

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

Relazione per la prova finale

***Studio della dinamica del volo della missione OSIRIS-REx:
simulazione di una porzione di missione***

Tutor universitario: Prof. Giacomo Colombatti

Laureando: Alessandro Riedi

Padova, 21/09/2023

Obiettivi generali

- Familiarizzazione con software di simulazione (**GMAT**) e di analisi (**MATLAB**)
- Acquisizione, utilizzo e produzione di dati → sistema **SPICE**

Obiettivi operativi

- Propagazione libera della traiettoria del satellite
- Simulazione di una manovra impulsiva che riproduca una manovra reale
- Valutazione della fedeltà delle simulazioni
- Valutazione degli effetti delle perturbazioni orbitali

OSIRIS-REx

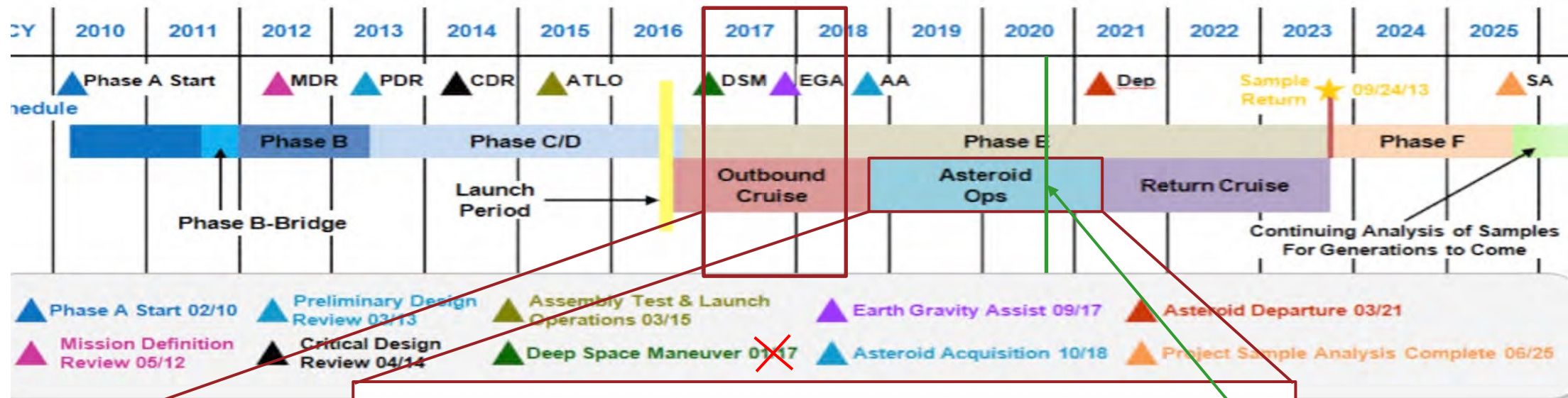
Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer

Obiettivi della missione

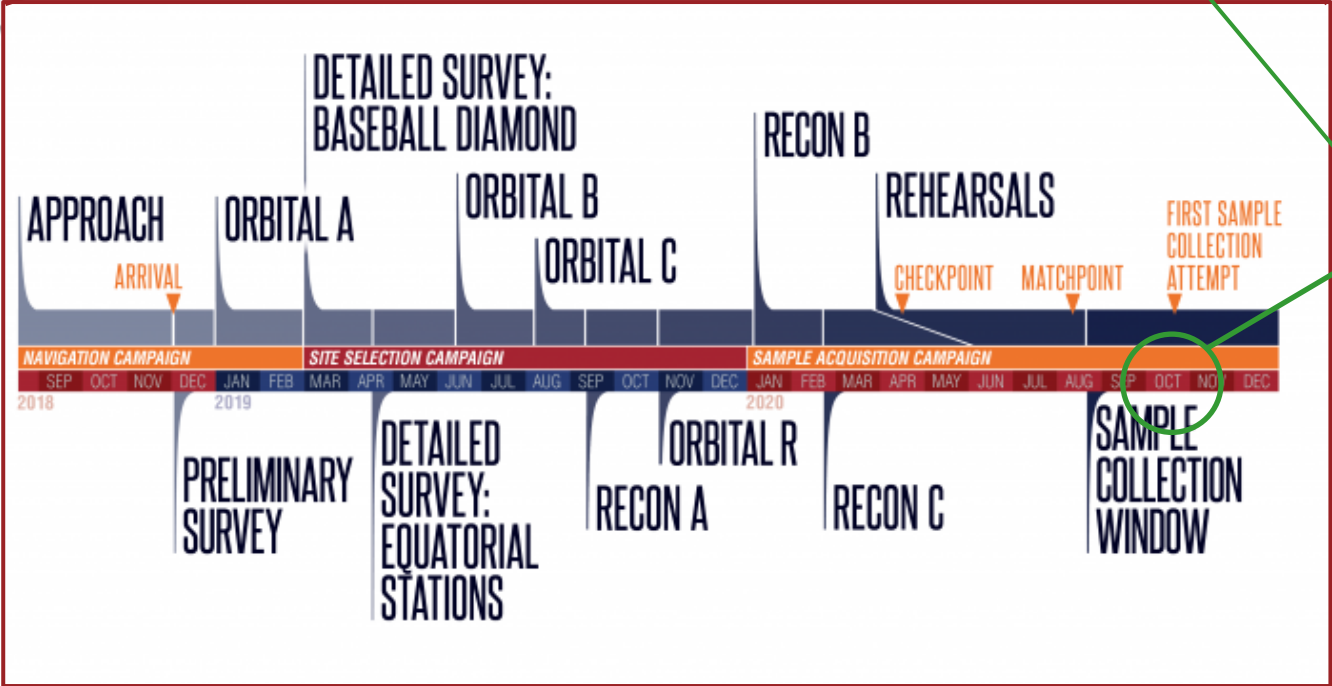
- Nuove fonti di informazioni circa l'evoluzione degli asteroidi e del Sistema Solare
- Acquisizione, conservazione e ritorno di un campione di regolite di massa superiore a 60g
- Orbita e prolungate operazioni di prossimità presso l'asteroide **Bennu**



