

***Trajectoire de la sonde ROSETTA
de la Terre à la surface de la comète
67P/ Chyryumov-Gerasimenko***

J.C Marty (CNES/GRGS)

(Ph GAUDON)

Historique

- **1^{ère} phase 1996/1998 (46P/Wirtanen)**

report de tir en 2003

- **2^{ème} phase 2003 (67P/Churyumov-Gerasimenko)**

- **Lancement le 02/03/2004**

67P/Churyumov Gerasimenko



Densité = 0.3 à 1.0 g/cm³

Rayon Eq = 2000/2300 mètres

Mu = 0.2235808660e⁻⁰⁵ km³/s²

Dmin/soleil = 186 Millions de km
Dmax/soleil = 857 Millions de km

e=0.6

i=7°

T=10ans

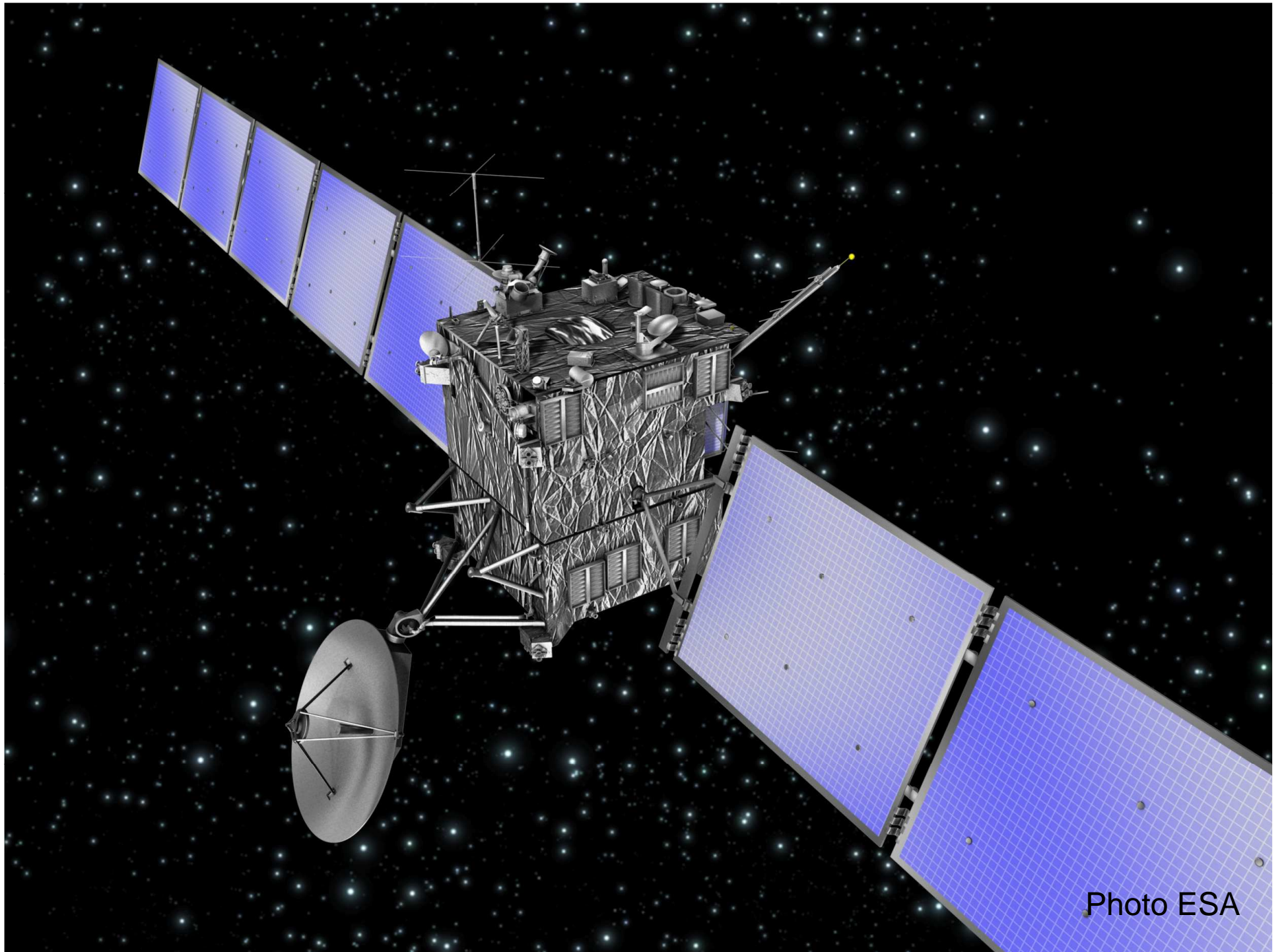
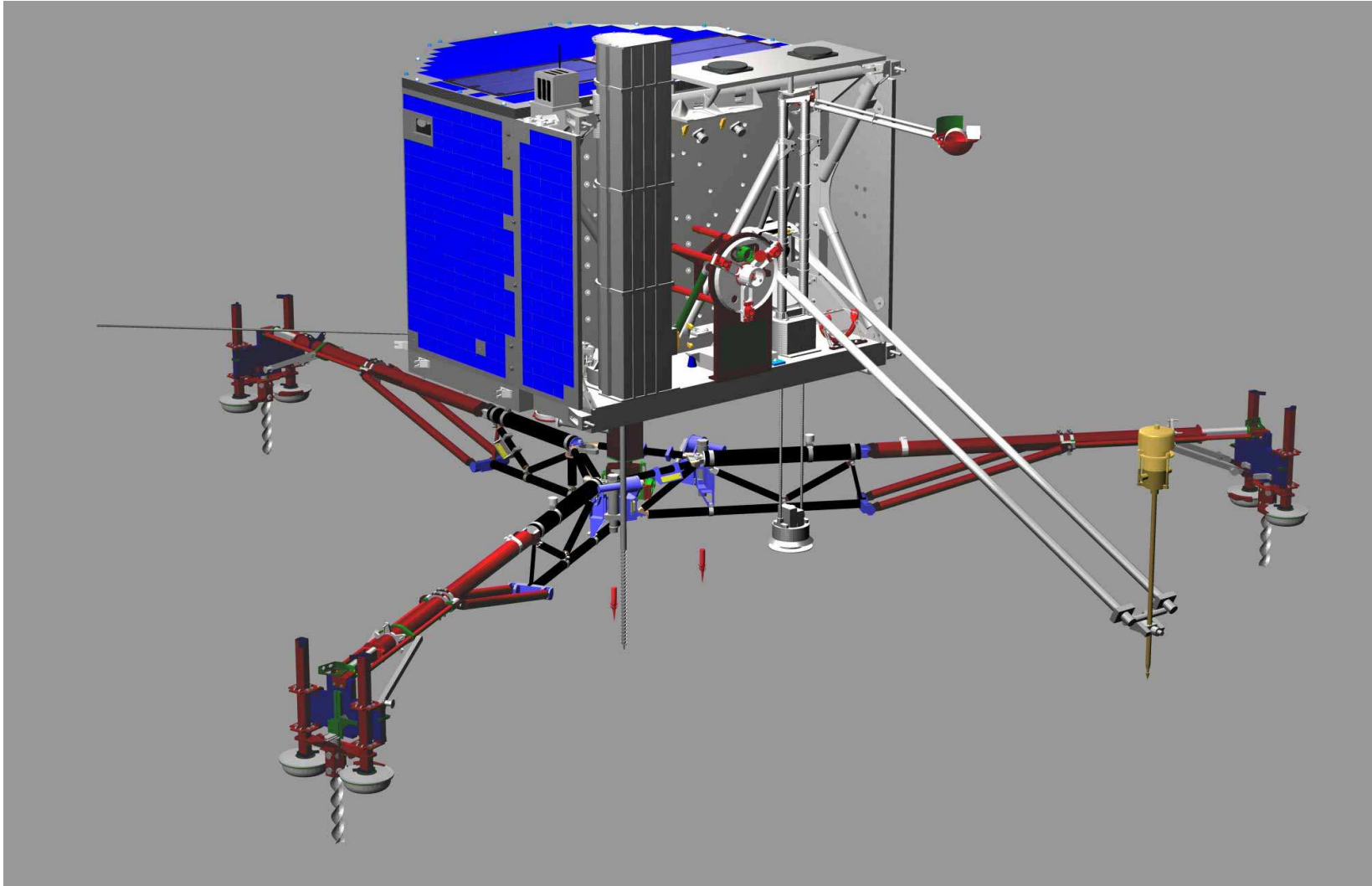


