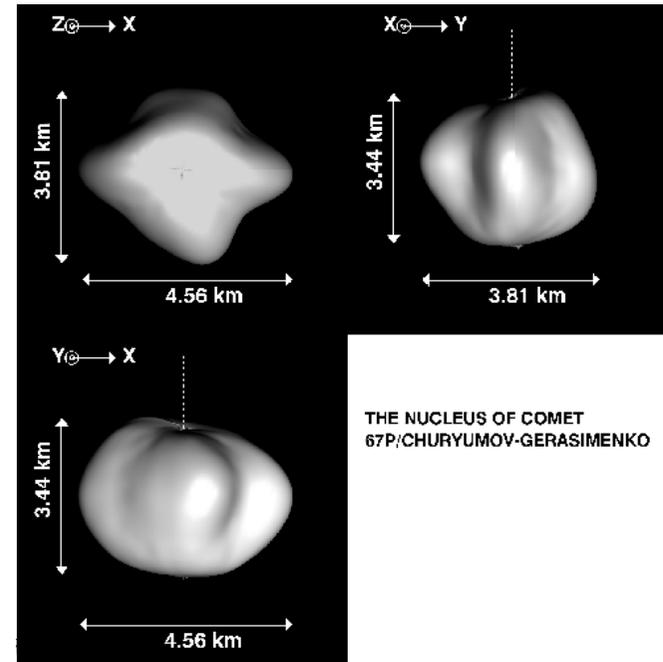
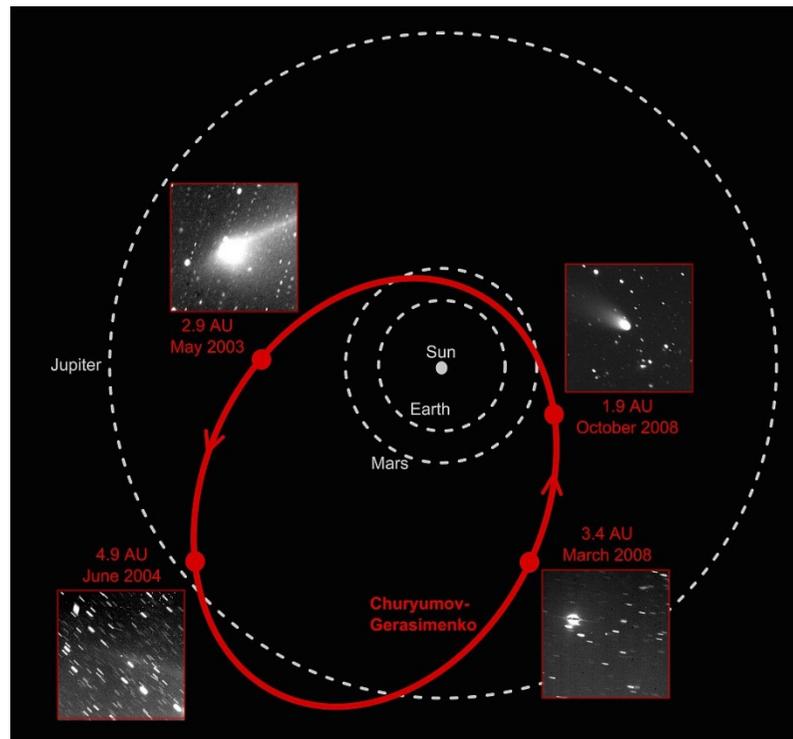
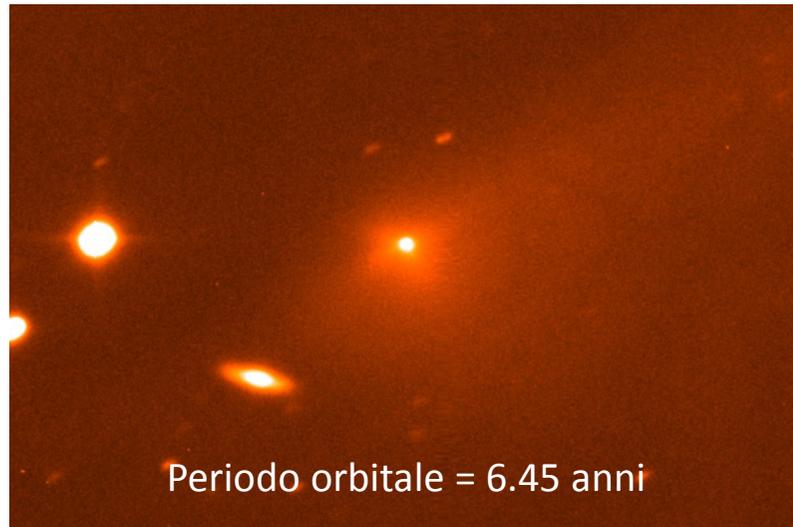


Perché studiamo le comete

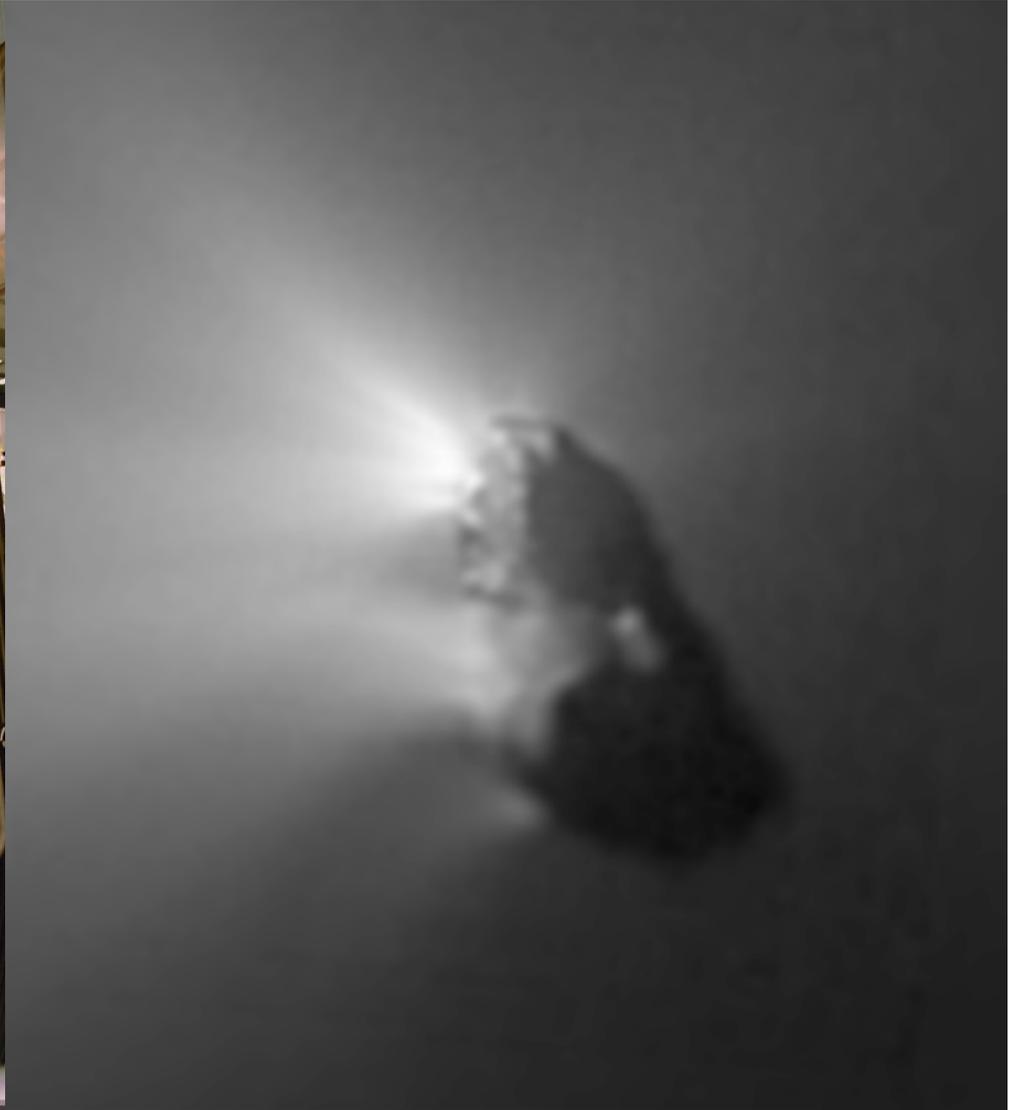
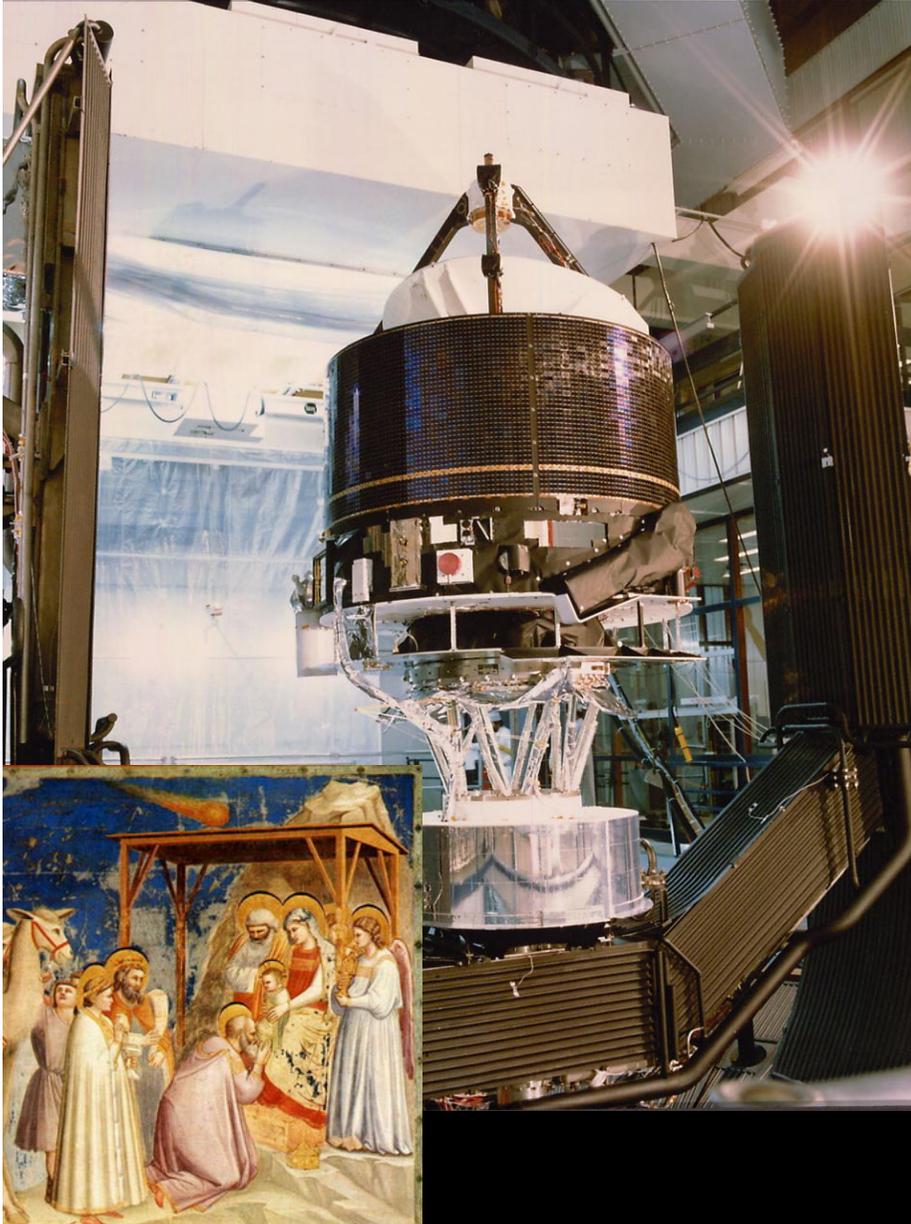
C) Possono costituire un pericolo di impatto con la Terra. Sapere di cosa e come sono fatte può aiutare a mitigare il rischio di impatto e gli eventuali danni.



