

Próximas misiones a pequeños cuerpos



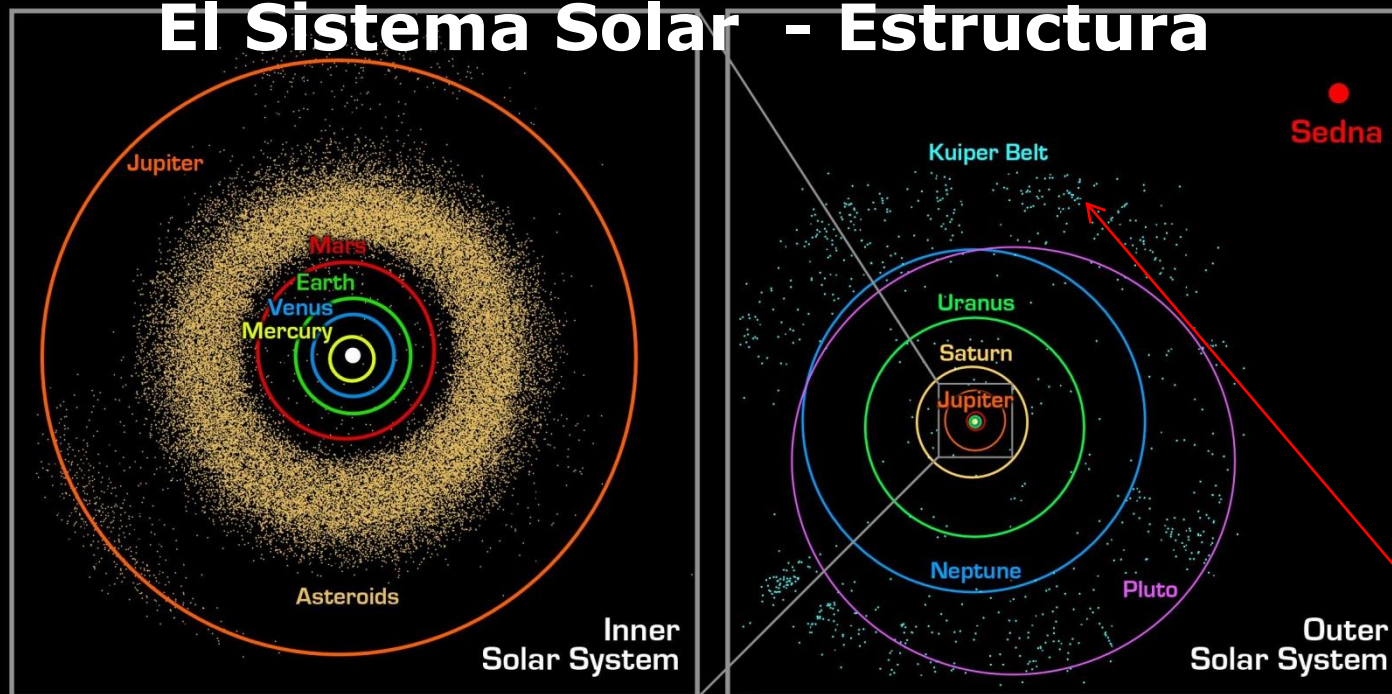
- 1) Recapitulación: Asteroides y Cometas
- 2) Tipos de misiones
- 3) Misiones a asteroides
- 4) Misiones a cometas
- 5) Resumen