Photo ESA

Instruments scientifiques de l'orbiteur

- **ALICE** Ultraviolet Imaging Spectrometer
- **CONSERT** Comet Nucleus Sounding
- **COSIMA** Cometary Secondary Ion Mass Analyser
- **GIADA** Grain Impact Analyser and Dust Accumulator
- **MIDAS** Micro-Imaging Analysis System
- **MIRO** Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter
- **OSIRIS** Rosetta Orbiter Imaging System
- **ROSINA** Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis
- **RPC** Rosetta Plasma Consortium
- **RSI** Radio Science Investigation
- **VIRTIS** Visible and Infrared Mapping Spectrometer

PHILAE



Philae est considéré par l'ESA comme une seule 12ème expérience

Instruments scientifiques du lander

- **APXS** Alpha Proton X-ray Spectrometer
- **CIVA** Comet Infrared and Visible Analyser
- **CONSERT** Comet Nucleus Sounding
- **COSAC** Cometary Sampling and Composition experiment
- **MODULUS PTOLEMY** Evolved Gas Analyser
- **MUPUS** Multi-Purpose Sensor for Surface and Subsurface Science
- **ROLIS** Rosetta Lander Imaging System
- **ROMAP** RoLand Magnetometer and Plasma Monitor
- **SD2** Sample and Distribution Device
- **SESAME** Surface Electrical and Acoustic Monitoring Experiment, Dust Impact Monitor

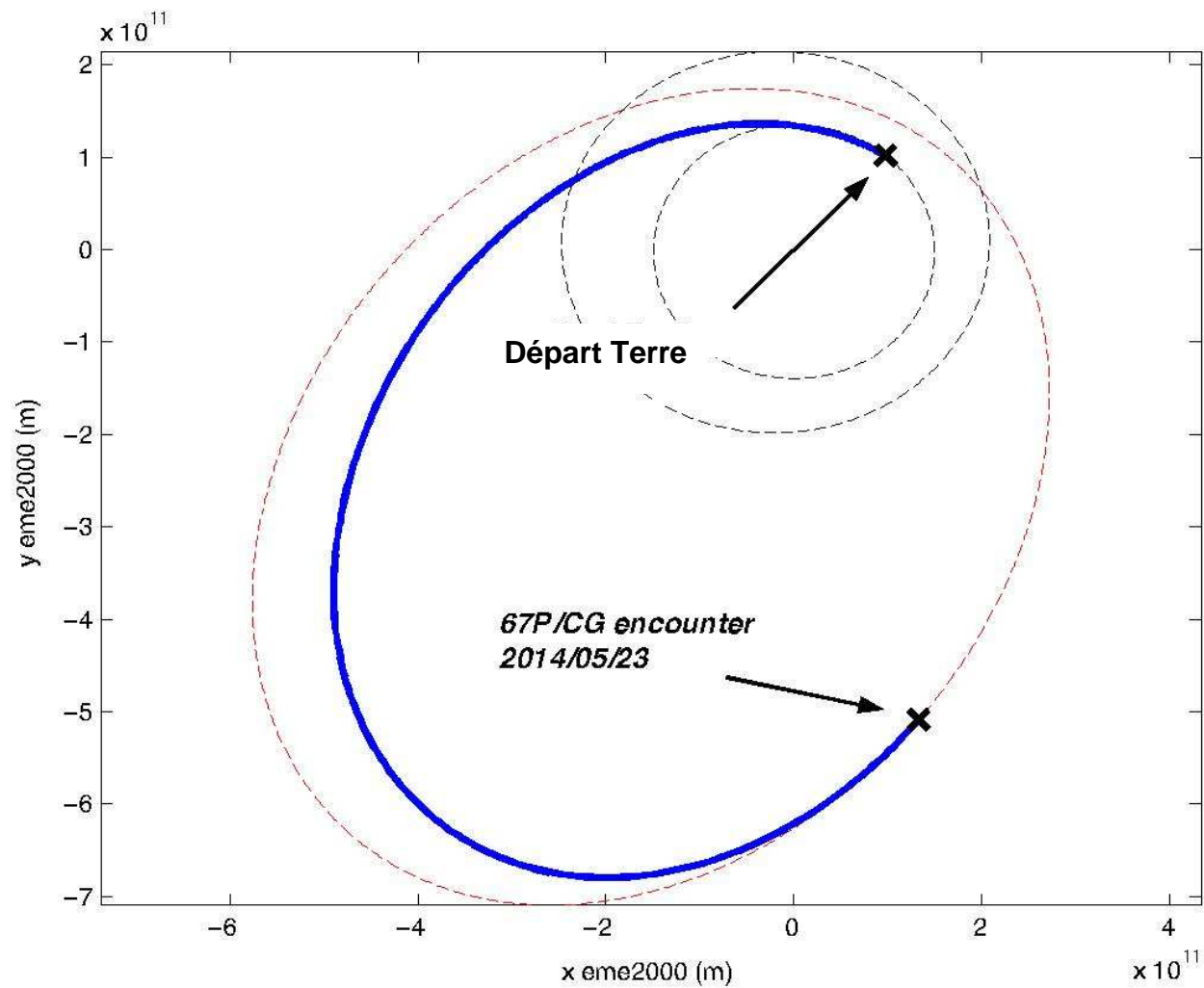
ACTIVITES DE MECANIQUE SPATIALE

- Contexte projet :

- ▮ **l'ESA est responsable de la mission globale; le RMOC (ESOC) est responsable du contrôle de trajectoire de la sonde de la Terre à la comète, de sa mise en orbite, de ses survols quand un maintien en orbite n'est plus possible**

- ▮ **Le CNES est co-responsable avec le DLR et l'ASI du Lander; le SONC (CNES Toulouse) est plus particulièrement responsable avec les scientifiques du choix du site d'atterrissage et responsable des calculs de trajectoires de descente du Lander sur la comète. Le RMOC fera le choix final en fonction de la sécurité de l'orbiteur**

Où va-t-on ?