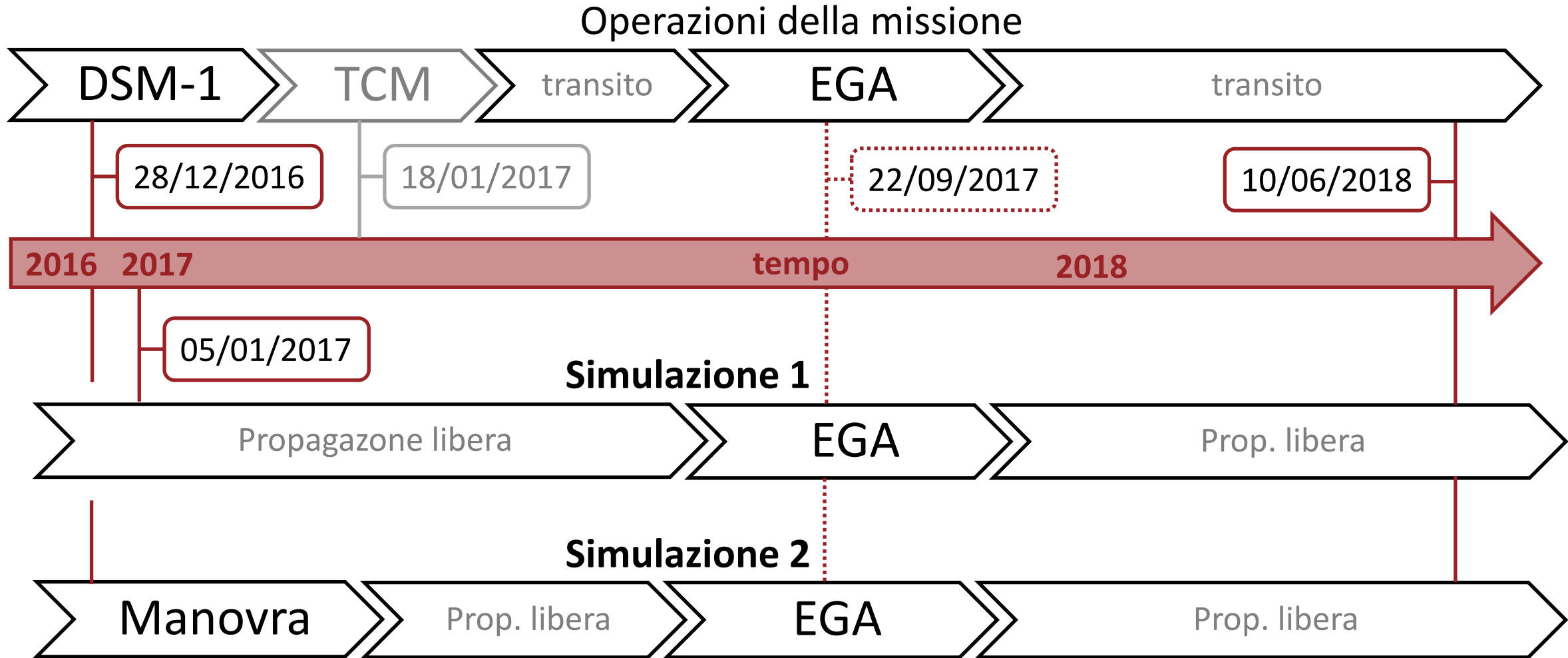
TIMELINE DELLE OPERAZIONI



Periodo simulato

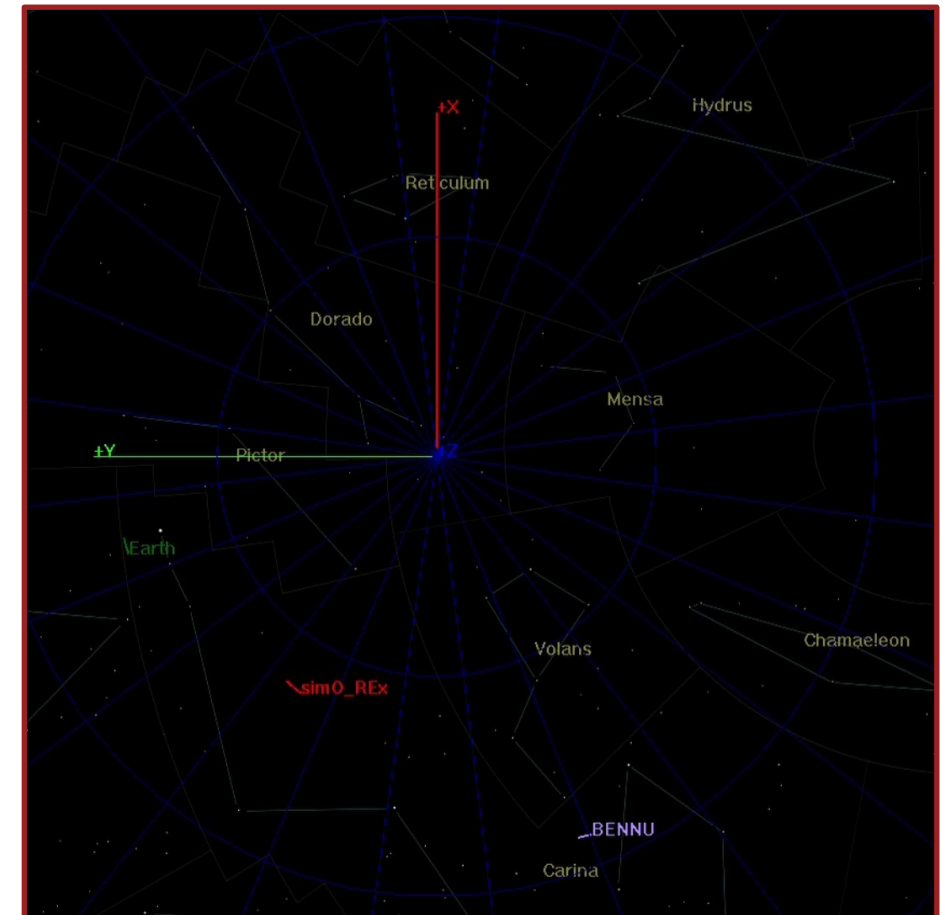
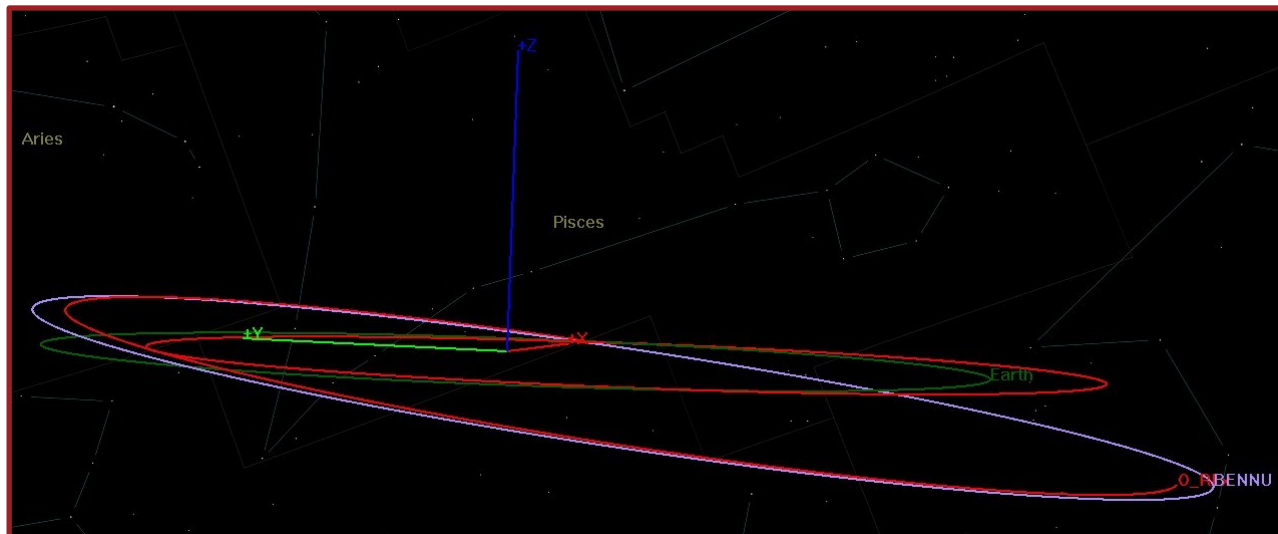


Campionamento
20/10/2020



- Obiettivo: riprodurre la vera traiettoria della missione