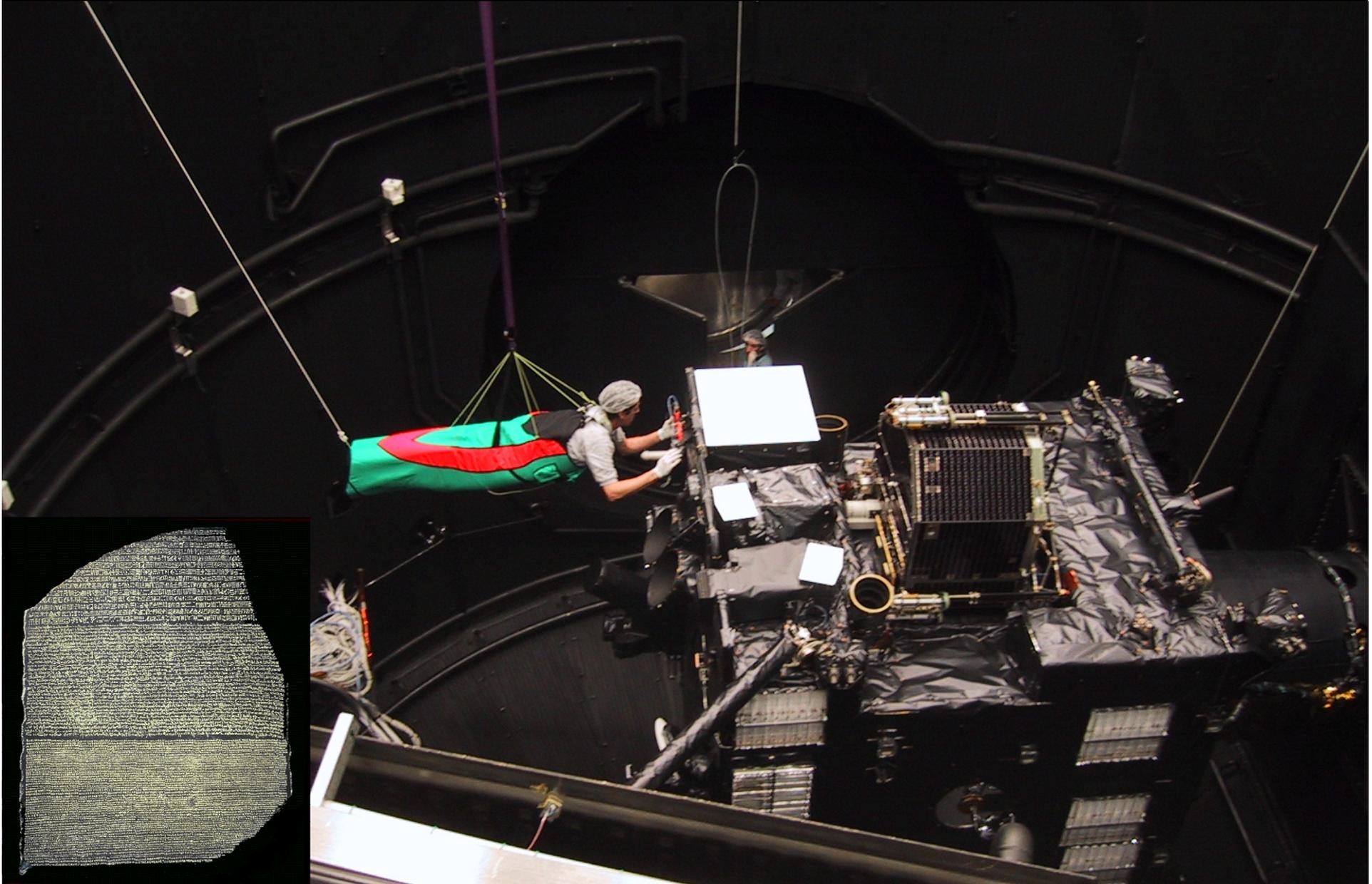
La cometa gioviana Churyumov-Gerasimenko



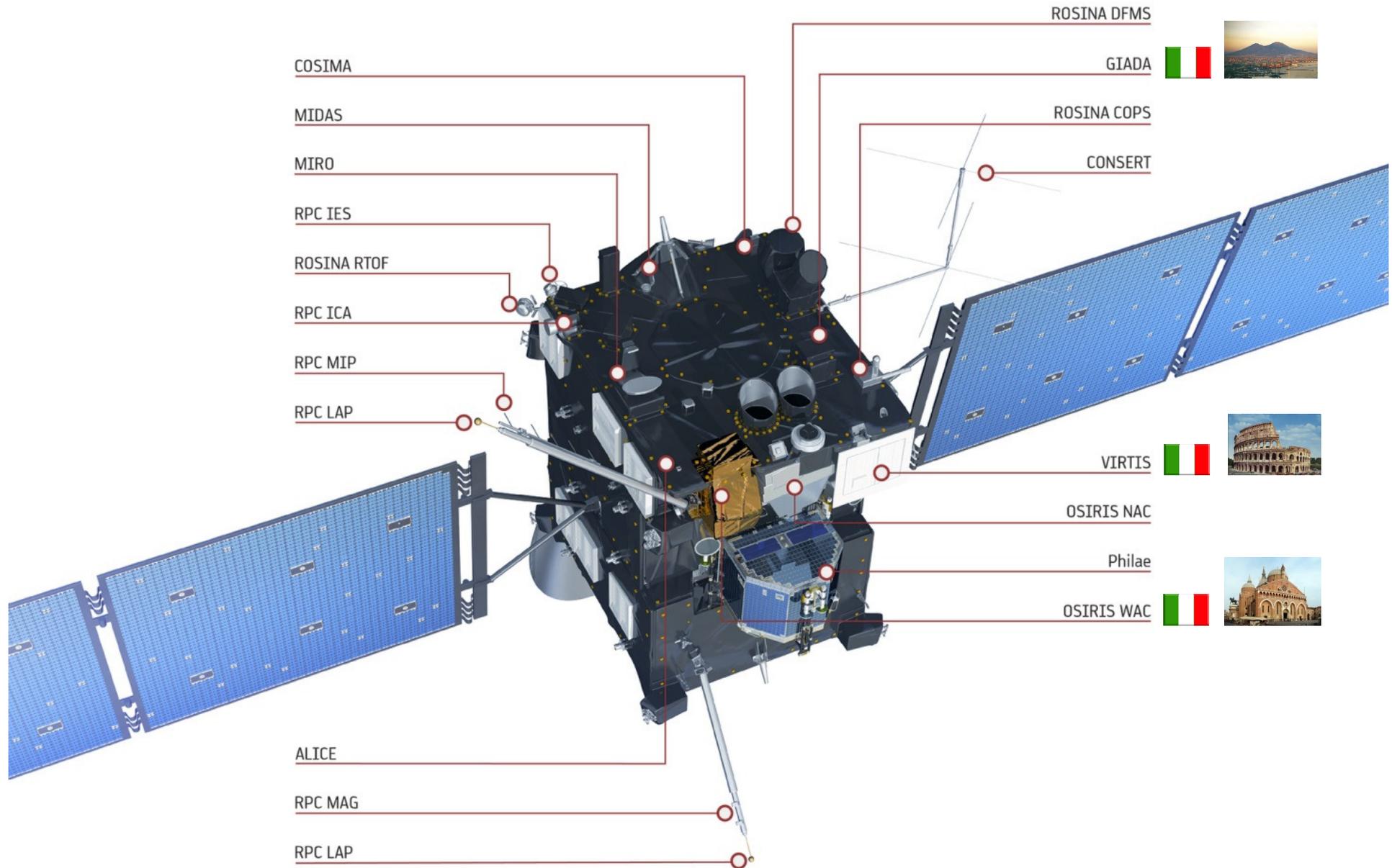
Da Giotto...



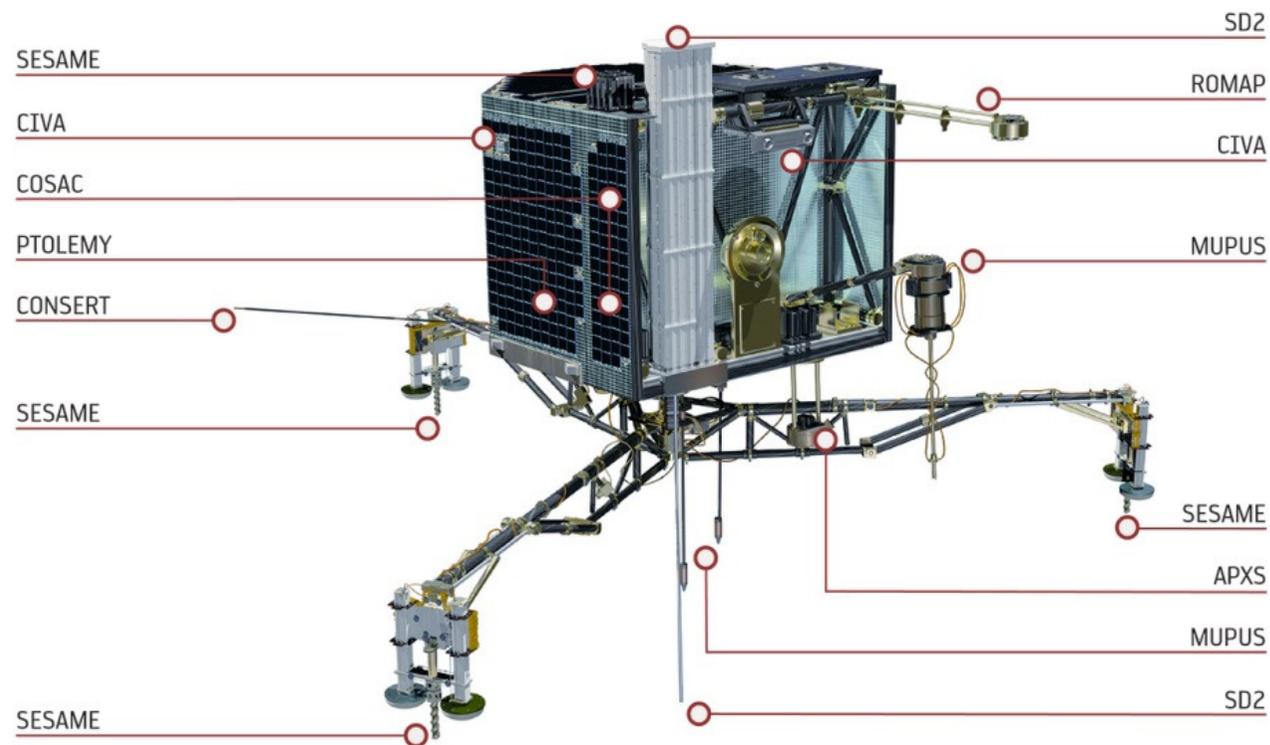
... a Rosetta



Gli strumenti a bordo di Rosetta



Gli strumenti a bordo di Philae



La Traiettoria Interplanetaria

Imaging & spectroscopy in
the optical, UV, IR, millimetre
OSIRIS, ALICE, VIRTIS, MIRO

Gas & dust mass spectroscopy
ROSINA, COSIMA

Dust structure, distribution,
sizes, & microscopy
GIADA, MIDAS

Plasma experiments
RPC

Tomography of
the nucleus
CONSERT

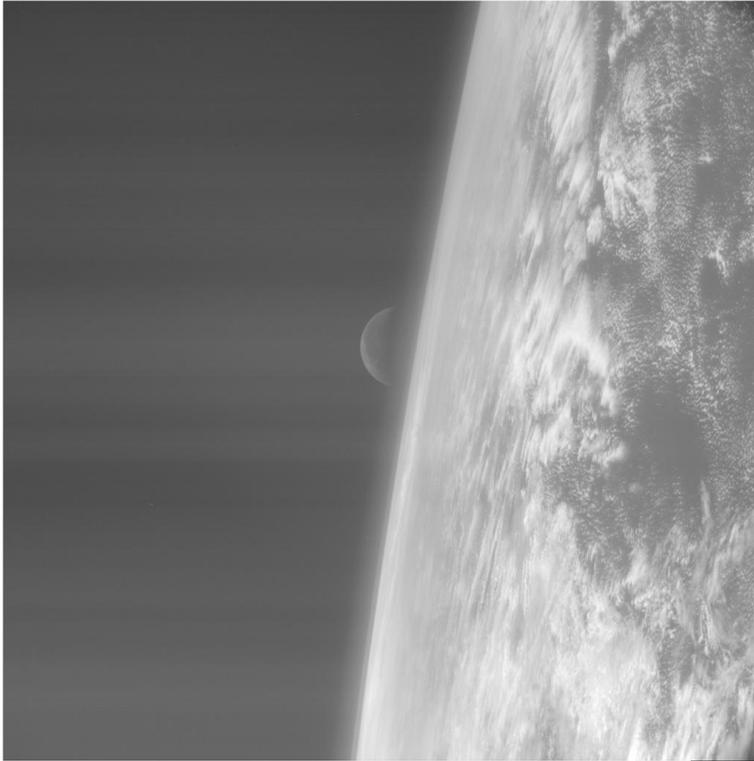
Imaging during descent,
surface panorama, &
microscopy
ROLIS, ÇIVA