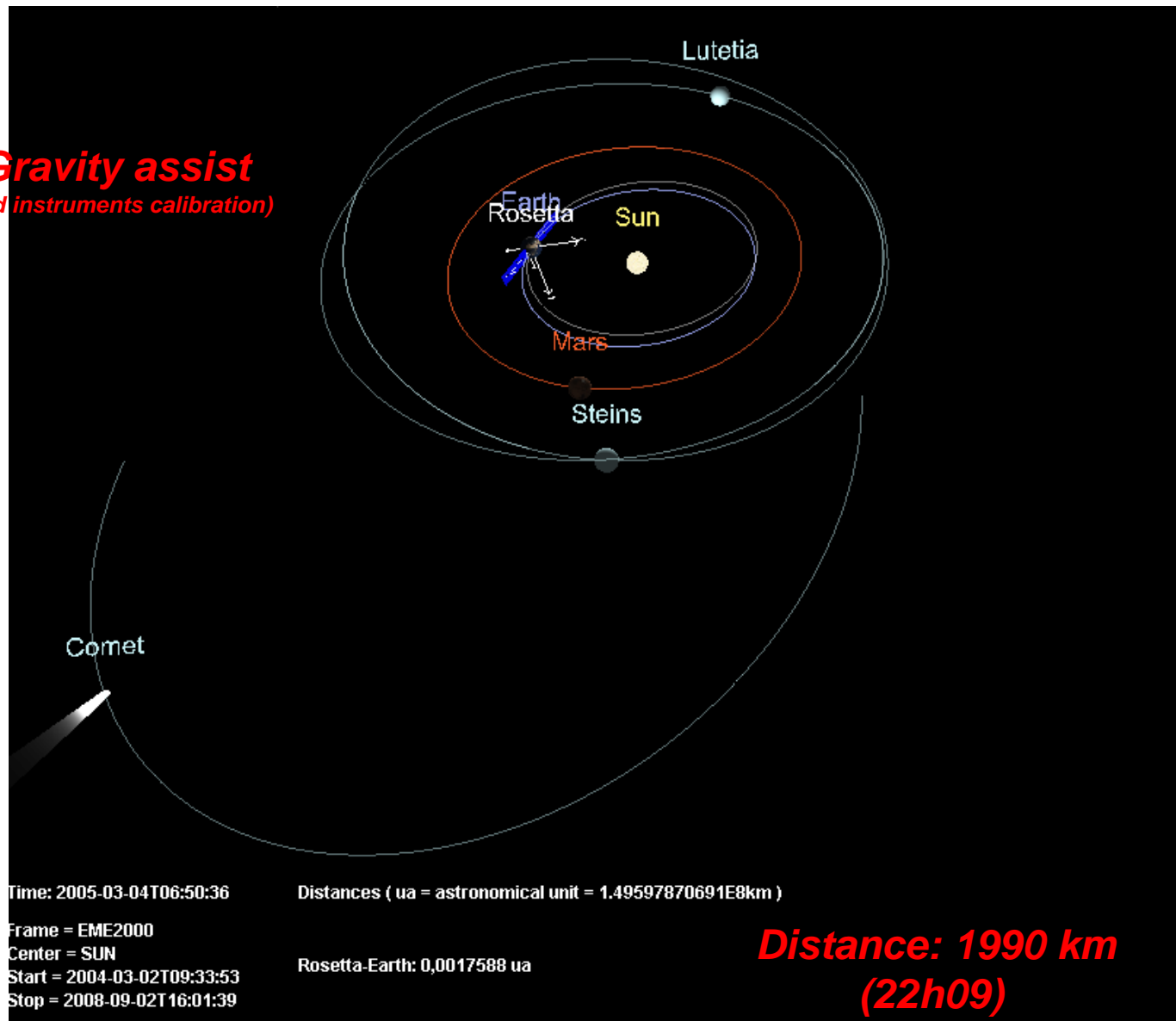


Evènements majeurs de la mission

Event	Date	ΔV (m/s)	Relative velocity (km/s)
Earth	2004/02/26		3.545
Deep Space Manoeuvre 1.1	2004/05/25	173.5	
→ Earth gravity assist	2005/03/02	0	3.90
Deep Space Manoeuvre 2	2006/10/21	64.3	
→ Mars gravity assist	2007/02/27	0	8.77
→ Earth gravity assist	2007/11/15	0	9.33
Deep Space Manoeuvre 3	2009/03/16	129.4	
→ Earth gravity assist	2009/11/11	0	9.98
Deep Space manoeuvre 4 (4.4 AU)	2011/05/10	532.6	
Rendezvous with 67P/C-G (4.0 AU)	2014/05/23	773.6	
Start near nucleus operations at 3.25 AU	2014/10/03		
Perihelion pass	2015/08/11		

2005/03/04: 1st EARTH swing-by

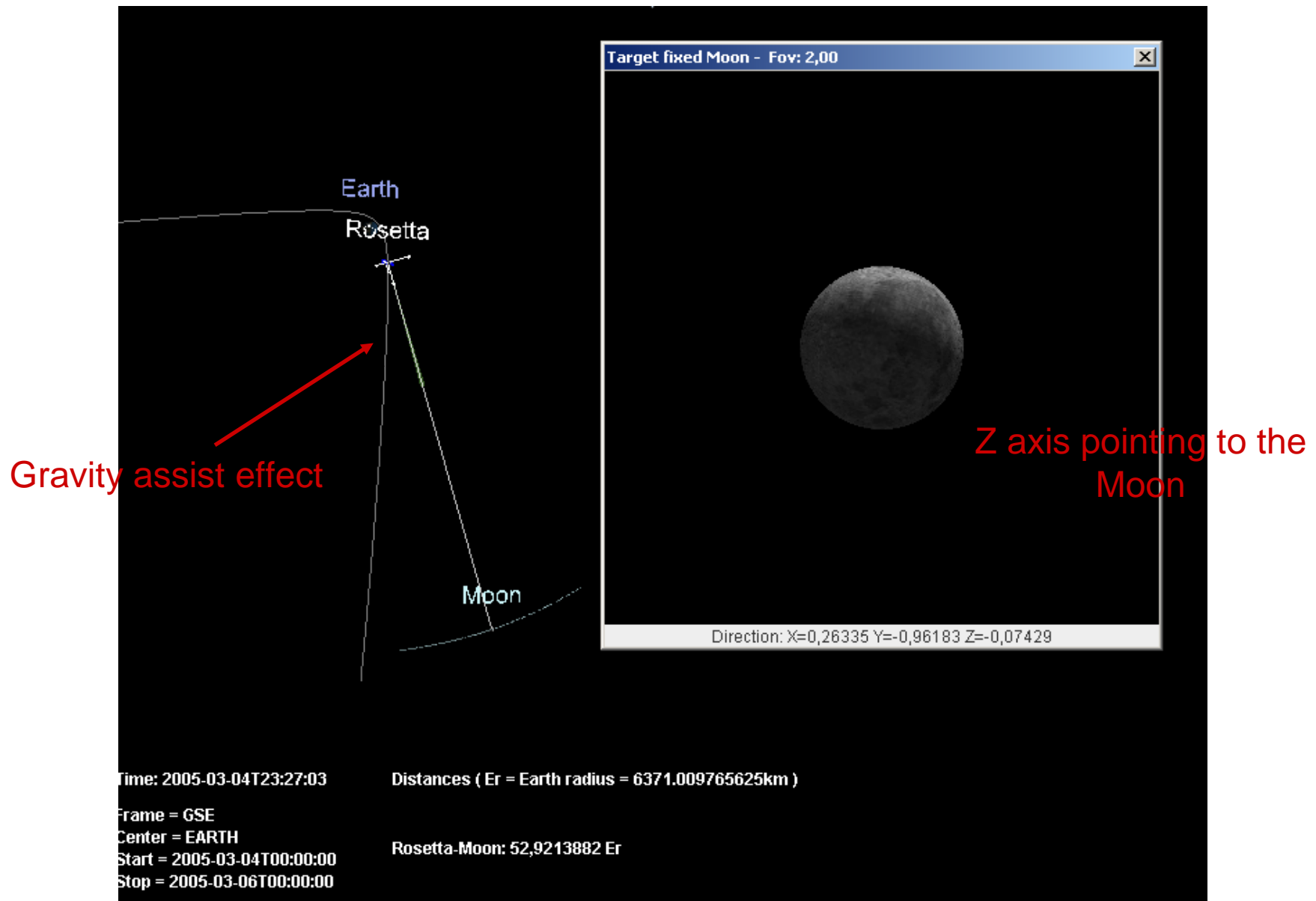
Gravity assist
(and instruments calibration)