- Simulazione in GMAT:
 - Definizione di Bennu
 - Definizione dello *spacecraft*
 - Propagatore «SPK»

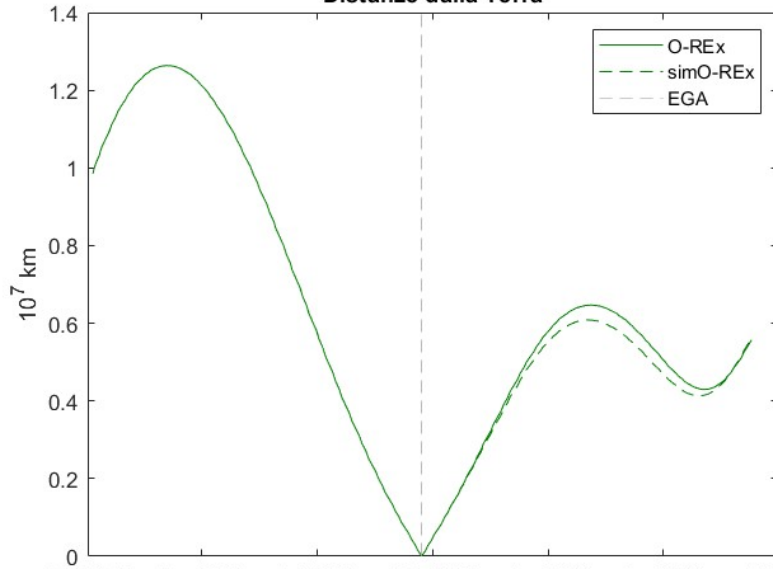
Inizio	Fine
05/01/2017 00:00:00 UTC	10/06/2018 00:00:00 UTC