Gas, dust, organics, & plasma
*COSAC, MODULUS PTOLEMY,
APXS, ROMAP*

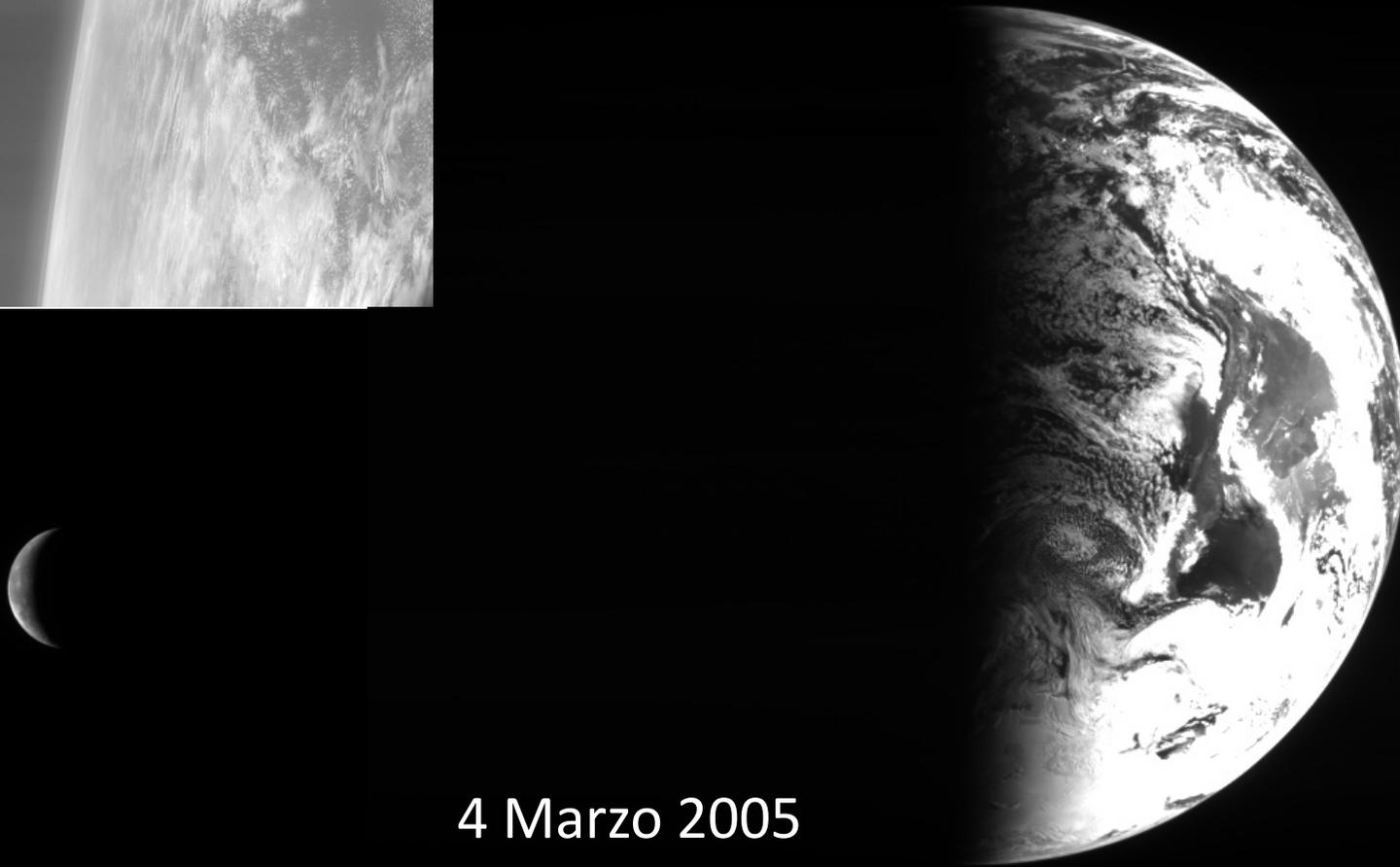
Analysis of surface &
sub-surface
SD2, MUPUS, SESAME

Radio science
RSI

Primo Incontro con la Terra

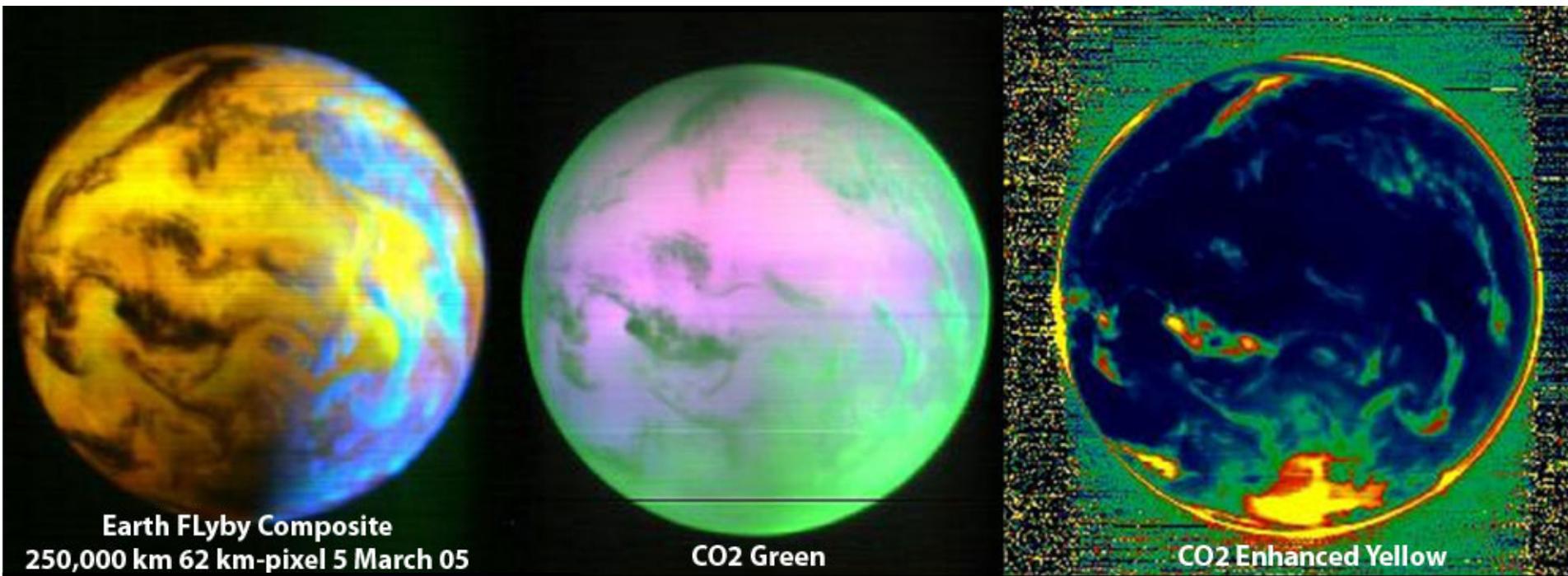


Immagini NAVCAM

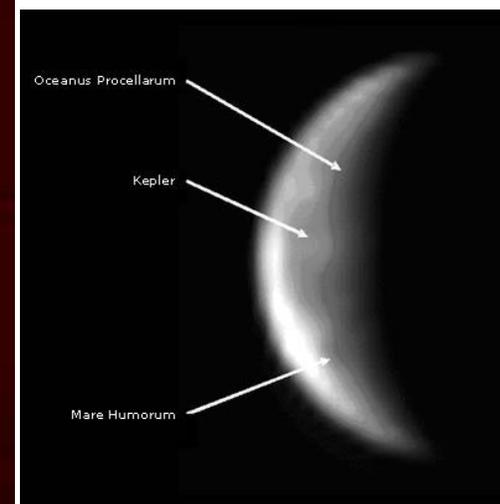
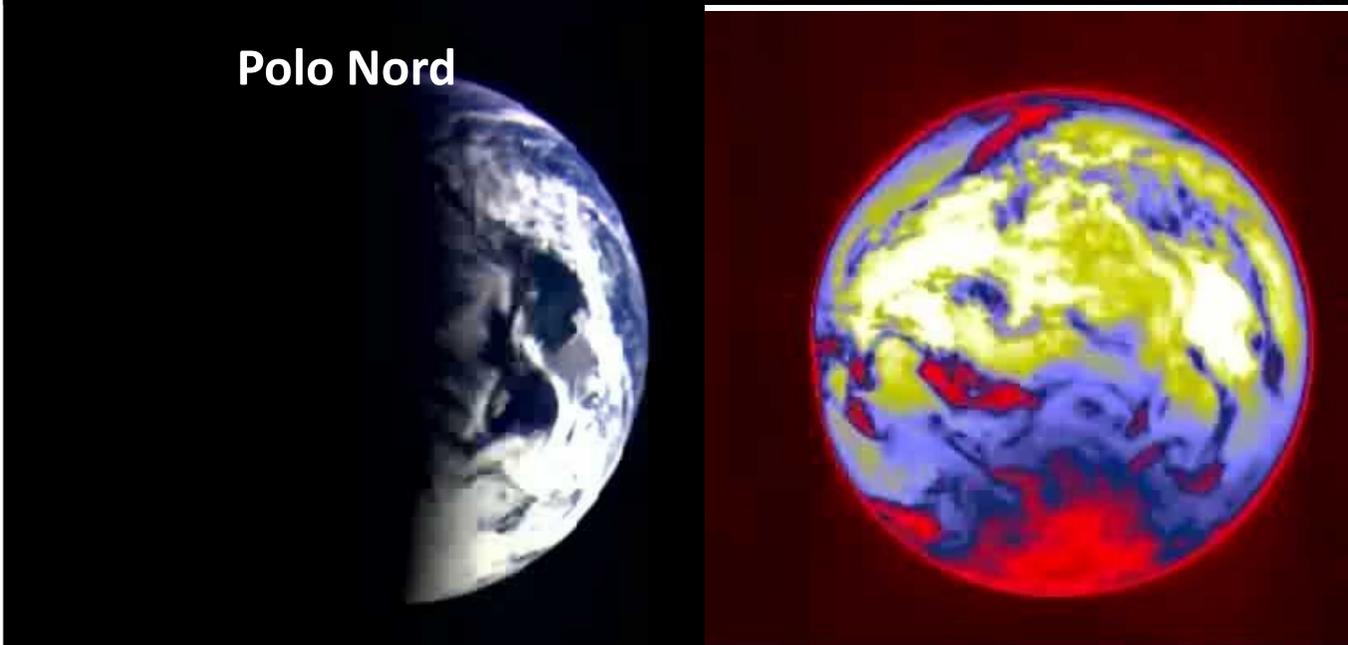