Michael Küppers

ESA ESAC

05/04/2022

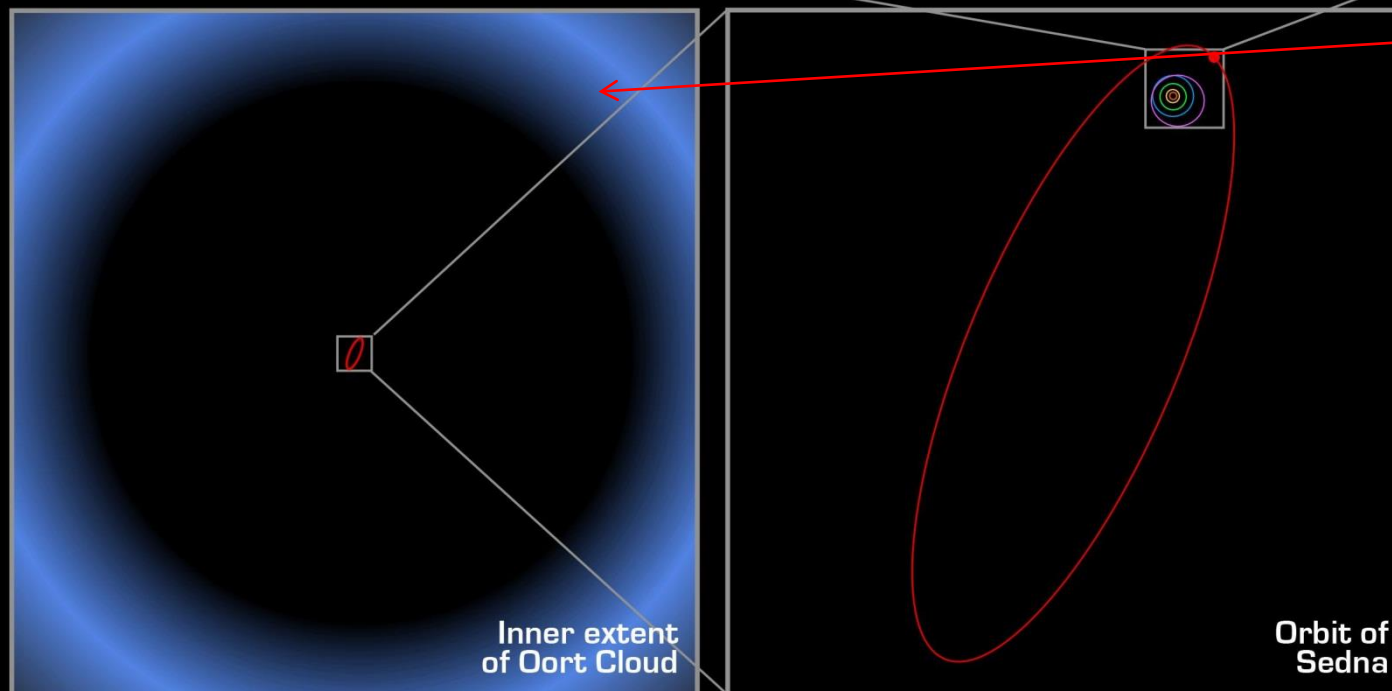
El Sistema Solar - Estructura



Cinturón de Kuiper:
Origen de cometas de
periodo corto (<200
años)

Cometas

Nube de Oort: Origen
de cometas de periodo
largo (>200 años).
Algunos llegan a la
parte interior del
Sistema solar solo una
vez



Short-period comets (SPCs): $T < 200$ años ($a < 34$ AU)

Jupiter-family: $T < 20$ años ($a < 7.4$ AU)