Heliocentric view

Credits : 3DView

2005/03/04 : 1rst EARTH swing-by



Coordinate system : GSE, Central Body : Earth

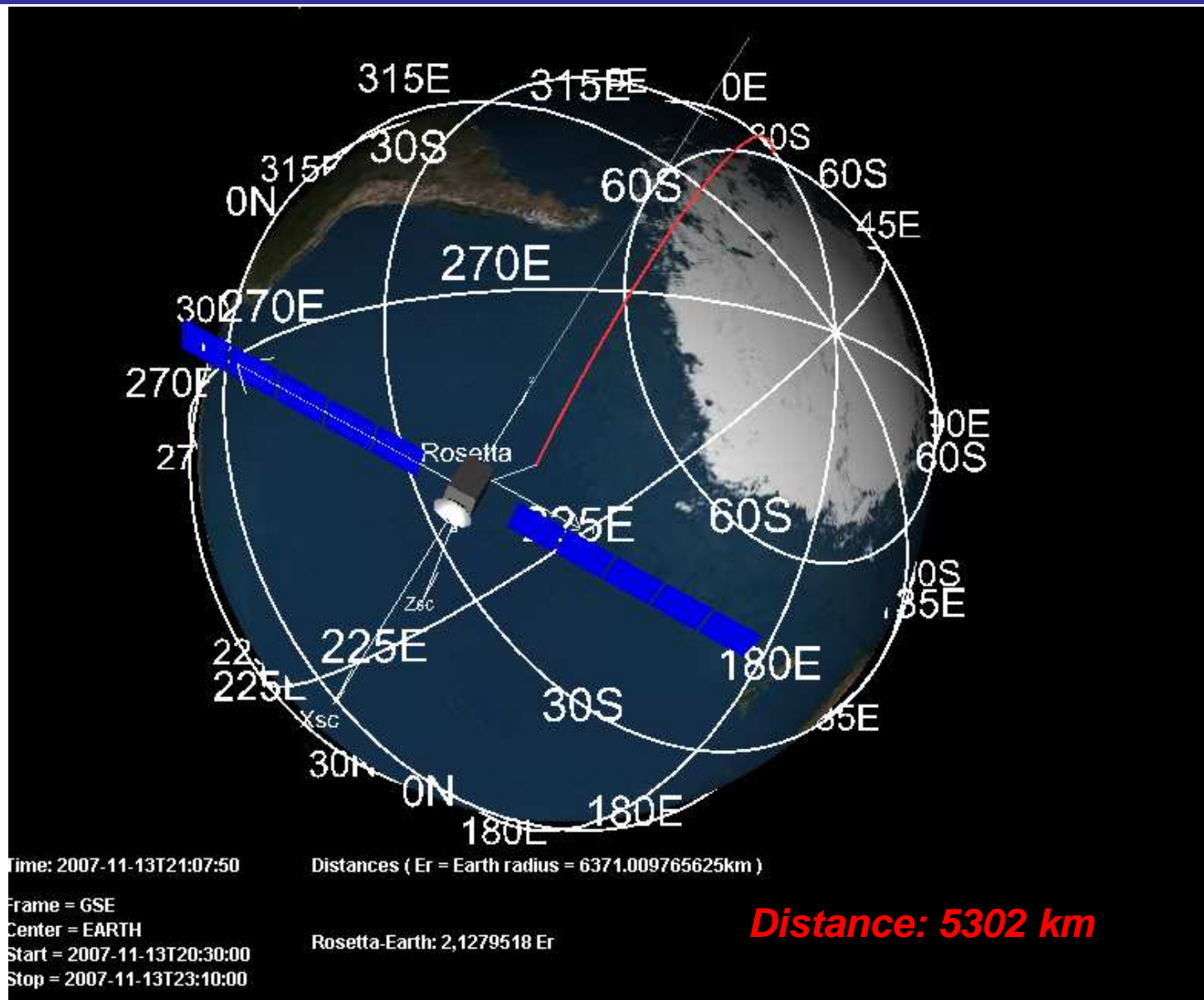
Credits : 3DView

2007/02/25 : MARS swing-by



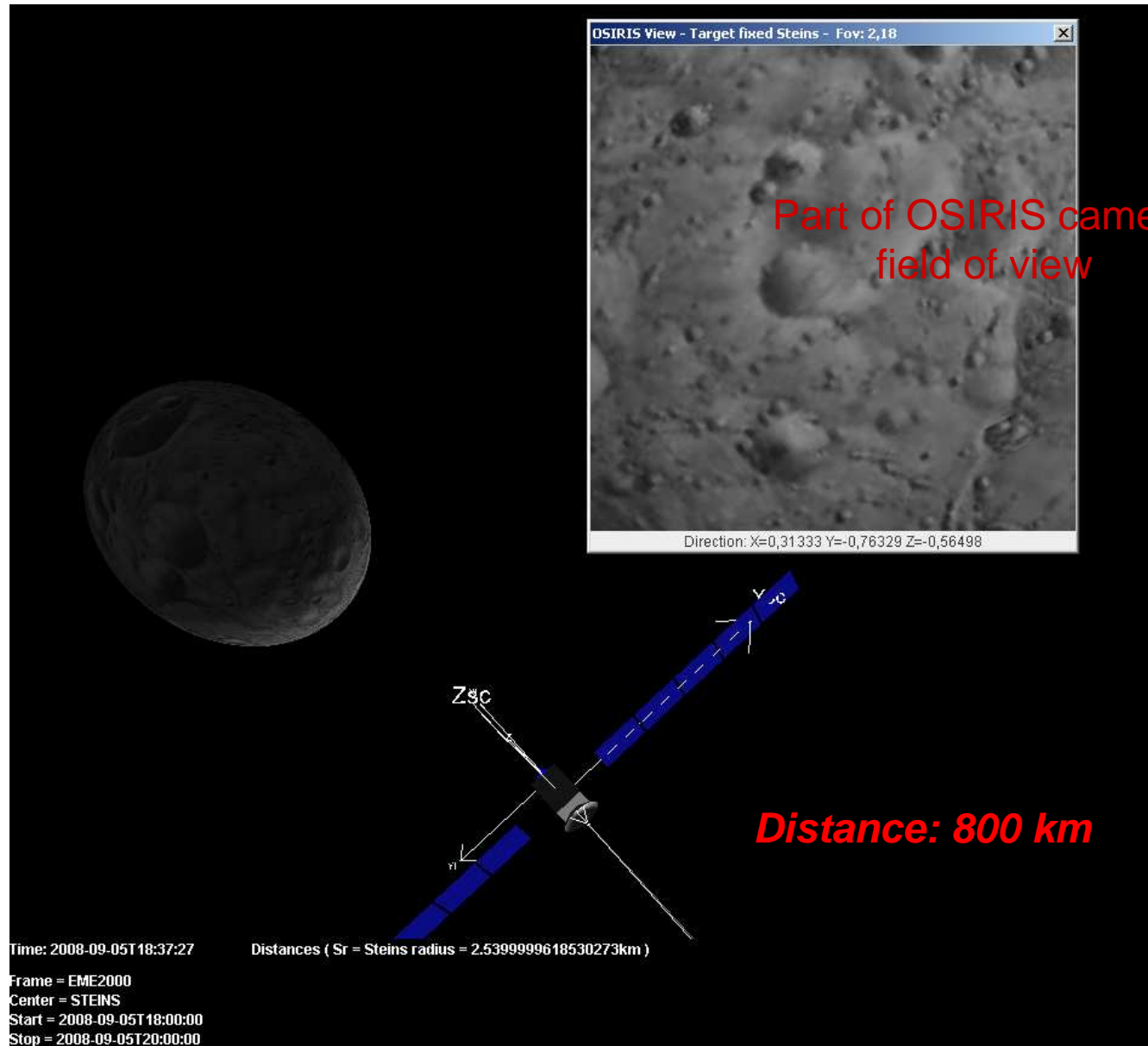
Coordinate system : MSO, Central Body : MARS, Map : Standard Credits : 3DView