4 Marzo 2005
CA = 1900 km

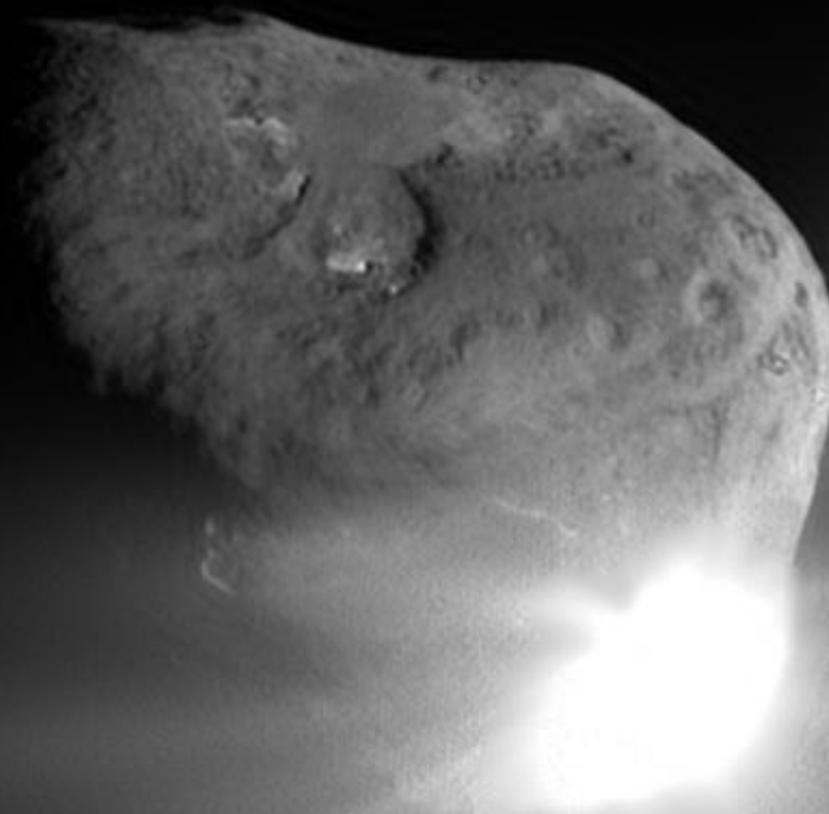
Immagini VIRTIS



Polo Nord

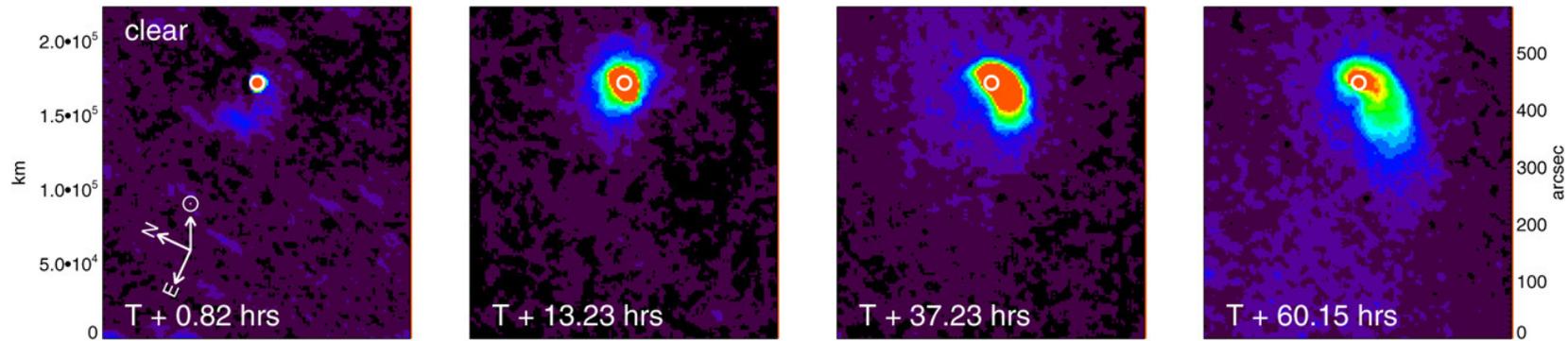


L'evento Deep Impact sulla cometa Temple 1

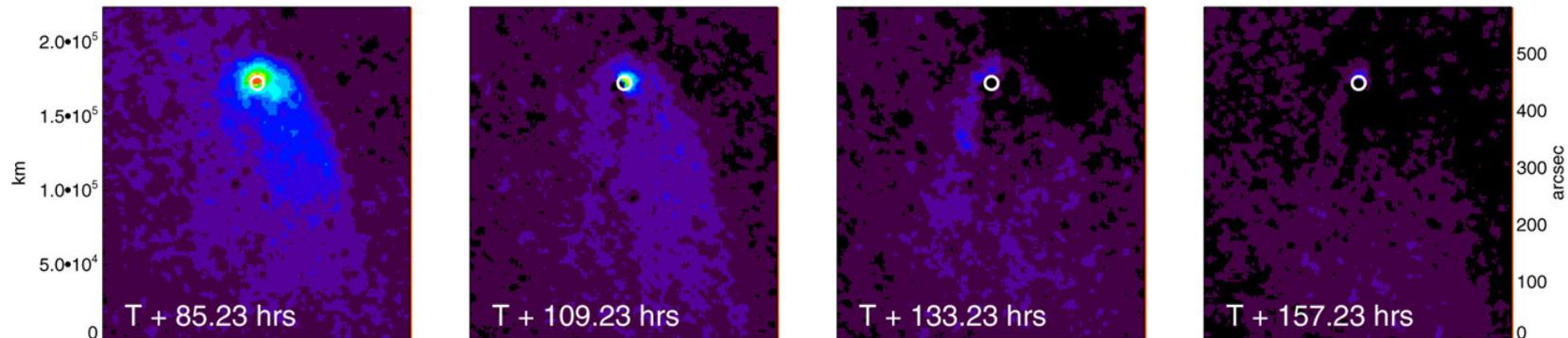


4 Luglio 2005
Proiettile: 362 kg di rame
 $V = 10.2 \text{ km/s}$
 $R_h = 1.51 \text{ AU}$

La visione di OSIRIS



NAC Clear Filter image of the ejecta plume (post-impact image divided by pre-impact image)



Osservazioni OSIRIS continue dal 28 Giugno al 14 Luglio da una distanza di 0.53 UA

Osservazioni della polvere e del suo tasso di produzione e dell' OH e del tasso di produzione dell' H₂O → rapporto in massa polvere/acqua > 1 → cometa come 'palla di polvere ghiacciata' più che 'palla di neve sporca'