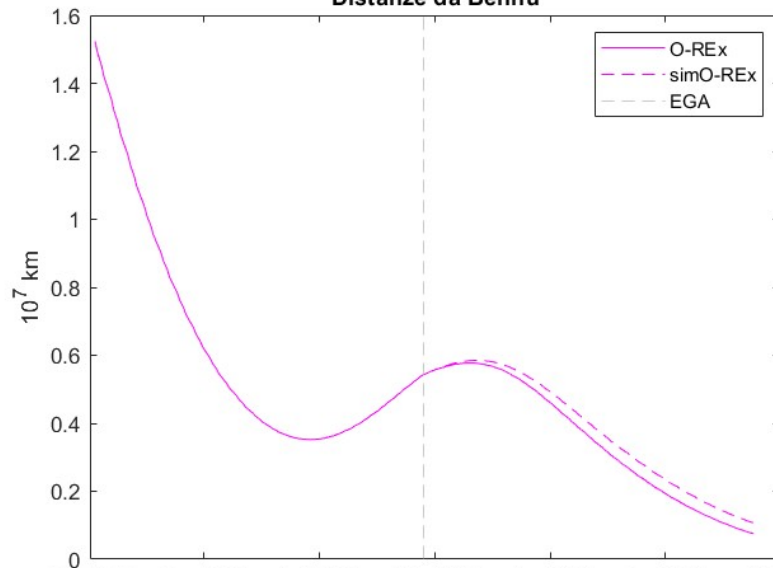
- Stato **iniziale** del satellite ottenuto dai *kernels*
- Sistema di riferimento:
 - Centrato nel Sole
 - Assi MJ2000Ec (sistema inerziale, piano X-Y coincide con l'eclittica)
- Produzione di un file SPK con i risultati
- Confronto con i dati di *baseline* in MATLAB:
- Risultato: Buona corrispondenza delle simulazioni, nonostante l'assenza della TCM:

Elementi	Dati reali	Differenza dai dati simulati
Distanza di Perielio	1,3054e+08km	0,85%
Argomento di Perielio	77,047°	1,060°
Eccentricità	0,202	4,06%
Inclinazione	6,332°	-0,712°
Anomalia media @fine sim.	169,812°	-0,689°