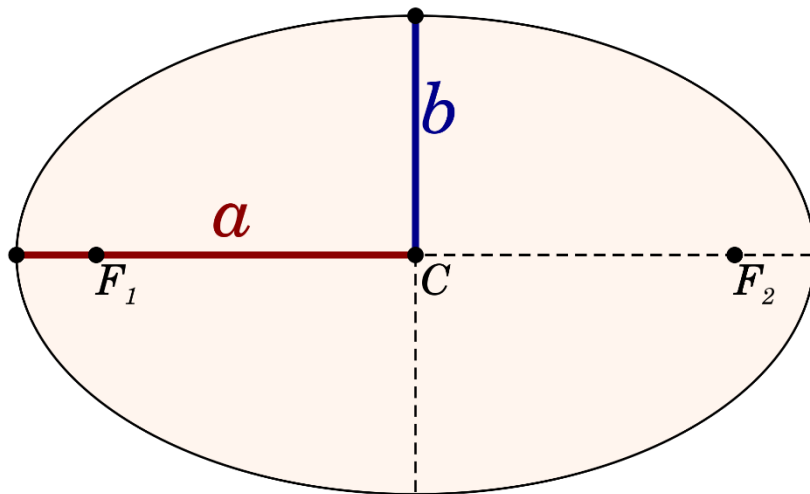
Halley-family: $T > 20$ años

Long-period comets (LPCs): $T > 200$ años

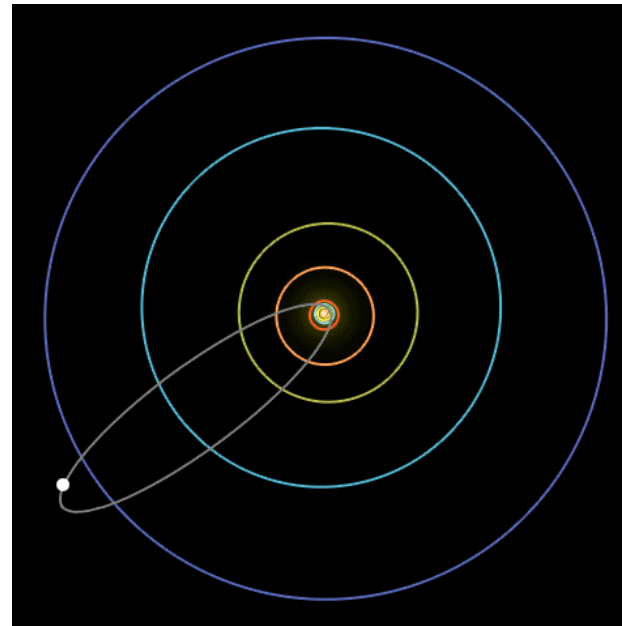
Jupiter: $a = 5.2$ AU
=> Jupiter-family

Neptuno: $a = 30$ AU
=> Dinámica de LPCs
no es controlada por
los planetas

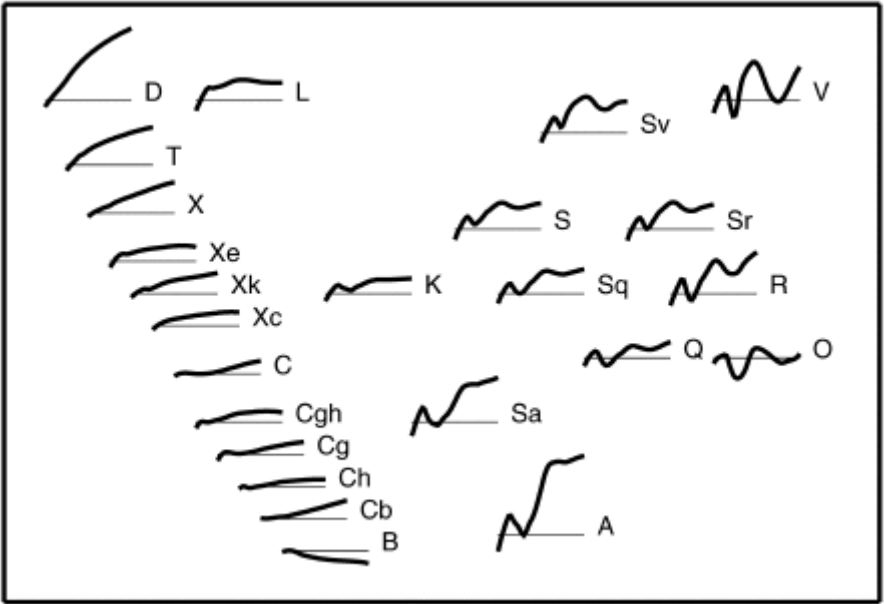
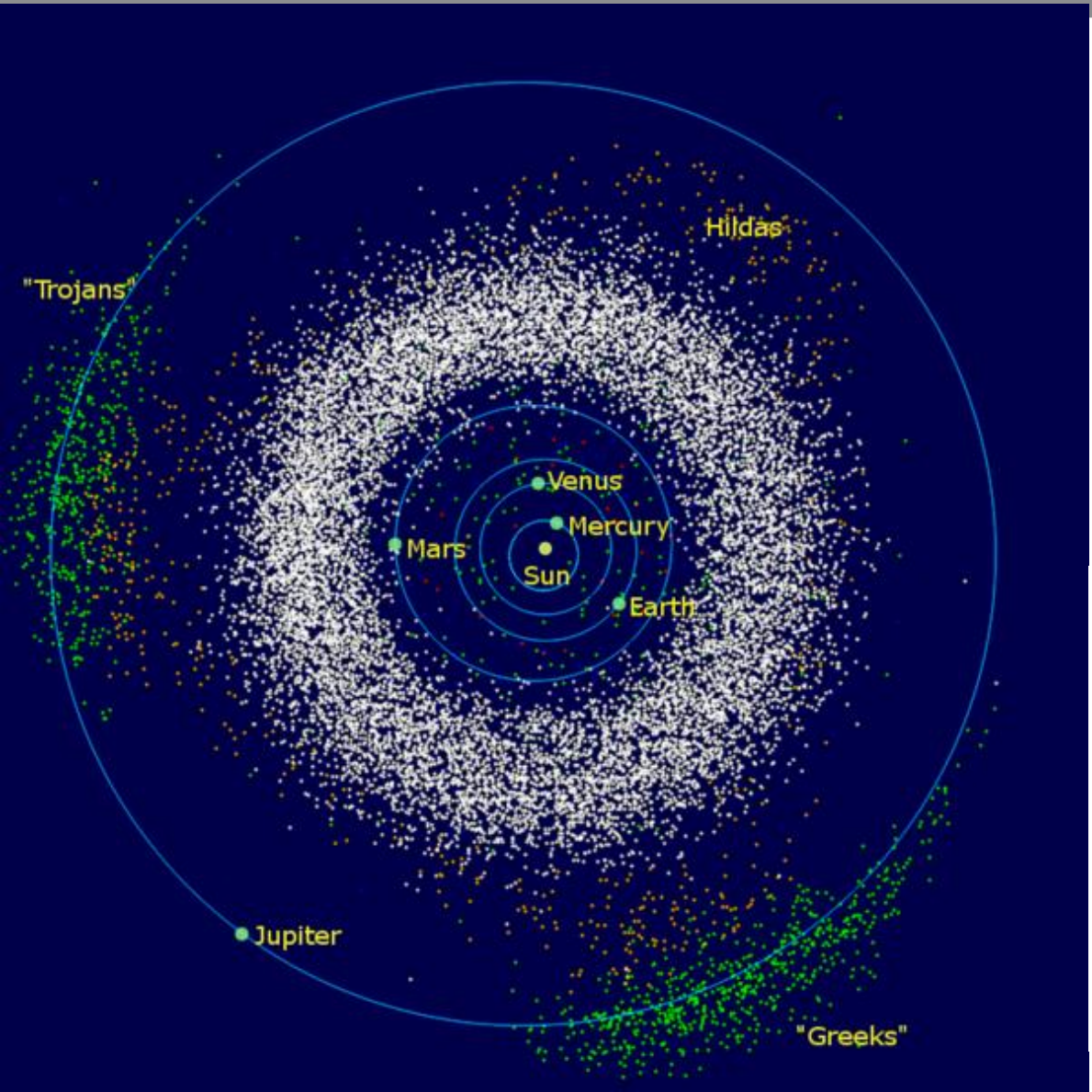
Halley family:
Controlada por
planetas gaseosas
Ejemplo: Halley
($a = 17.8$ AU) es
"Neptune family"