L'incontro con Marte

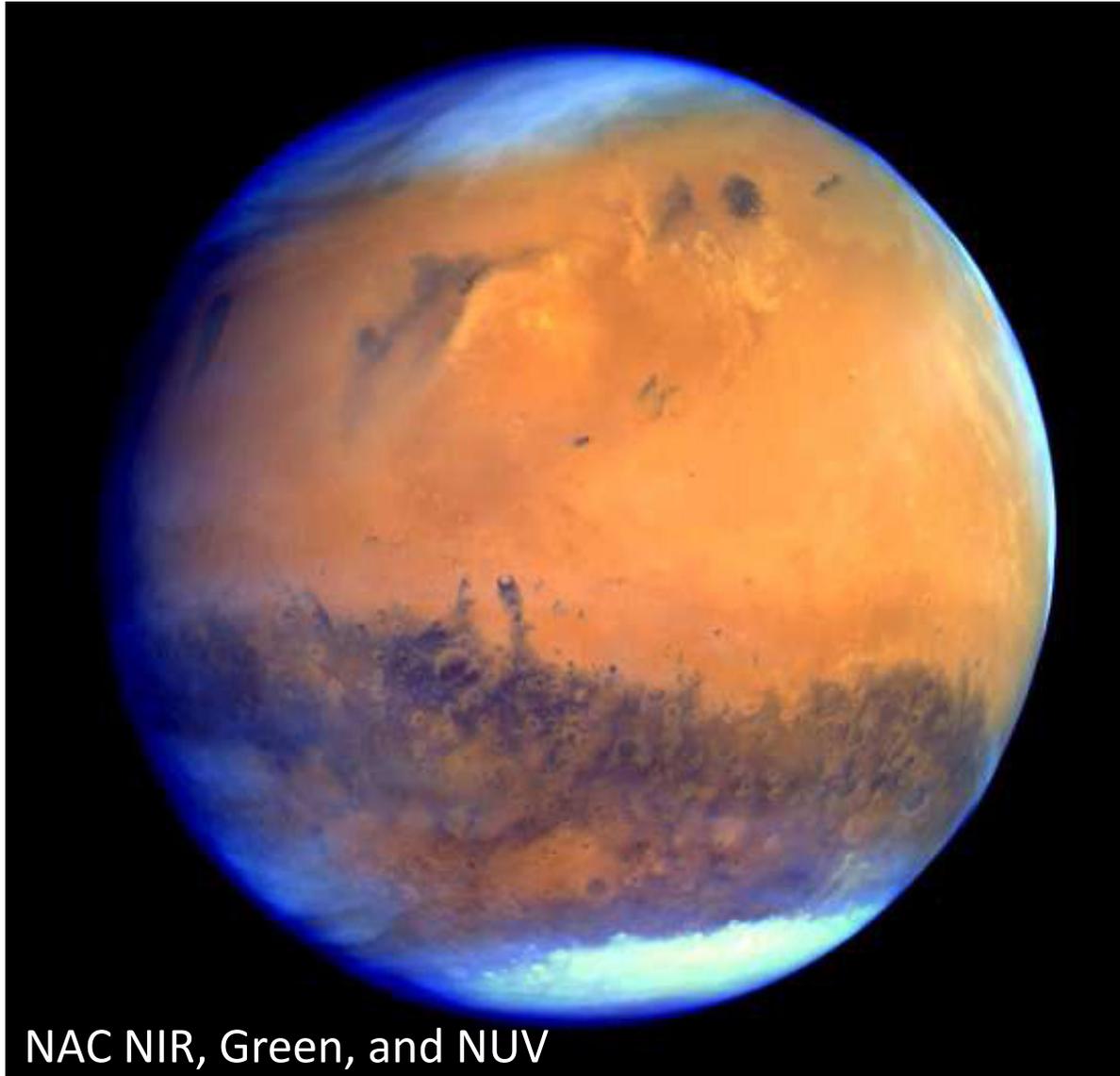
25 Febbraio 2007

Minima Distanza = 250 km

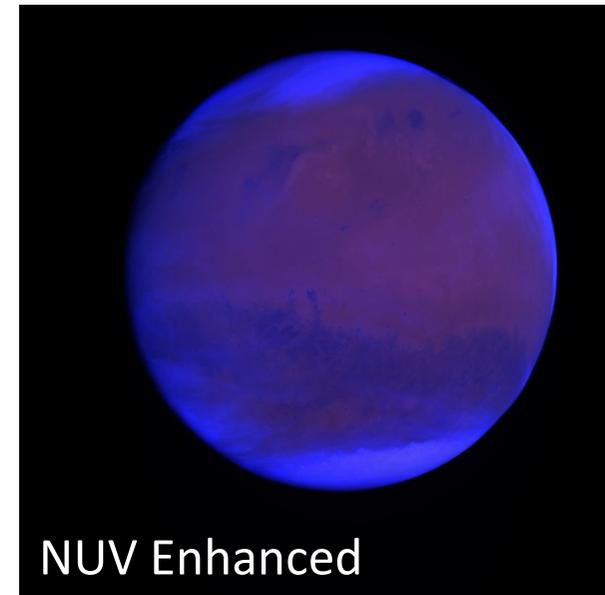
$V = 8.8 \text{ km/s}$

Immagini OSIRIS da

240.000 km. NAC: 5 km/px



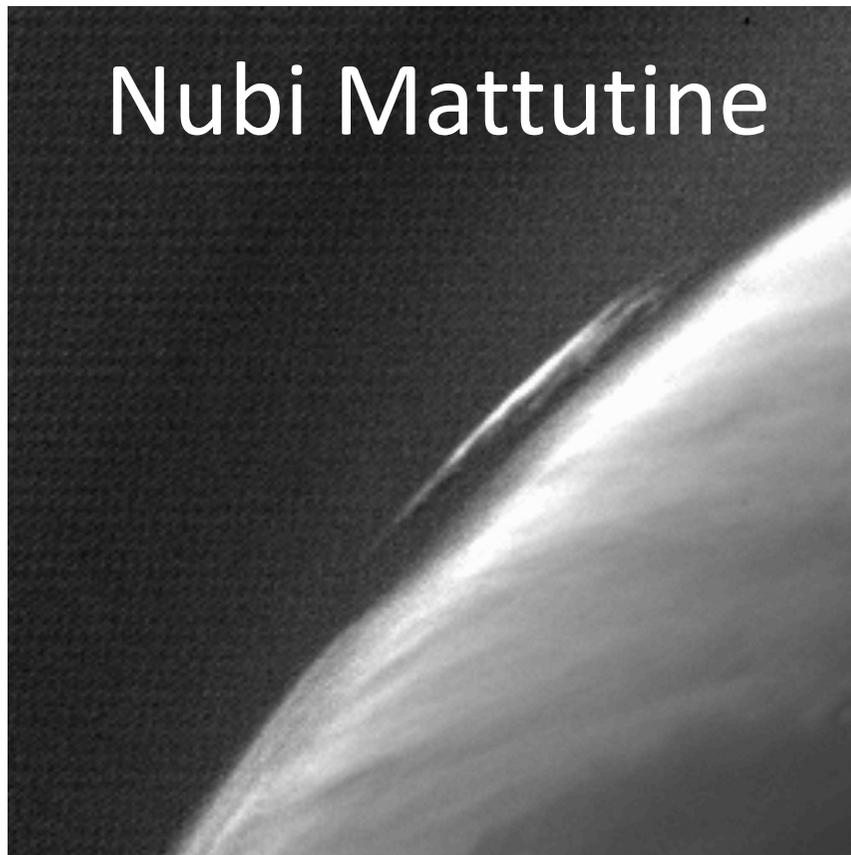
NAC NIR, Green, and NUV



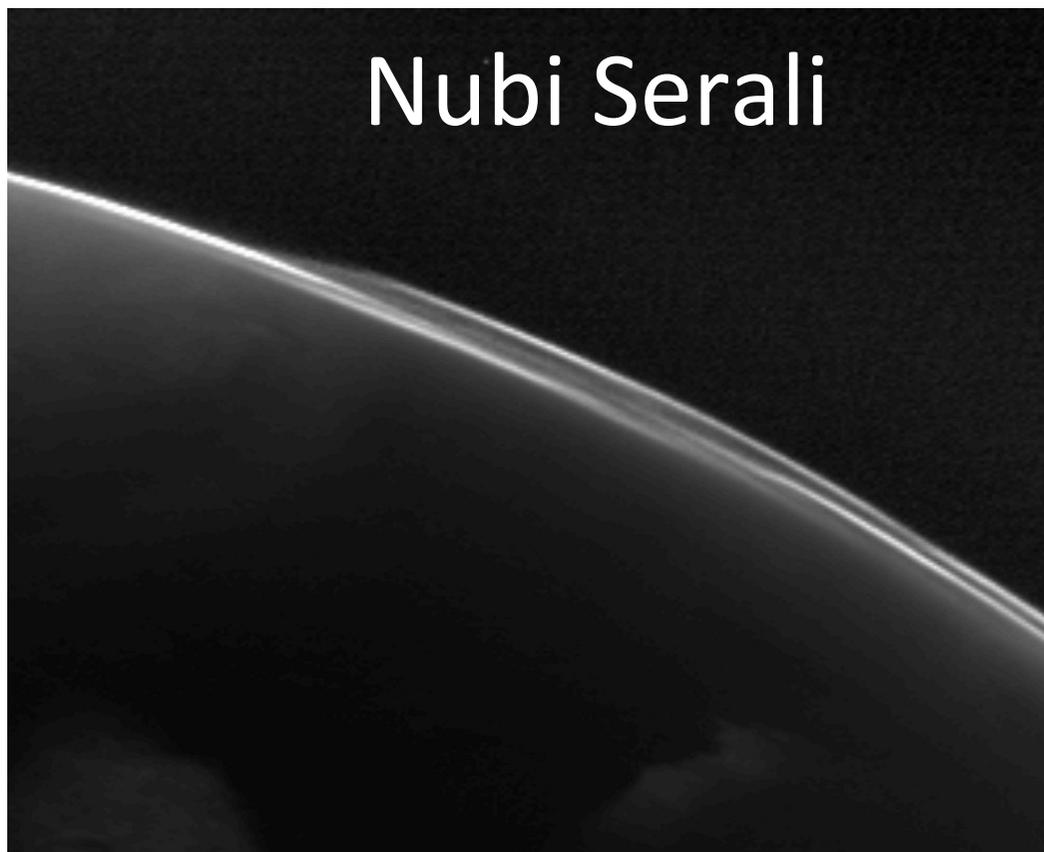
NUV Enhanced

Nubi di Polvere al Limbo

Nubi Mattutine



Nubi Serali



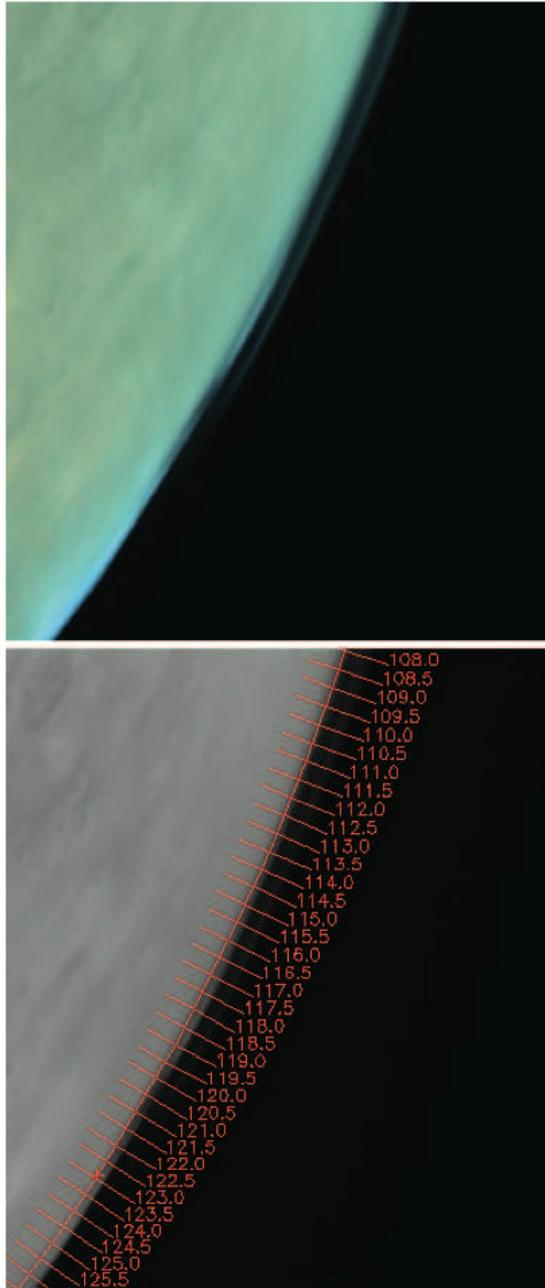


Fig. 7. Section of Martian limb presenting different cloud layers observed by OSIRIS on February 25th, 2007 . This image is taken at a distance of 111200 *km* with a resolution of 2.1 *km/px*.

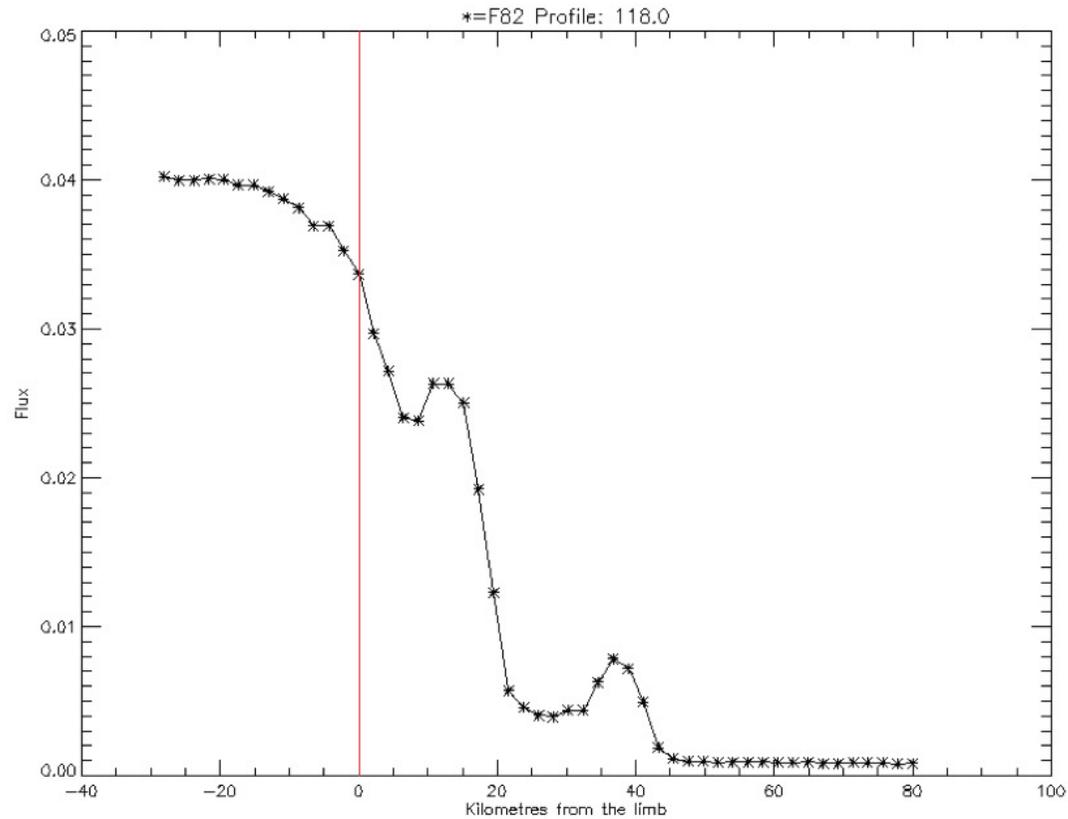
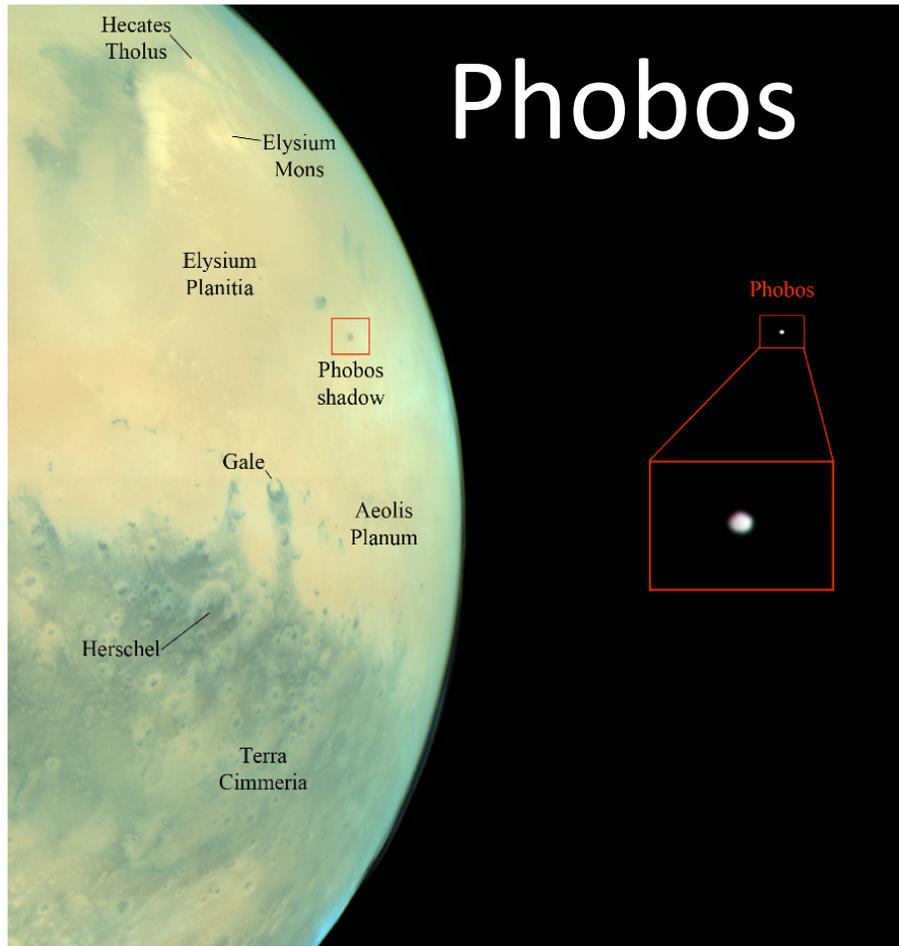


Fig. 8. Profile number 118 (see Fig. 7) presenting the altitude of two layers of clouds observed by OSIRIS in the Martian atmosphere. The resolution per pixel is 2.1 *km/px*, it is possible to see the two different layers at 10.5 and 34.6 *km*.

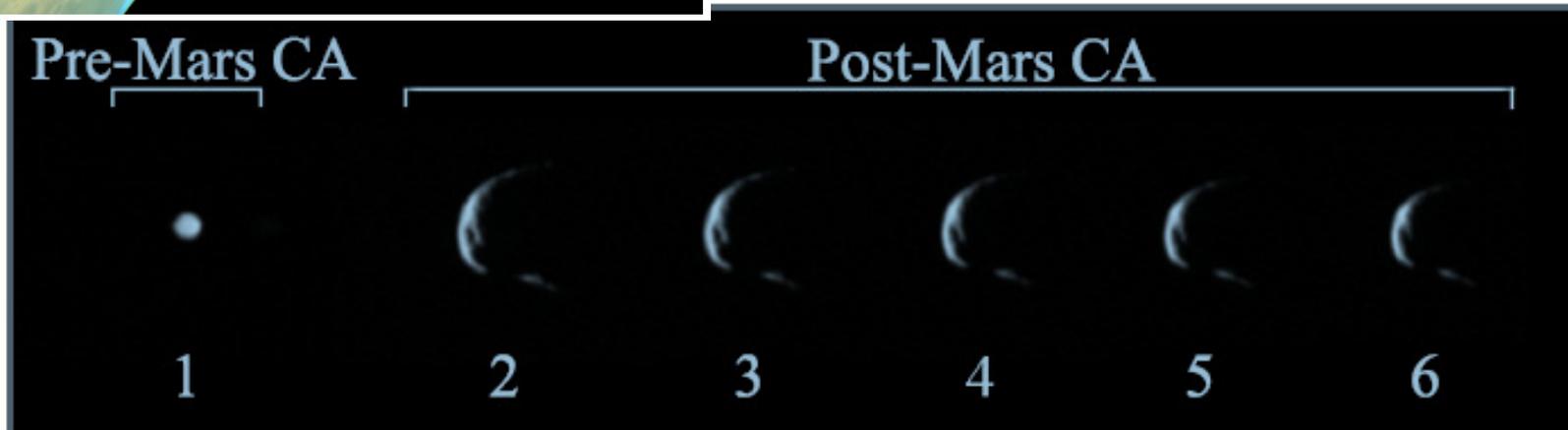
Studio dell' altitudine e della posizione delle nubi.
Una accurata ricostruzione 3D permette l'associazione
con strutture sulla superficie.