Distanze dalla Terra

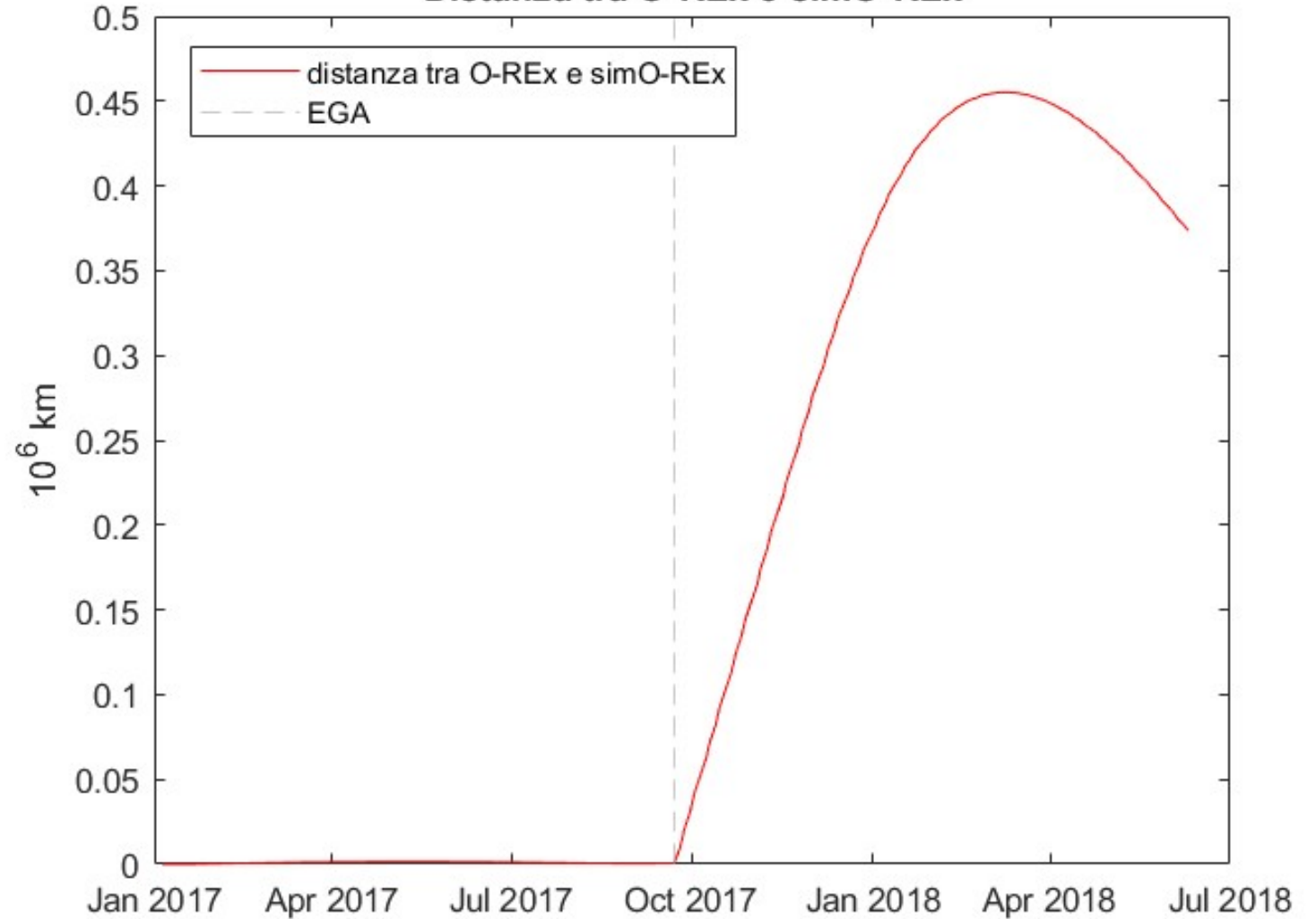


Distanze da Bennu



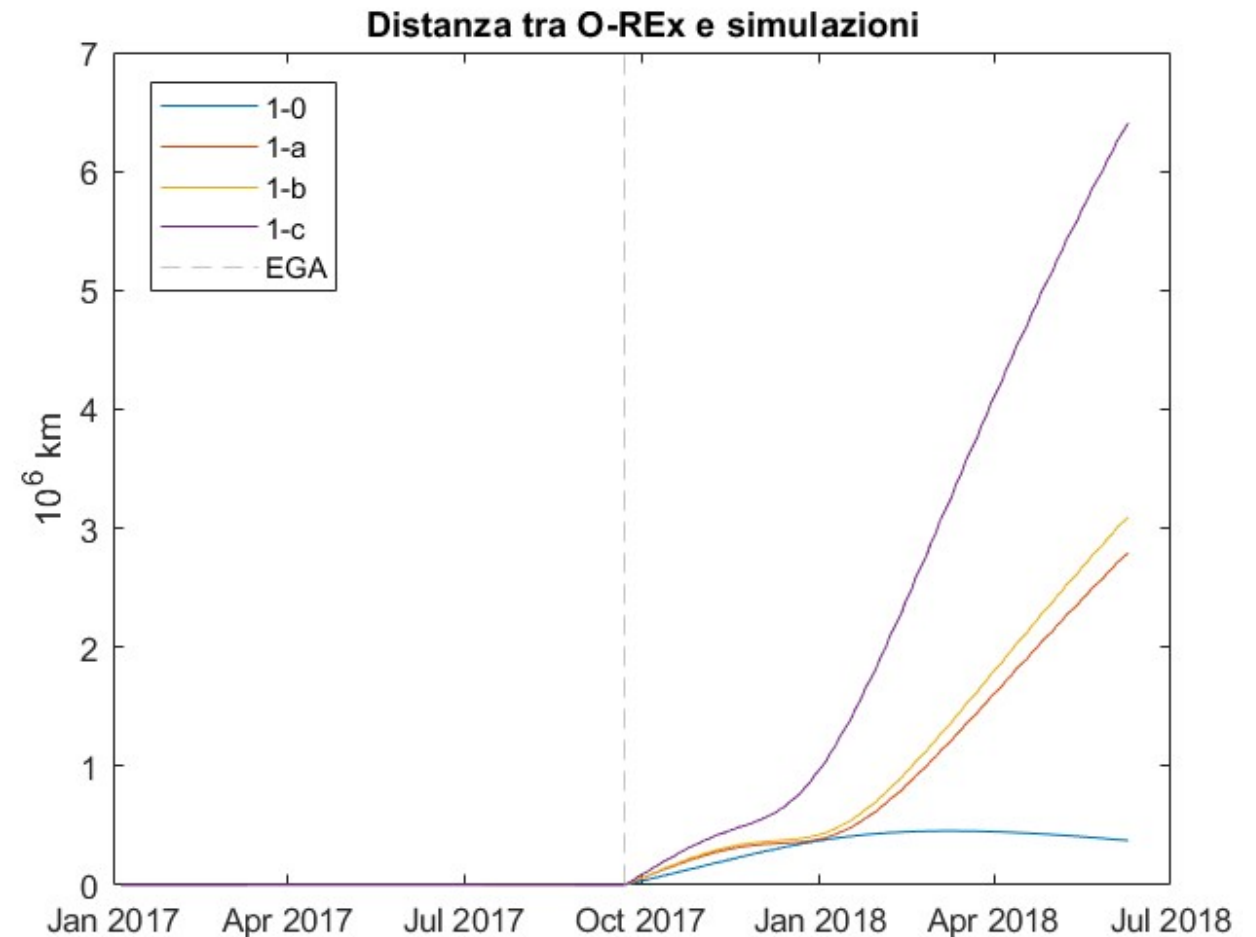
Jan 2017 Apr 2017 Jul 2017 Oct 2017 Jan 2018 Apr 2018 Jul 2018