2007/11/13 : 2nd EARTH swing-by



Coordinate system : GSE, Central Body : EARTH, Ground Trace Credits : 3DView

2008/09/05 : STEINS flyby

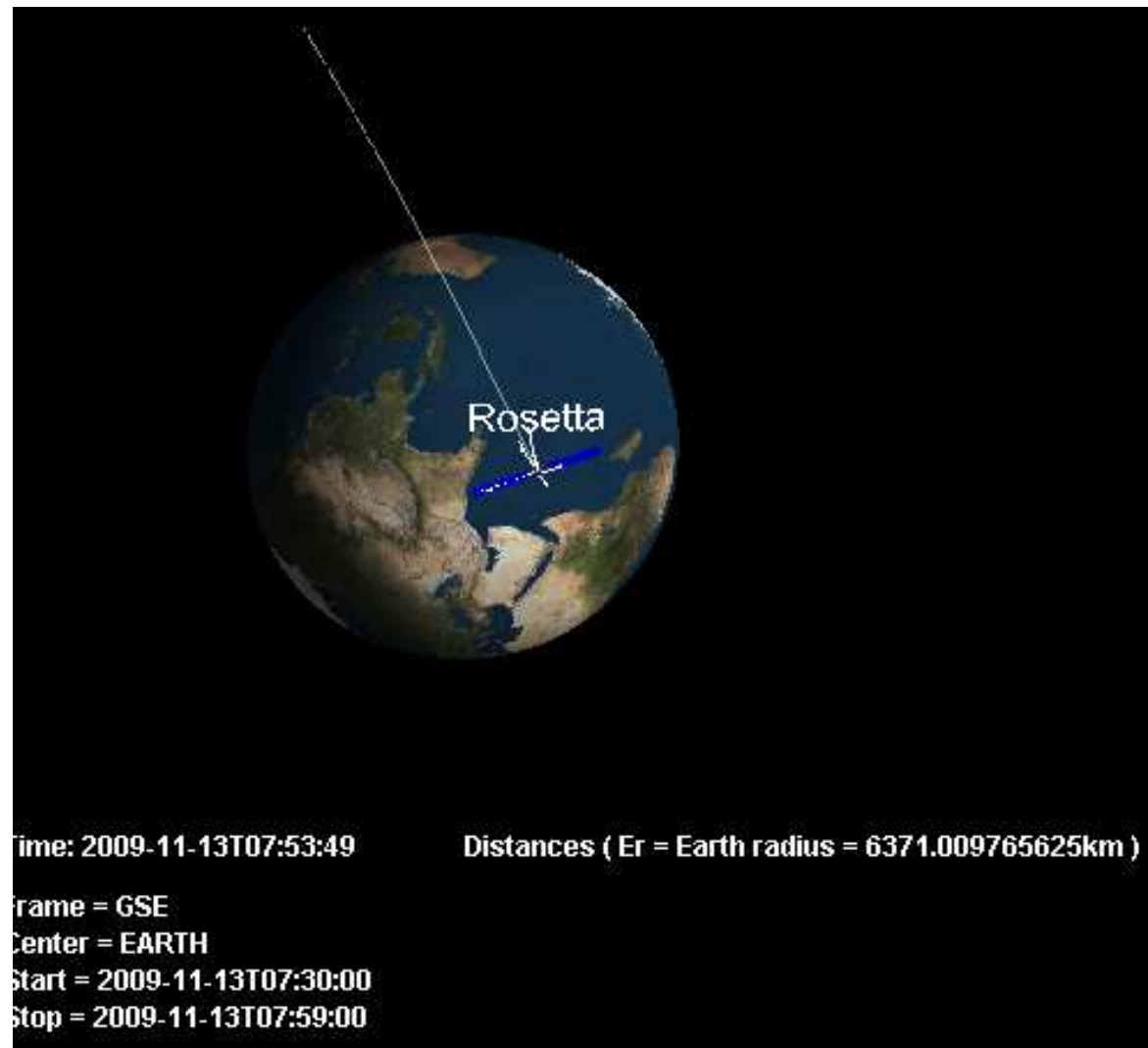


Rosetta: 3rd EARTH swing-by

2009/11/13 07:45

Distance: 2480 km

Gravity assist



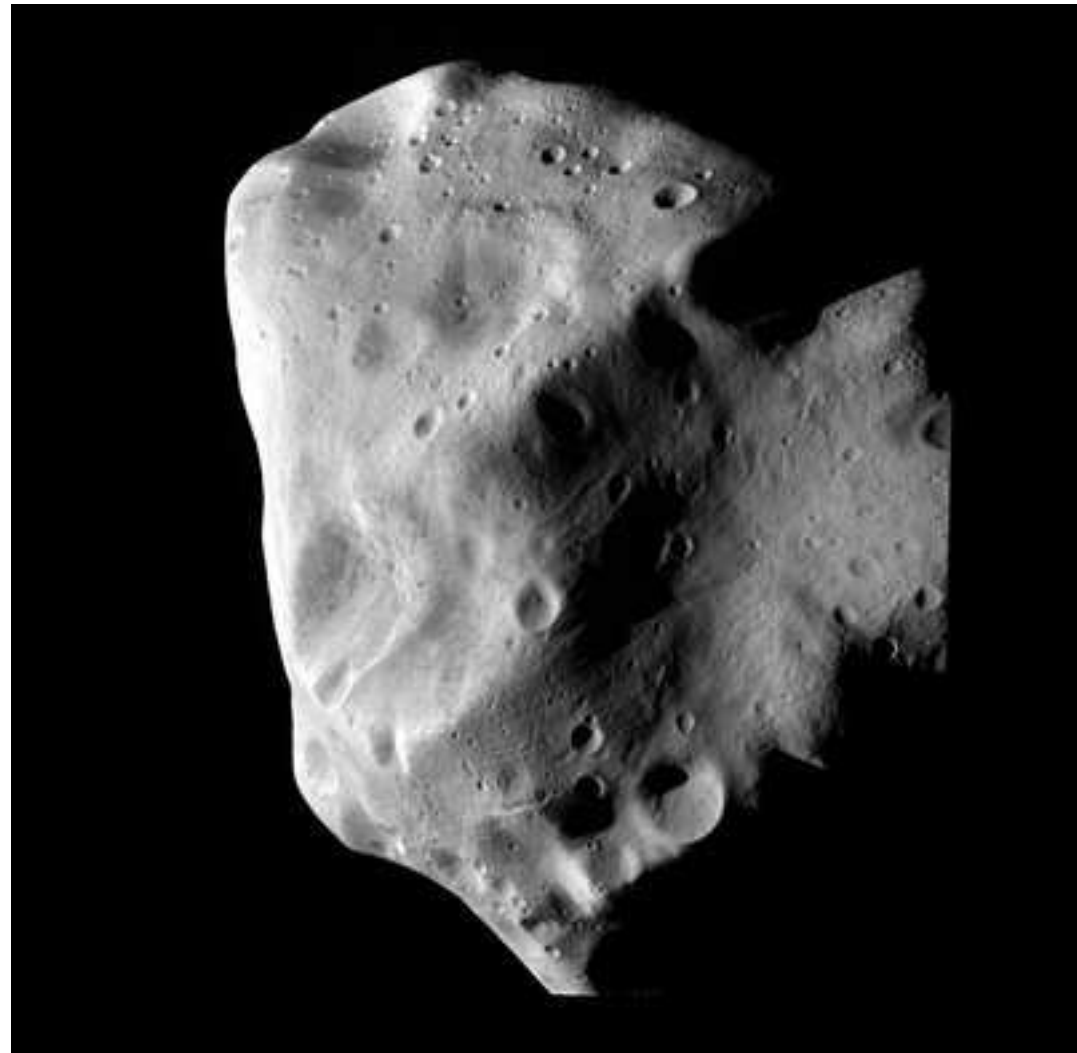
Rosetta: LUTETIA flyby

LUTETIA (Asteroid type M)