Phobos

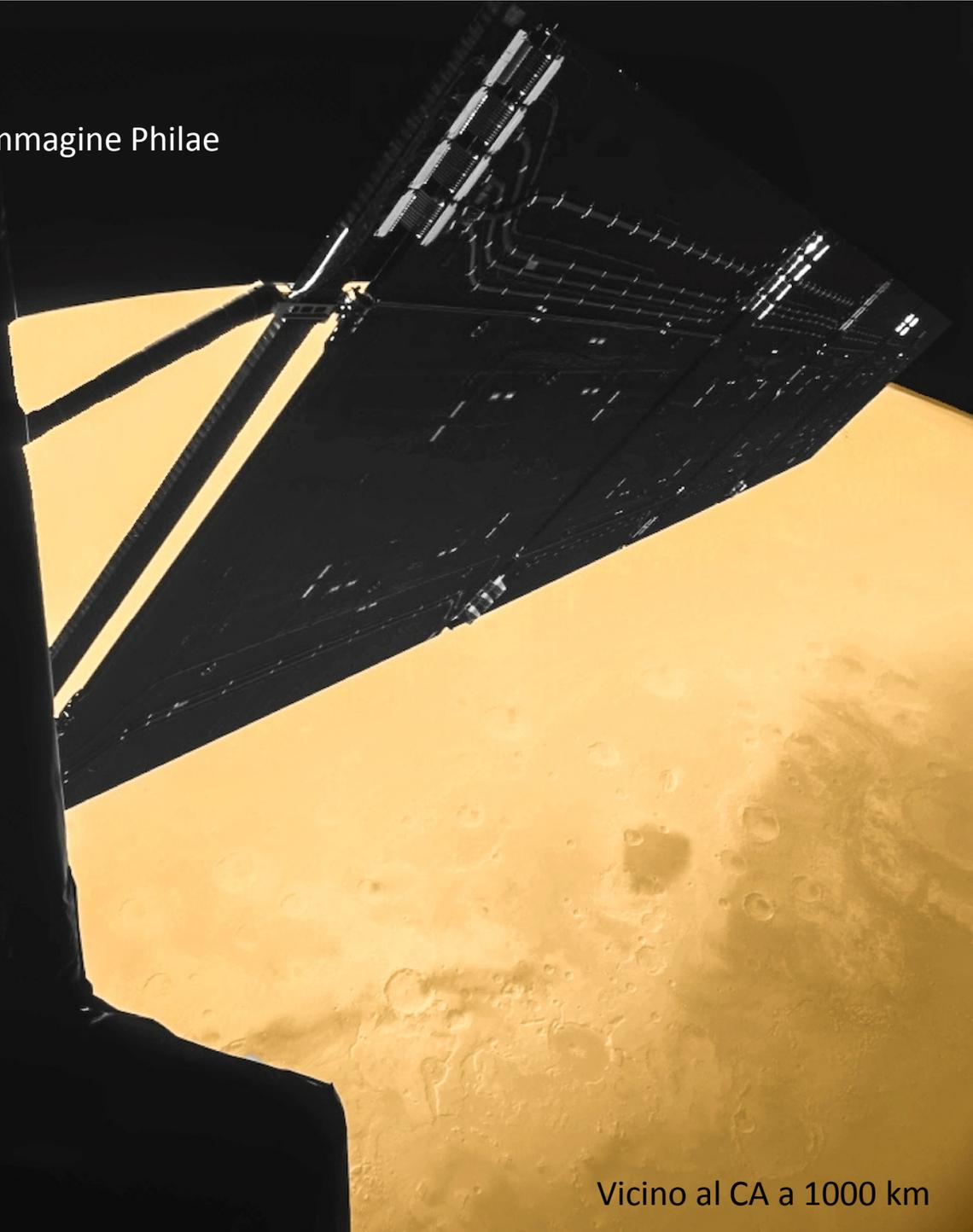
Phobos è stato osservato da OSIRIS da distanze tra i 115.000 km ed i 21.000 km.

L'analisi delle immagini sottolinea come Phobos abbia una composizione superficiale simile ad asteroidi di tipo D che abbondano nelle parti esterne della fascia principale e tra i troiani di Giove → Phobos è un asteroide catturato? !



Mosaic view of the first image of each OSIRIS NAC set obtained on 24 Feb and on 25 Feb 2007 respectively.

Immagine Philae



Vicino al CA a 1000 km

Il secondo incontro con la Terra



Immagini OSIRIS

False Color Image from the OSIRIS Wide Angle Camera



L'incontro con (2867) Steins

5 Settembre 2008

Minima Distanza=
803 km

(WAC: 80 m/px)

$V = 8.6 \text{ km/s}$

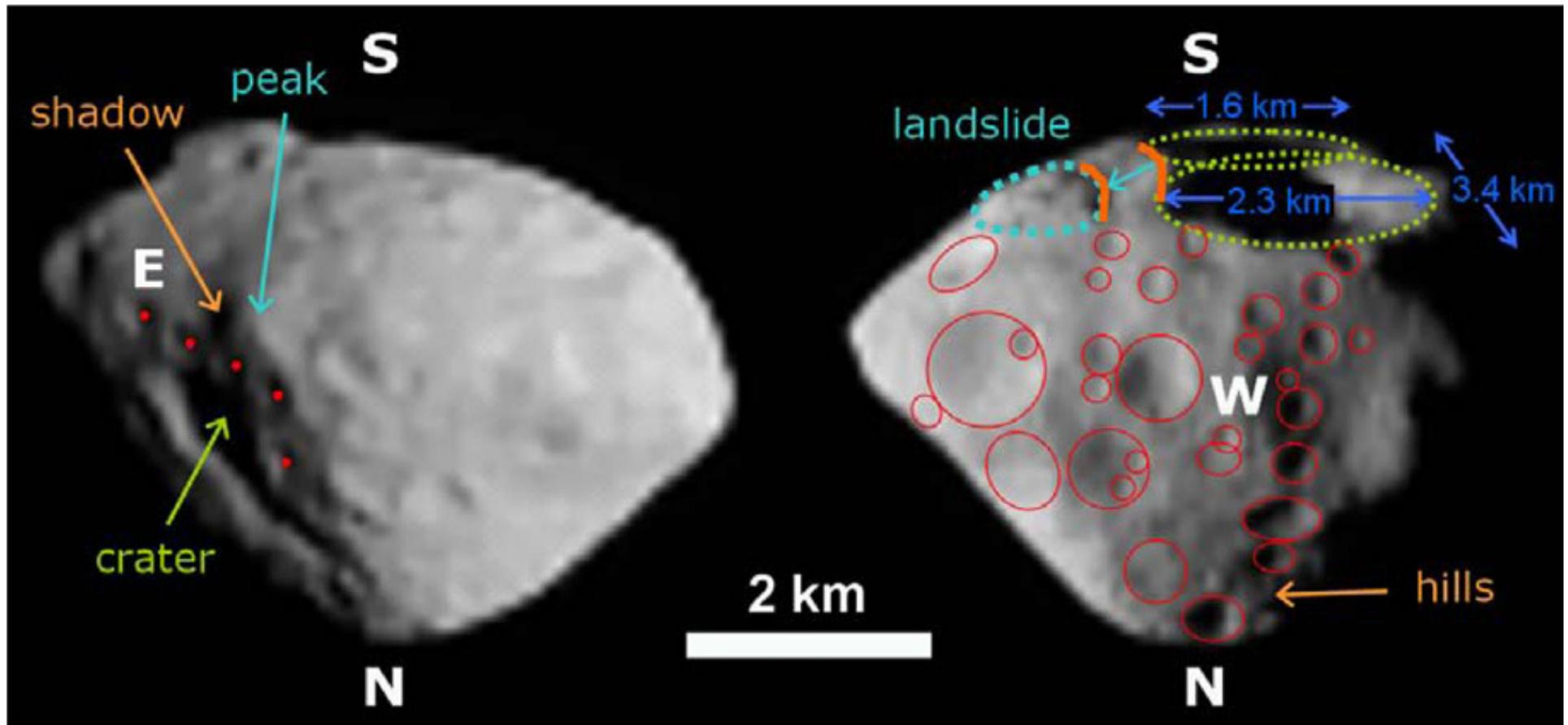
NAC in safe mode
automatico @

$d = 5200 \text{ km}$

(T-10m)



Rosetta Steins flyby, 05 Sep 2008



Immagini sul 60% della superficie. Forma a diamante $R_e = 2.65$ km,
 2 grandi crateri vicino al polo Sud.

Rigonfiamento equatoriale + emisfero nord rotazionalmente simmetrico
 → forma attribuita alla rapida rotazione dovuta all'effetto **YORP** e
 l'asteroide è un **rubble-pile** (cumulo di detriti).

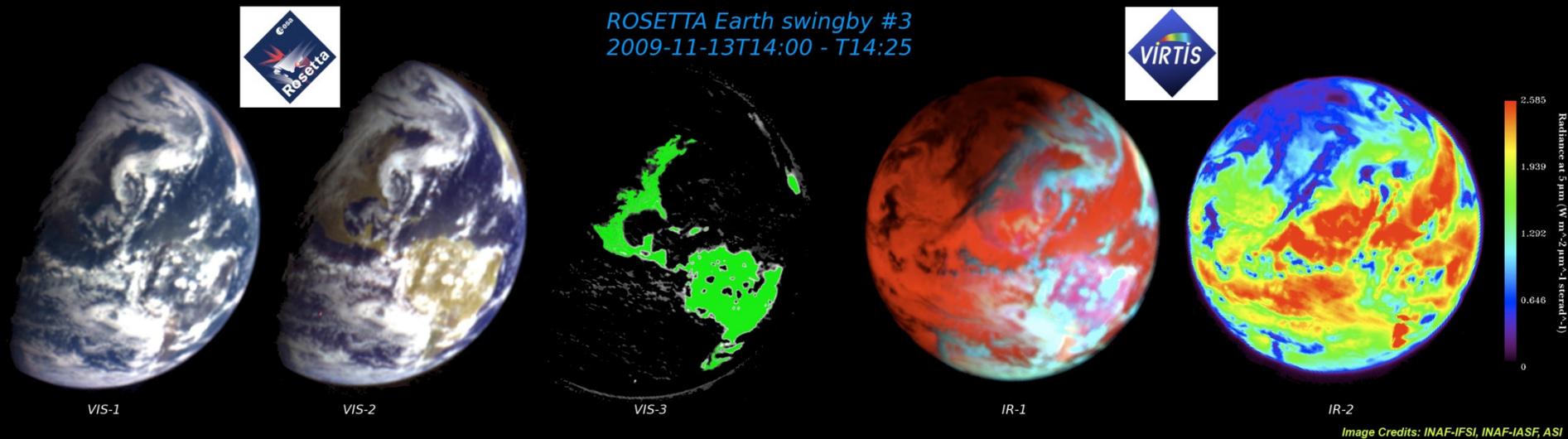
Il terzo passaggio vicino alla Terra



13 Novembre 2009

Massimo Avvicinamento = 2500 km

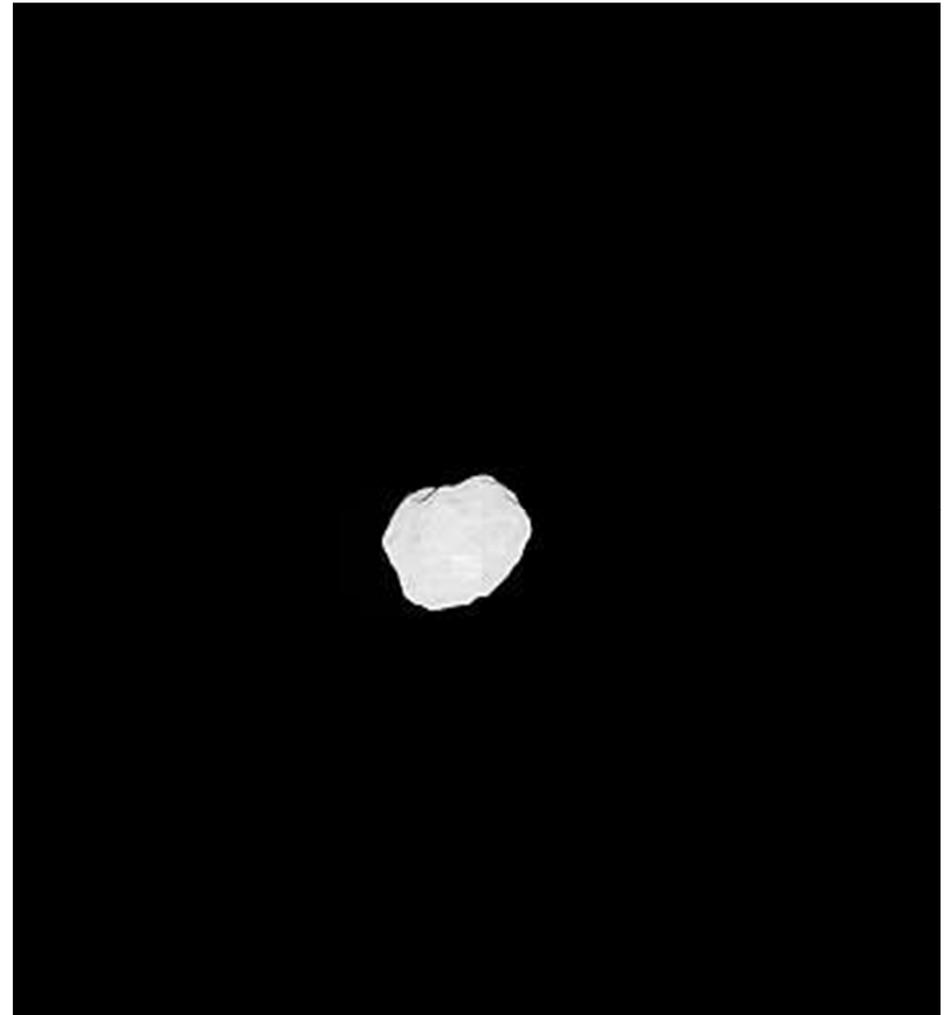
Immagini VIRTIS da 230000 km



↑
Clorofilla

↑
IR: luce solare riflessa
+ radiazione termica.