Distanza tra O-REx e simO-REx



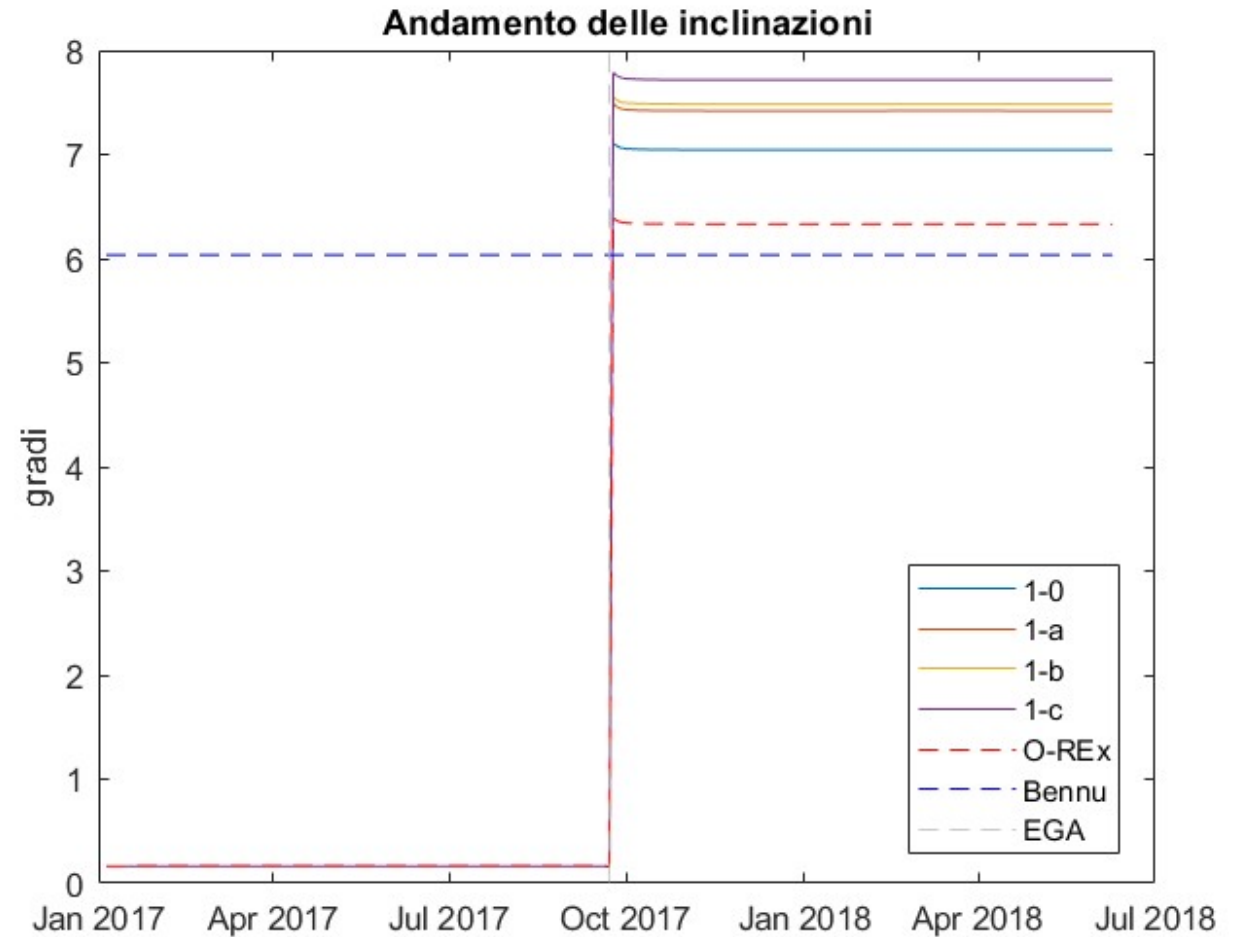
- Modifica del propagatore per considerare separatamente gli effetti di:
 1. Pressione di radiazione solare (SRP)
 2. Attrazione degli altri corpi del Sistema Solare (oltre a Terra e Sole)
- Confronto degli effetti sui risultati

Sim.	SRP	Corpi celesti
1-0	✓	✓
1-a	✓	✗
1-b	✗	✓
1-c	✗	✗



- Modifica del propagatore per considerare separatamente gli effetti di:
 1. Pressione di radiazione solare (SRP)
 2. Attrazione degli altri corpi del Sistema Solare (oltre a Terra e Sole)
- Confronto degli effetti sui risultati

Sim.	SRP	Corpi celesti
1-0	✓	✓
1-a	✓	✗
1-b	✗	✓
1-c	✗	✗



- Obiettivo: Riprodurre la manovra DSM-1 utilizzando la funzionalità **Targeting** di GMAT
- Approccio:
 - Stato **iniziale** ottenuto dai kernels
 - Manovra impulsiva
 - Loop *Targeting* → obiettivo: stato dello S/C @
 - Propagazione fino al 10/06/2018

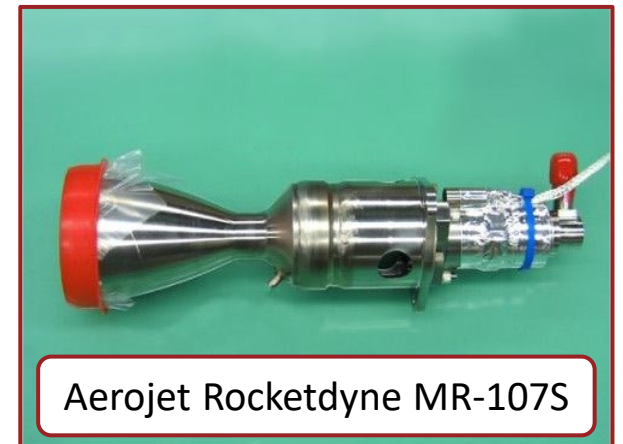
Inizio	Fine
28/12/2016 00:00:00 UTC	10/06/2018 00:00:00 UTC

Sim.	obiettivo
2-a	20/04/2017
2-b	20/06/2017
2-c	20/08/2017

- Modellazione dell'*hardware*:
 - *Fuel* → Idrazina monopropellente
 - Caratterizzazione di serbatoio e *thrusters*