2010/07/10 15:50

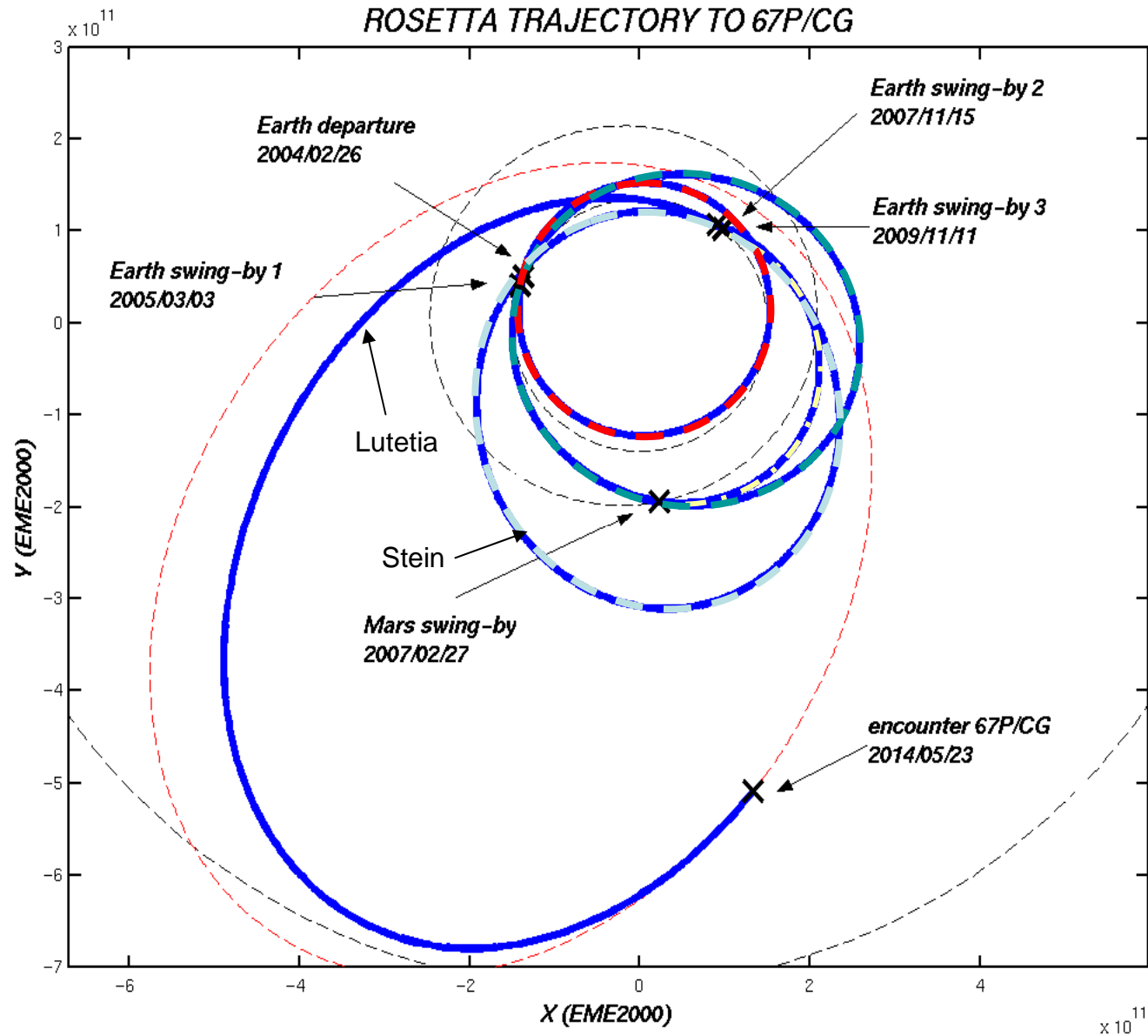
Distance: 3169 km

Scientific mission



ESA 2010 MPS for OSIRIS team MPS/UPD/LAM

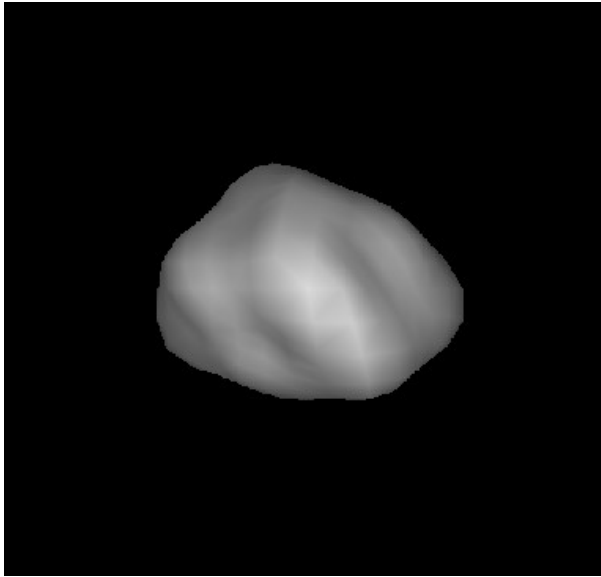
Operations - Croisière



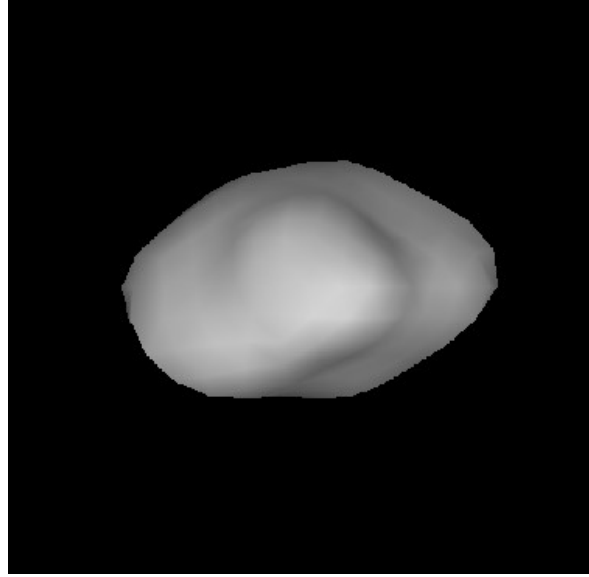
Operations - Croisière

- Sortie d'hibernation: **23/01/2014**
- Phases de dérive, d'approche lointaine et rapprochée
- Insertion en orbite cométaire: **22/08/2014**

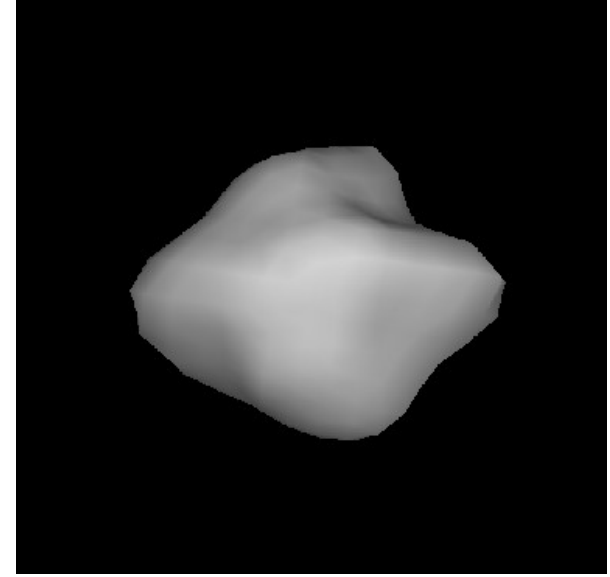
Modèle de forme de 67P



Longitude 350°



Longitude 80°



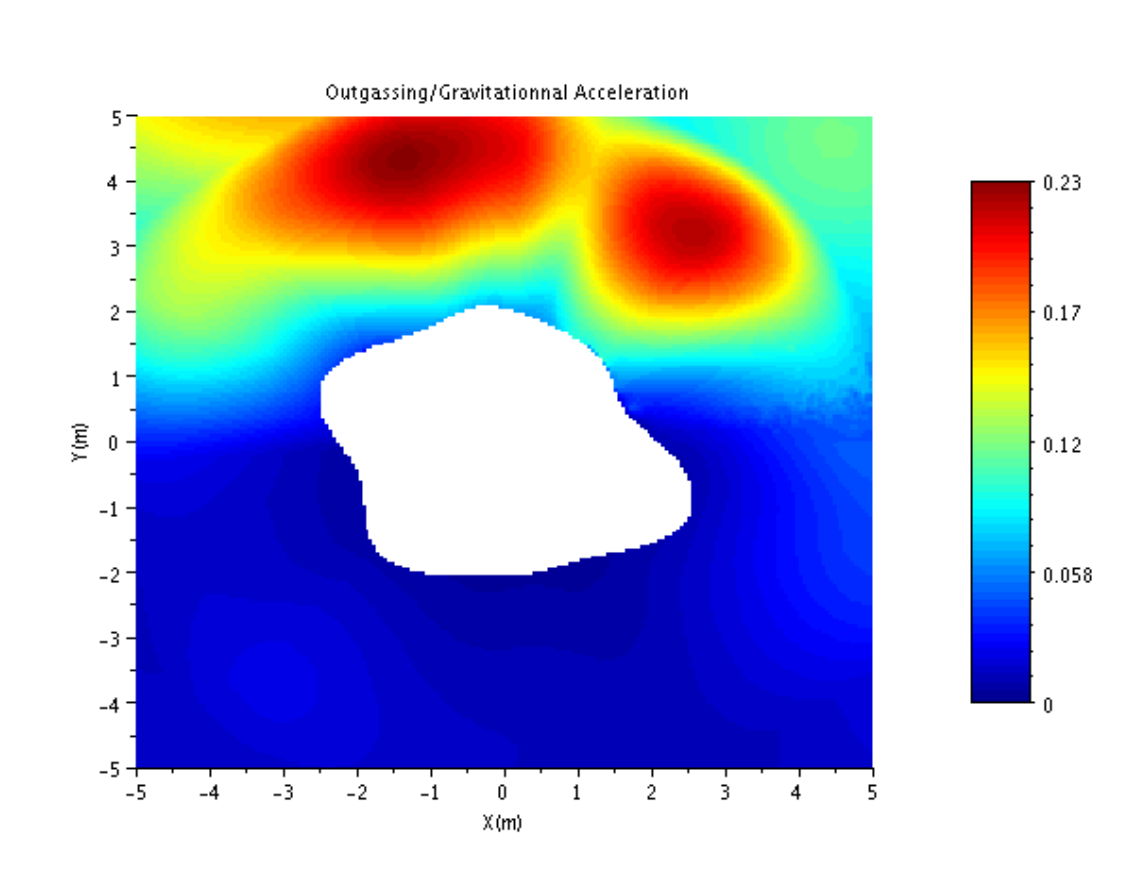
Latitude 90°

- Forme : inversion de 4 courbes de lumière visible
- Taille: modèle thermique STM + Spitzer
- Orientation de l'axe de rotation
- Période de rotation