(21) Lutetia

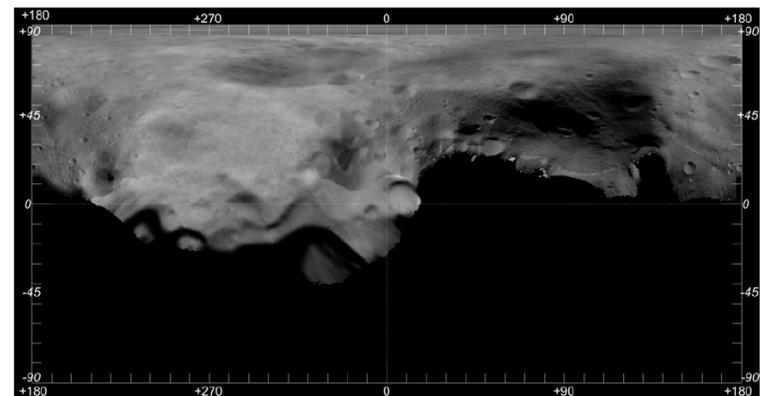


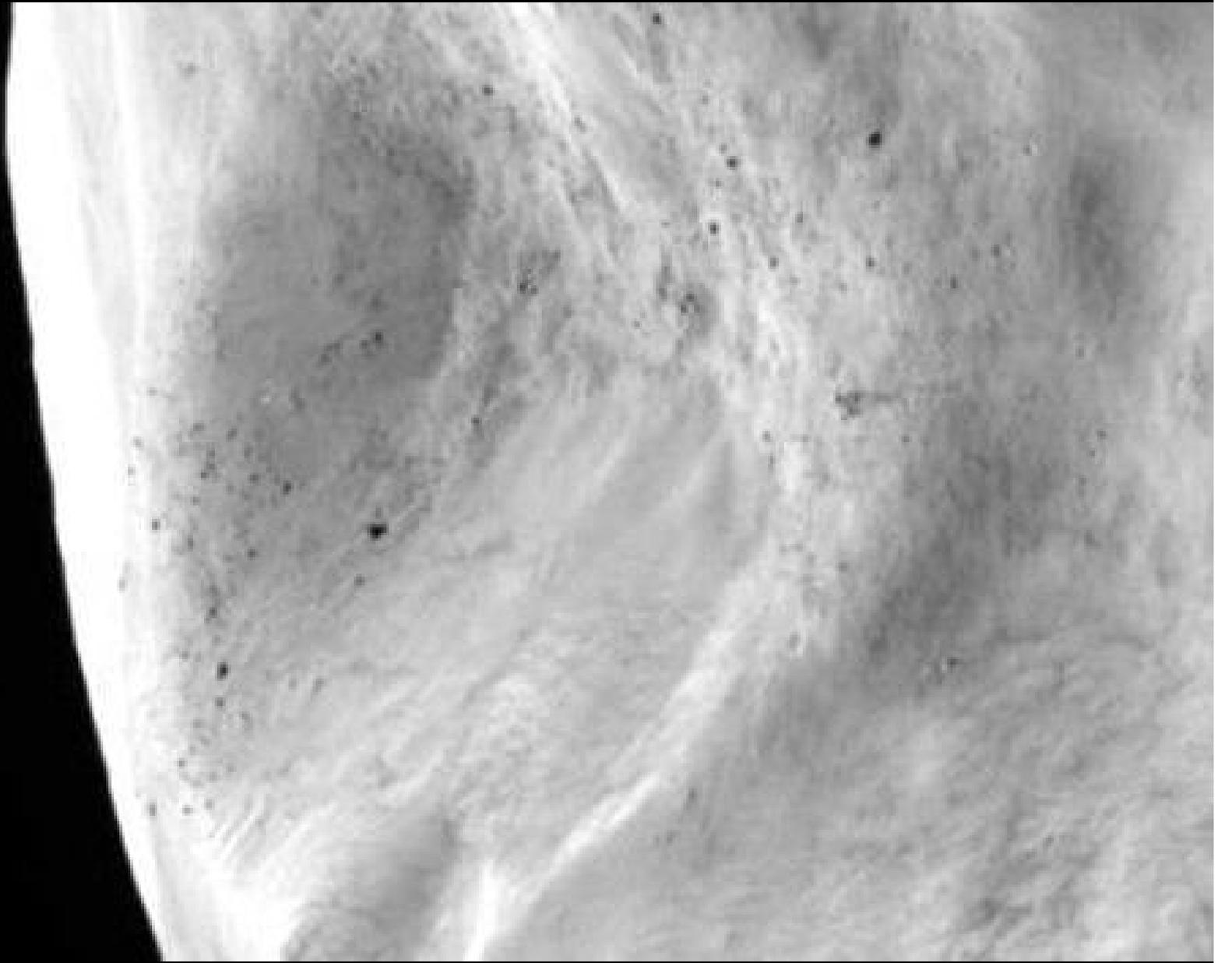
10 Luglio 2010

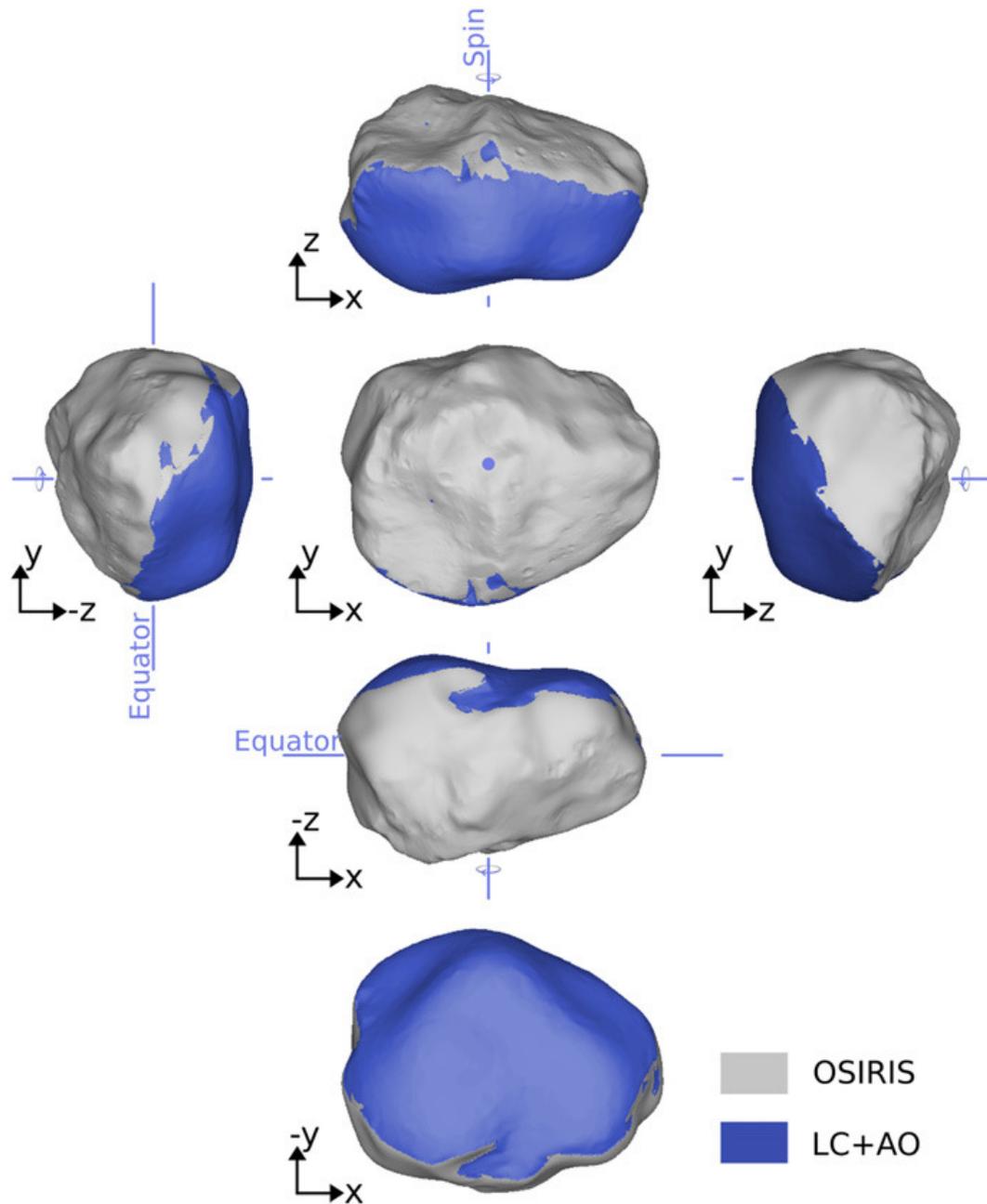
CA = 3170 km (60 m/px on NAC)

V = 15 km/s

Risolto più del 50% della superficie,
Principalmente nell'emisfero Nord.







Modello di forma
 ottenuto da immagini
 OSIRIS e da osservazioni
 da Terra ($121 \times 101 \times 75$
 km^3) + determinazione
 della massa derivata dalla
 deviazione della
 traiettoria della sonda
 tramite RSI $\rightarrow \rho = 3.4$
 g/cm^3 > maggioranza
 delle meteoriti
 condritiche \rightarrow Lutetia ha
 probabilmente una bassa
 porosità o anche un
 interno parzialmente
 differenziato o almeno
 delle regioni ricche in
 metalli.