ATK Space Systems

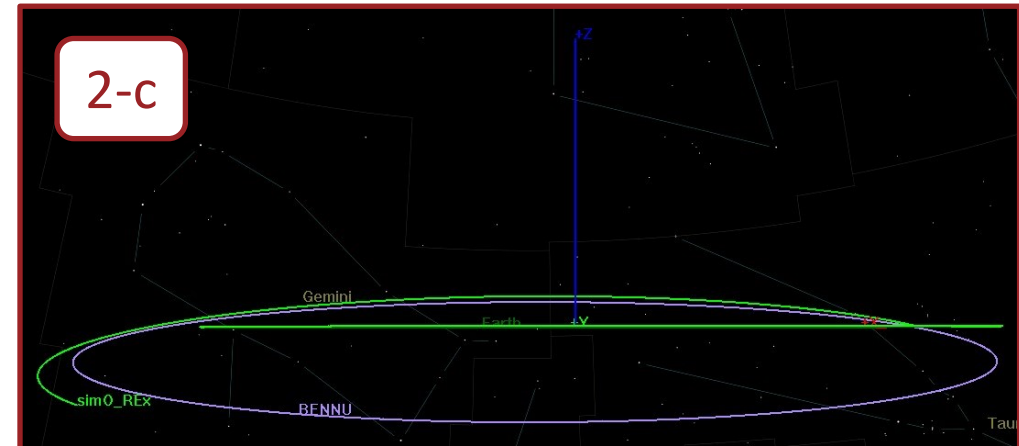
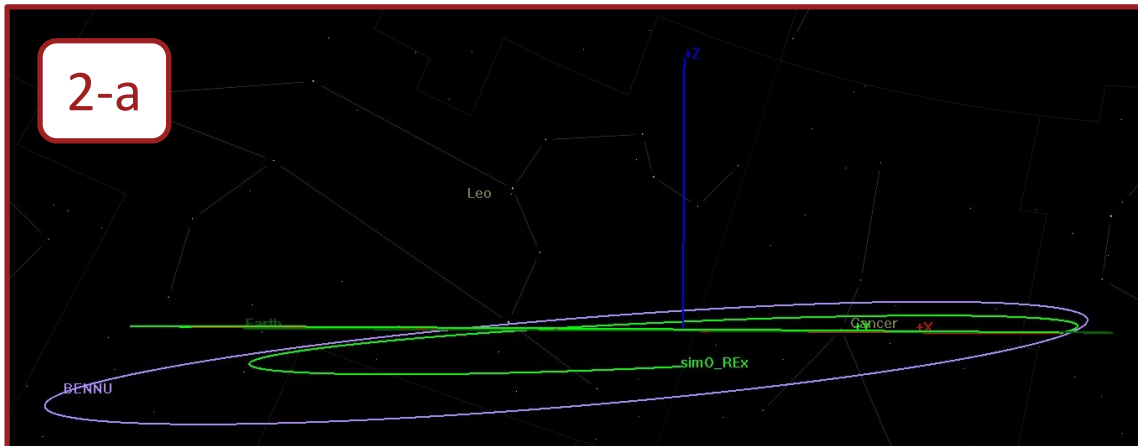


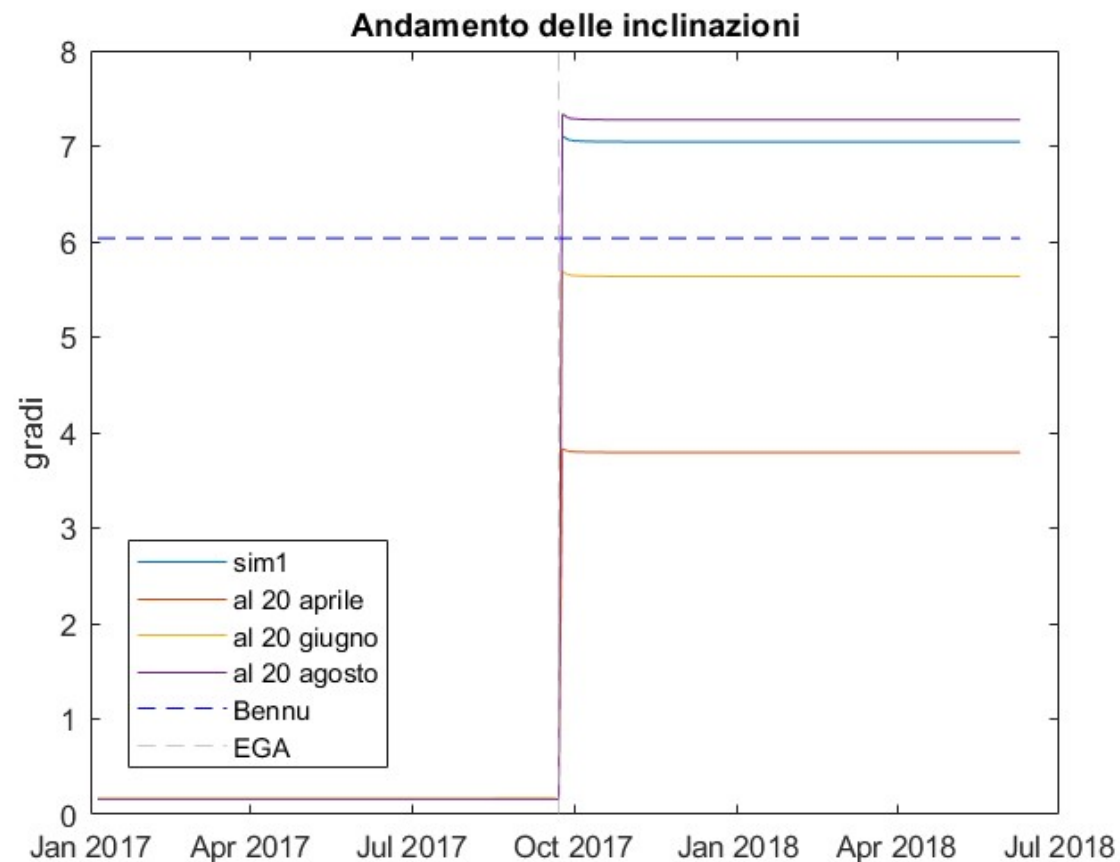
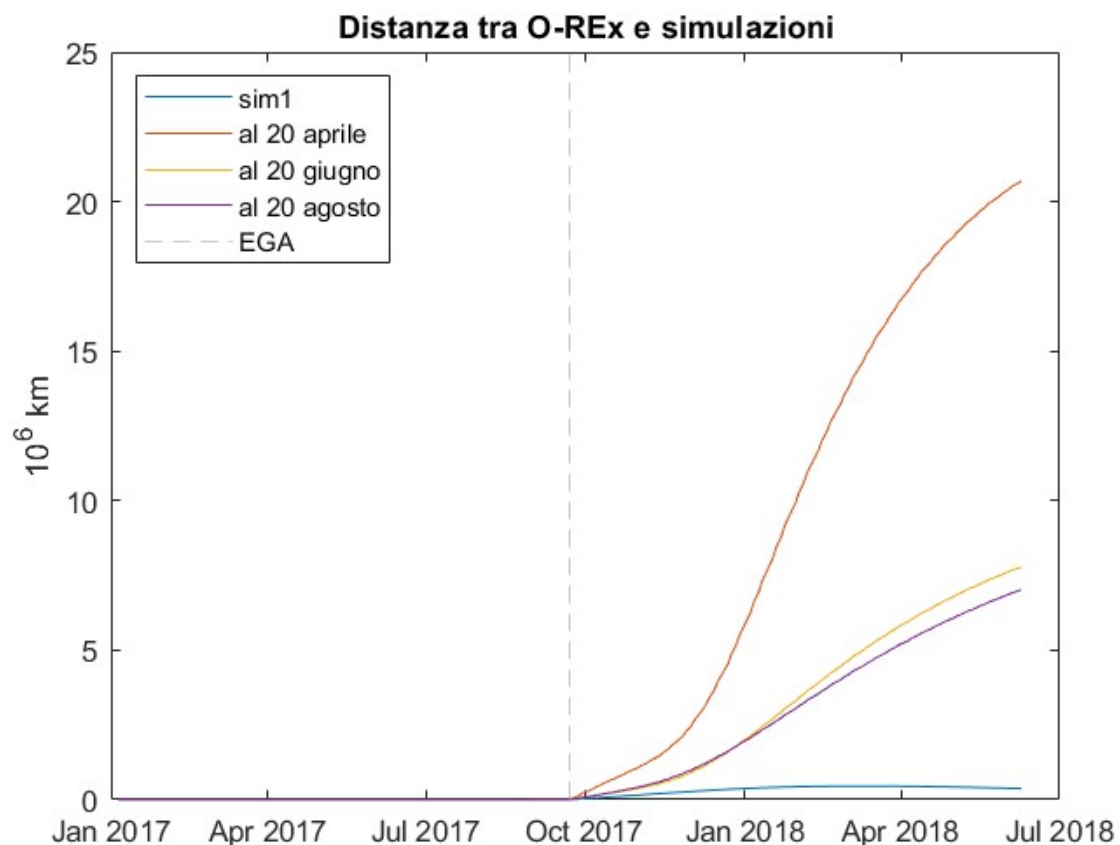
Aerojet Rocketdyne MR-107S