Operations - Global Mapping

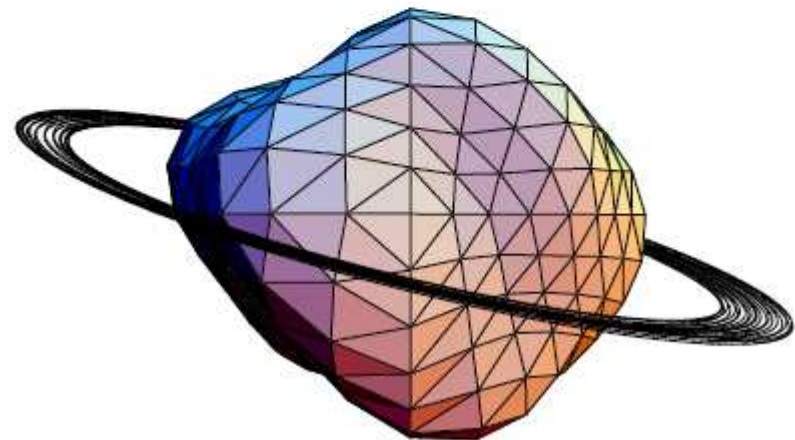
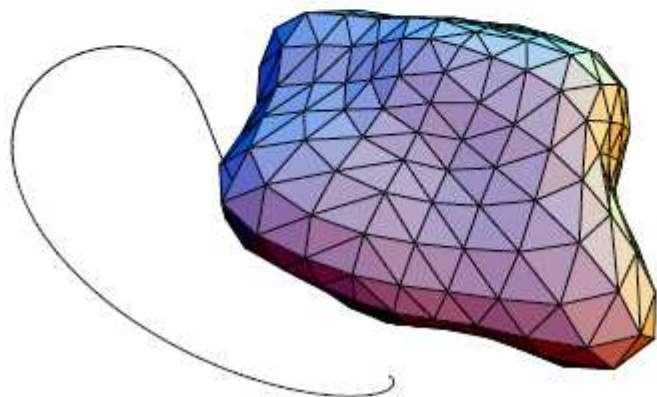
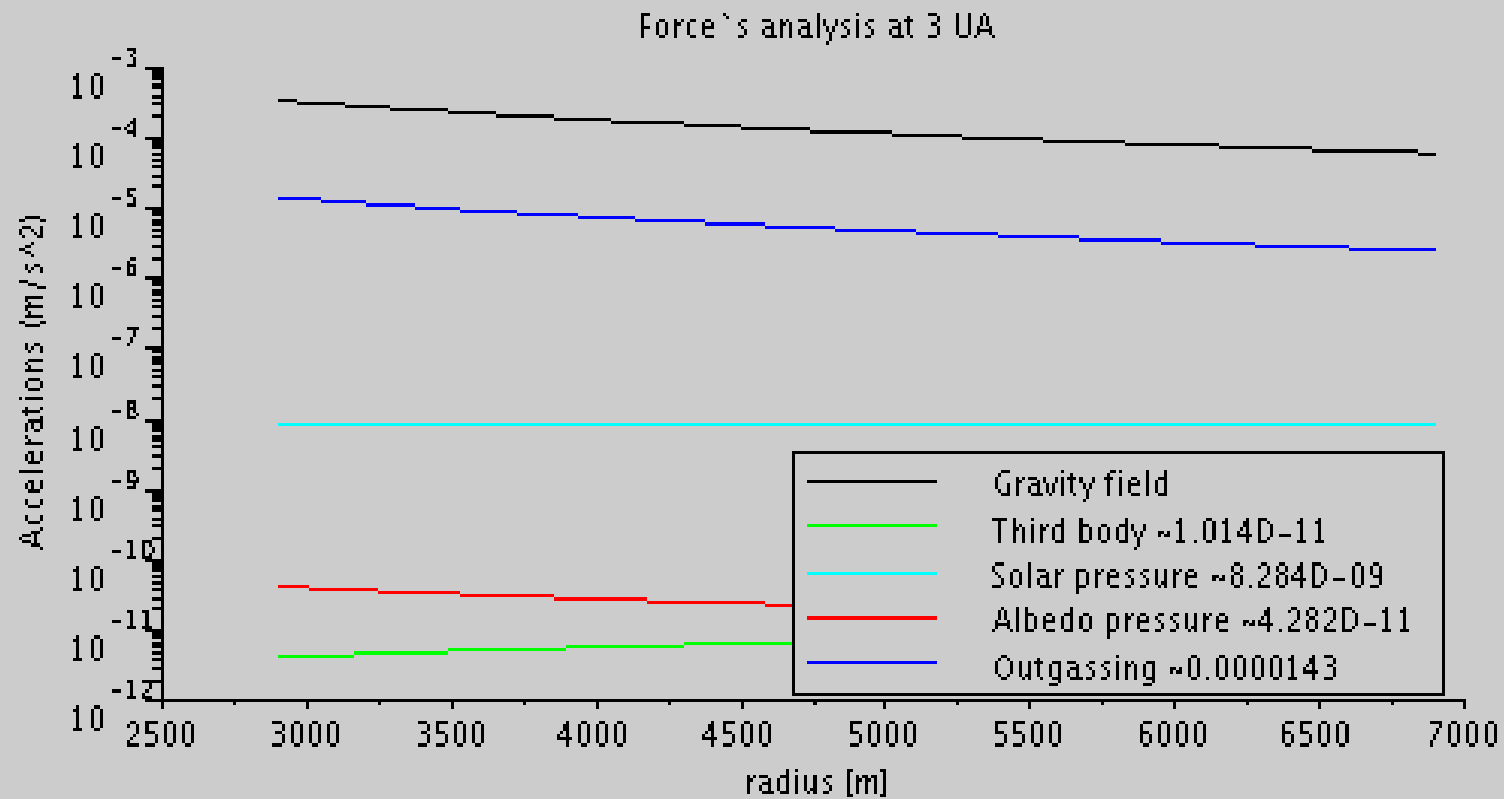
- Détermination du modèle 3-D de la comète
 - exploitation des images OSIRIS, VIRTIS, Navcam
 - restitution du relief cométaire à 10 cm près (par RMOC, équipes scientifiques, **SONC**)
- Détermination du modèle de dégazage (gaz et poussières)
 - exploitation des données ROSINA, GIADA,
 - paramétrisation et choix du modèle
- Détermination du modèle de potentiel
 - exploitation des données RSI,
 - paramétrisation et choix du modèle (par **SONC/GRGS**)

Rapport Dégazage/Gravitation



CO : $Q_{\min} = 1e26$ molécules/s et $Q_{\max} = 1e27$ molécules/s

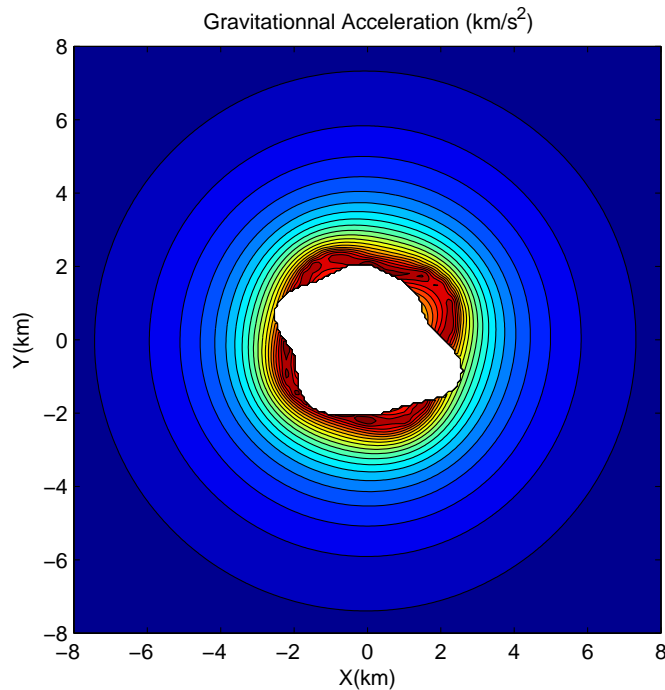
Les forces en orbite autour de la comète