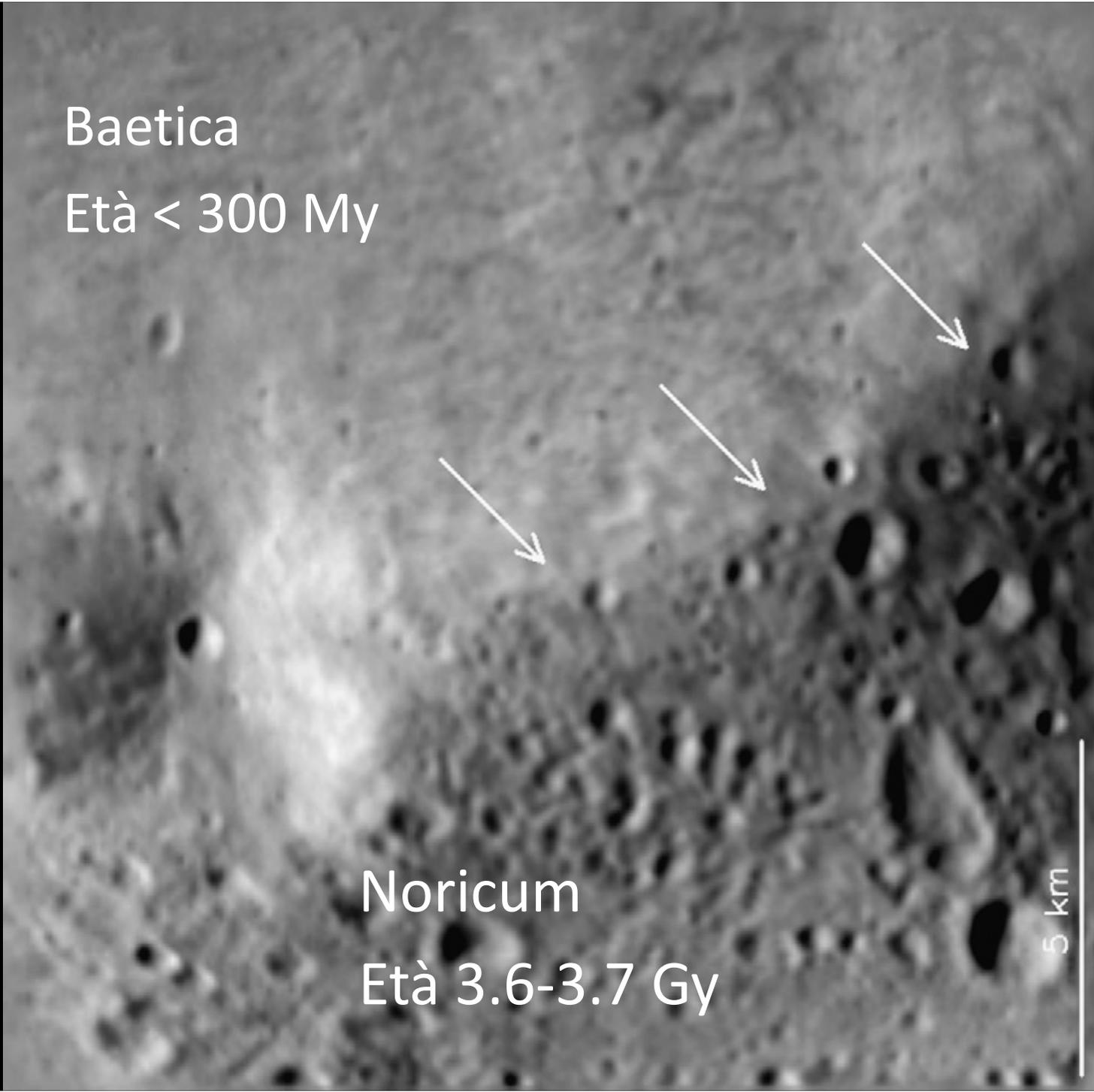
Baetica

Età < 300 My

Noricum

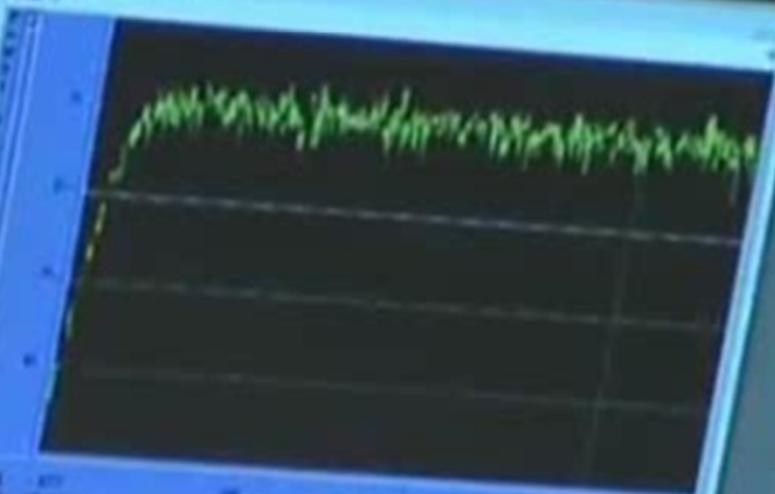
Età 3.6-3.7 Gy

5 km



Conclusione su Lutetia

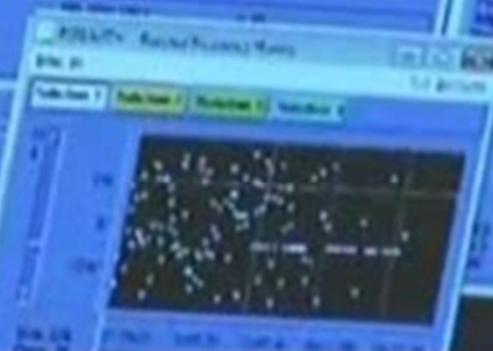
L'antichità della superficie, unitamente all'alta densità ed alla sua compattezza indicano come Lutetia sia un **PLANETESIMO PRIMORDIALE** che è sopravvissuto intatto per tutta l'età del Sistema Solare.



dB	dB	dB	dB
10	10	10	10
20	20	20	20
30	30	30	30
40	40	40	40
50	50	50	50
60	60	60	60
70	70	70	70
80	80	80	80
90	90	90	90
100	100	100	100

dB	dB	dB	dB
10	10	10	10
20	20	20	20
30	30	30	30
40	40	40	40
50	50	50	50
60	60	60	60
70	70	70	70
80	80	80	80
90	90	90	90
100	100	100	100

dB	dB	dB	dB
10	10	10	10
20	20	20	20
30	30	30	30
40	40	40	40
50	50	50	50
60	60	60	60
70	70	70	70
80	80	80	80
90	90	90	90
100	100	100	100



dB	dB	dB	dB
10	10	10	10
20	20	20	20
30	30	30	30
40	40	40	40
50	50	50	50
60	60	60	60
70	70	70	70
80	80	80	80
90	90	90	90
100	100	100	100

Gli ultimi dati

21 Marzo

Immagine
OSIRIS/NAC

67P/C-G

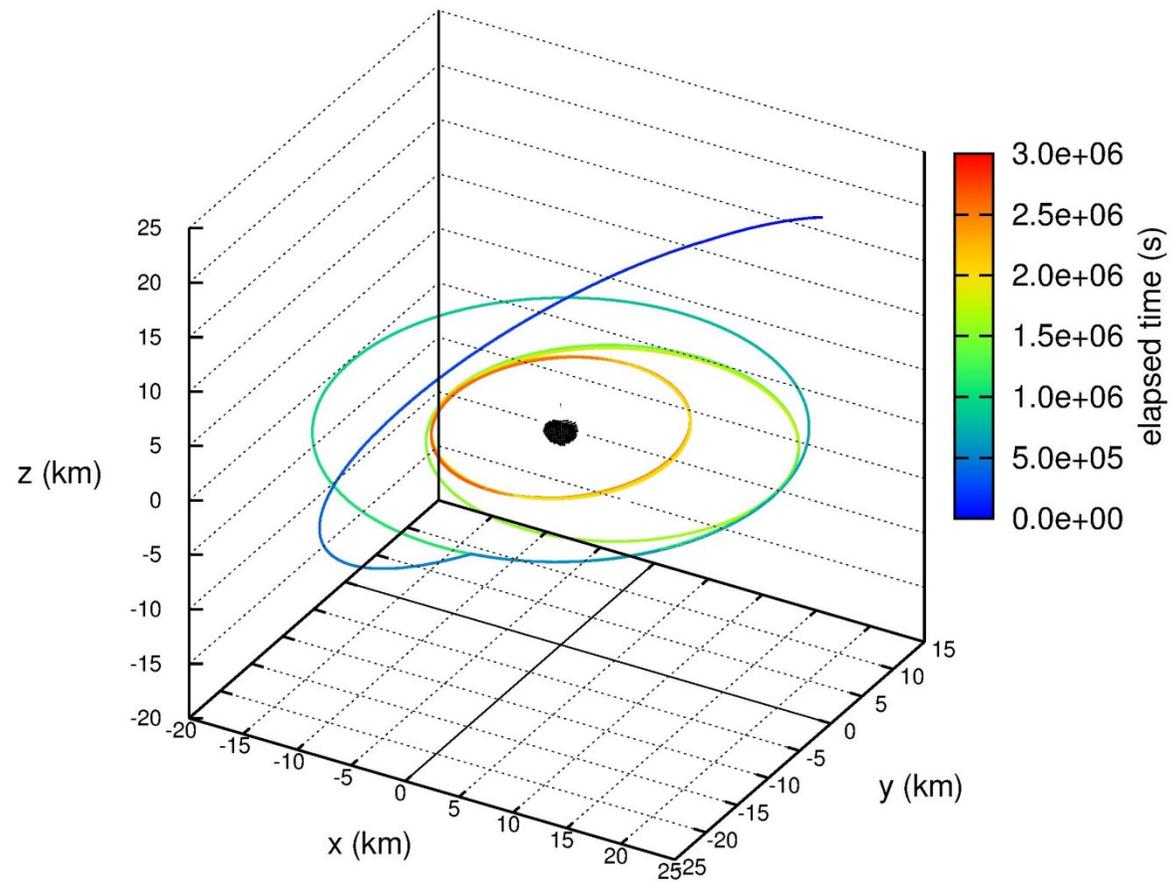


M107

L'approccio alla cometa

Orbite di mappatura del nucleo

Trajectory in the J2000 frame



L'atterraggio di Philae nel Novembre 2014

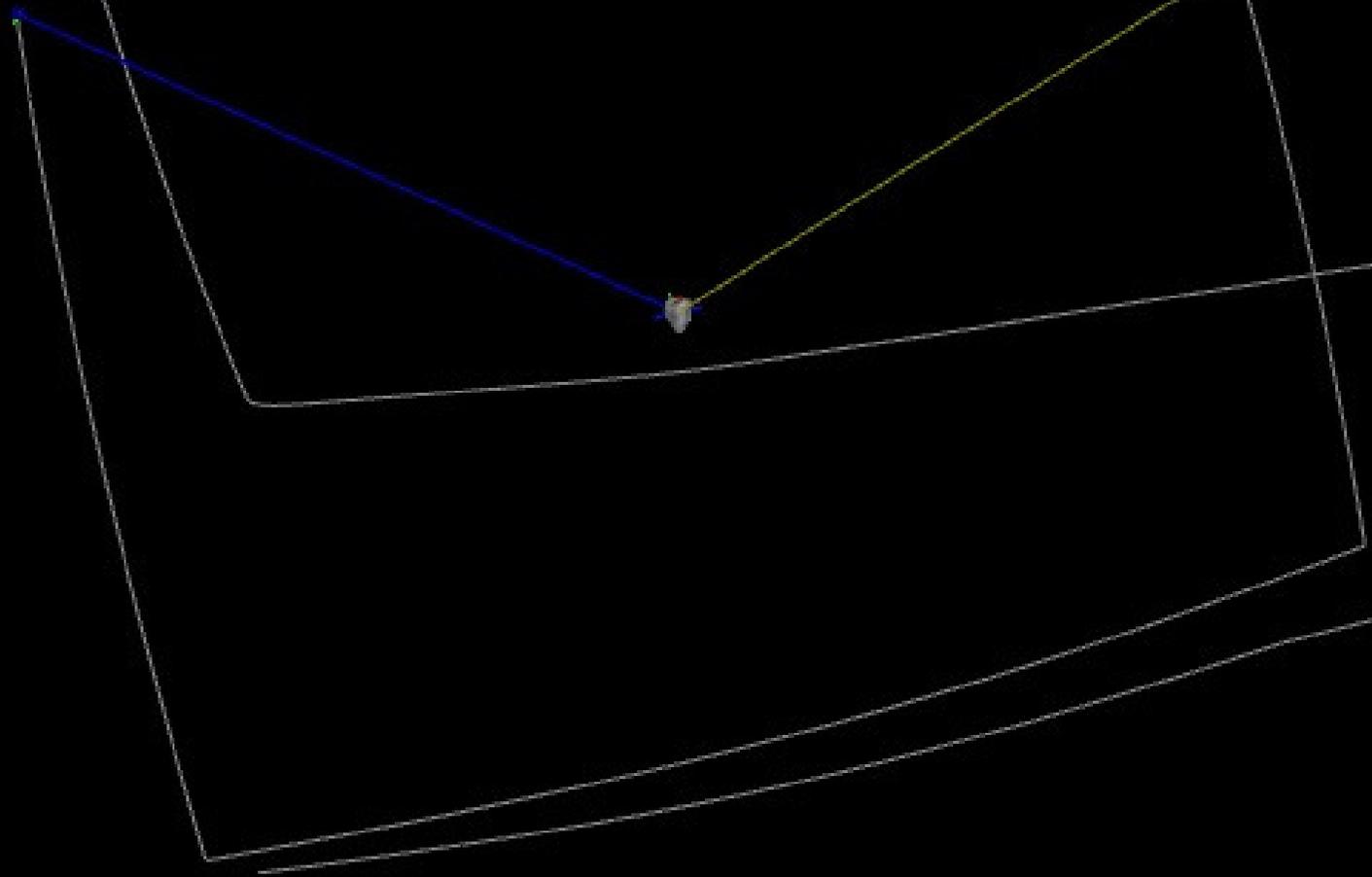


Orbite post-landing

Navigation controls:

- Play button
- Stop button
- Previous button
- Next button
- reset button

Vertical slider control



J2000