Risultati del <i>targeting</i>		
Precisione sulle posizioni	≈ 1E-6	km
Precisione sulle velocità	≈ 1E-3	km/s

DeltaV della manovra		
DeltaV reale	0,431	km/s
DeltaV simulato (2-a)	0,43101	km/s

- **Scostamenti marcati** dai dati reali e dalla simulazione 1
- Le deviazioni vengono amplificate dall'EGA
- Il risultato migliora più avanti si pone l'obiettivo del *Targeting*





In ogni caso la precisione è molto minore di quella ottenuta con la simulazione 1

Precisione più soddisfacente sulle inclinazioni

Risultati operativi

- Precisione:
 - soddisfacente in propagazione libera
 - **insoddisfacente** riproducendo la manovra; migliora spostando in avanti l'obiettivo
→ Causa: il fly-by amplifica le imprecisioni in uscita dal *Targeting*
- Influenza delle perturbazioni orbitali (studio svolto solo su propagazione libera) **in nessun modo trascurabile** ($\approx 0,5E7$ km sulle distanze)
→ Effetto prevalente: **SRP**

Possibili miglioramenti

- Manovra non impulsiva per maggiore fedeltà
- Modellazione «da zero» della manovra per ottenere il fly-by appropriato

DOMANDE?



CASSINI HUYGENS

LAUNCH

ION

OSIRIS-REX
ASTEROID SAMPLE RETURN MISSION

B. Williams, P. Antreasian, E. Carranza et al. «OSIRIS-REx Flight Dynamics and Navigation Design.» *Space Sci Rev*, 214, 2018: 69-112.

D.S. Lauretta, S.S. Balram-Knutson, E. Beshore et al. «OSIRIS-REx: Sample Return from Asteroid (101955).» *Space Sci Rev* 212, 2017: 925-984.

E.B. Bierhaus, B.C. Clark, J.W. Harris et al. «The OSIRIS-REx Spacecraft and the Touch-and-Go Sample Acquisition Mechanism (TAGSAM).» *Space Sci Rev* 214, 2018: 107-153.

Judy Mou and Ian Webster. «SpaceReference.org.» *101955 Bennu (1999 RQ36)*. s.d.
<https://www.spacereference.org/asteroid/101955-bennu-1999-rq36>.

Nancy Neal Jones, NASA's Goddard Space Flight Center. «Successful Deep Space Maneuver for NASA's OSIRIS-REx Spacecraft.» *www.NASA.gov*. 17 Gennaio 2017.
<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/successful-deep-space-maneuver-for-nasa-s-osiris-rex-spacecraft>.

Office of Communications, University of Arizona. «OSIRIS-REx Executes First Deep Space Maneuver.» *OSIRIS-REx Asteroid Sample Return Mission*. 28 Dicembre 2016.
<https://www.asteroidmission.org/?latest-news=spacecraft-update-dsm-1>.

Spaceflight101. «OSIRIS-REx Spacecraft.» *Spaceflight101.com*. 2023. <https://spaceflight101.com/osiris-rex/osiris-rex-spacecraft-overview>.

Wade, Mark. «MR-107.» *Encyclopedia Astronautica*. s.d. <http://www.astronautix.com/m/mr-107.html>.