Gravity field modelisation

polyhedron

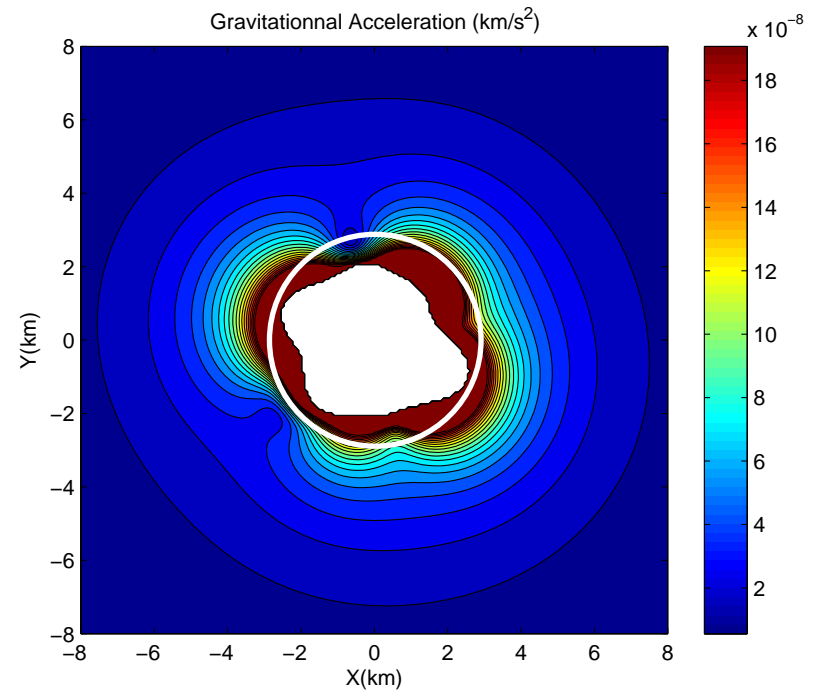
S.H



Constant density

Defined everywhere

No coefficients
adjusted



Non constant density

Not Defined inside
Brillouin sphere

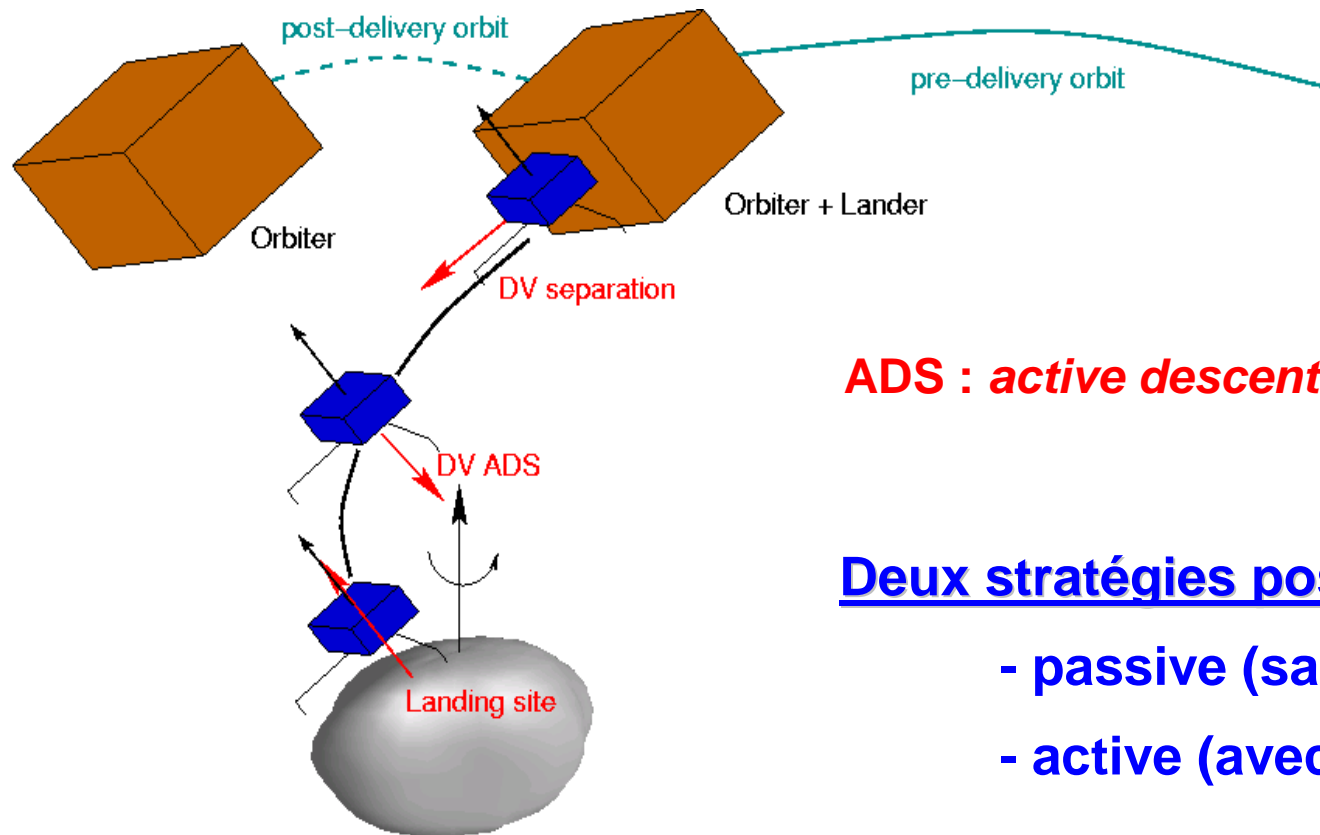
Stokes coefficients
adjusted **degree 2 and 3**

Operations - Close observation

- Détermination du lieu définitif d'atterrissage
 - amélioration des modélisations,
 - restitution du relief cométaire à 1 cm près (par équipes scientifiques, SONC) **ATTERIR SUR UNE ZONE PLANE**
 - détermination SONC - RMOC de l'orbite de séparation de l'Orbiter, de la trajectoire de descente du Lander,
 - détermination de l'attitude de descente, des visibilités Lander/Orbiter, des opérations scientifiques pendant la descente et la première séquence scientifique,
 - détermination de l'orbite de back-up et du site d'atterrissage avec cette orbite

→ **Close observation: 23 jours + 22 (AC)**

TRAJECTOIRE DE DESCENTE



ADS : active descent strategy

Deux stratégies possibles :

- passive (sans manœuvre ADS)
- active (avec manœuvre ADS)

CONTRAINTES

Vitesse d'impact < 1.2 m/s,

$0.05 < \text{Module de la manœuvre de séparation} < 0.5$ m/s,

$0.05 < \text{Module de la manœuvre active} < 1.0$ m/s,

Durée de descente < 2 heures,

Axe Z Atterrisseur/Orbiteur colinéaire à la verticale locale,

Altitude minimale de la « delivery » orbite = 1 km ou 1 rayon cométaire,

Il faudra être prêt à tout...

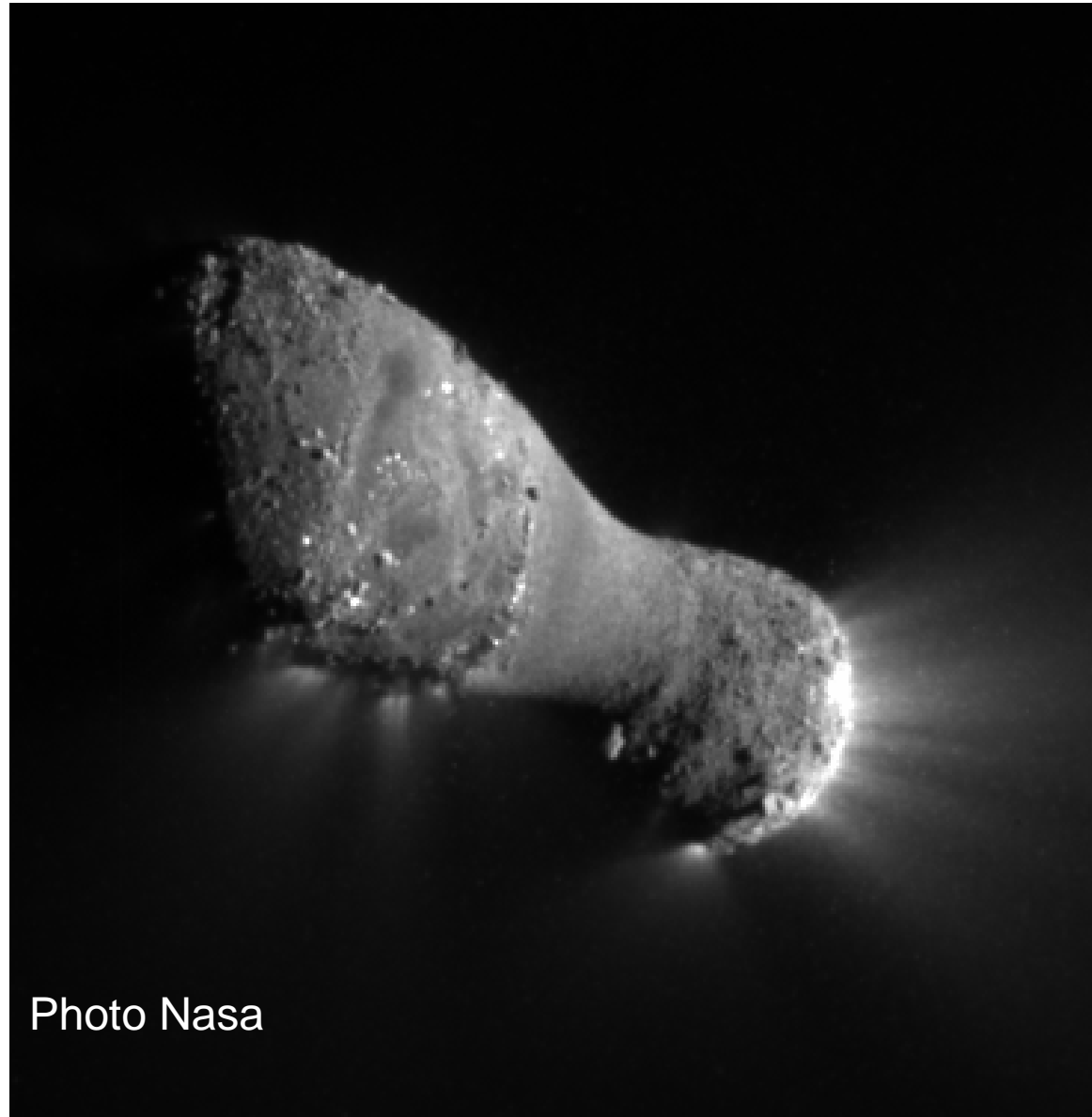


Photo Nasa

Survol de Hartley2 par Deep Impact le 4/11/2010