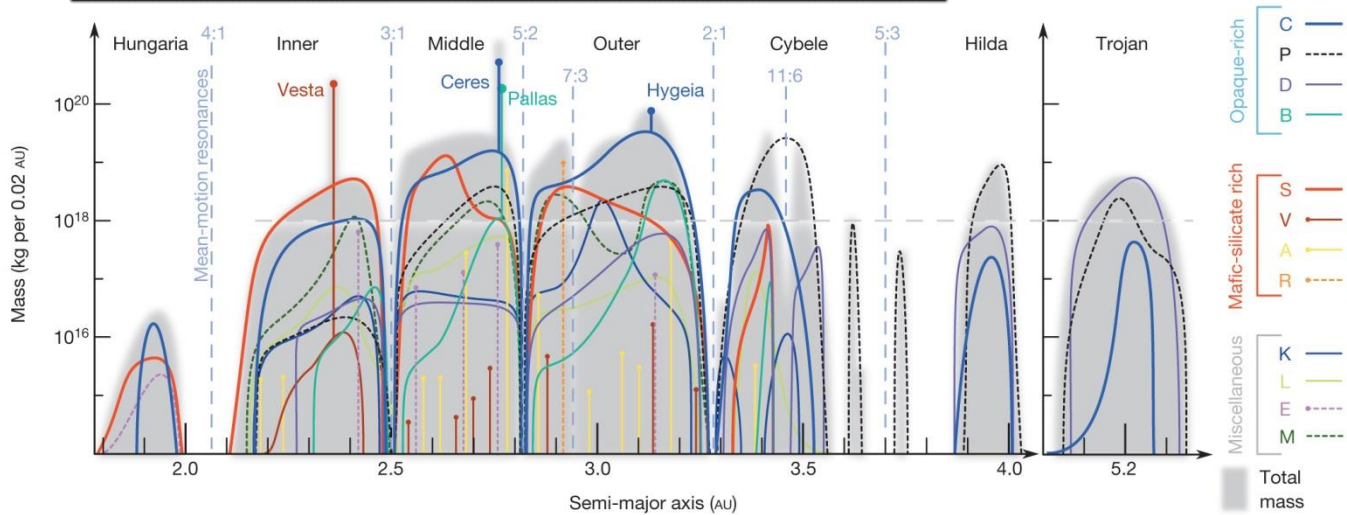
Orbita de Halley



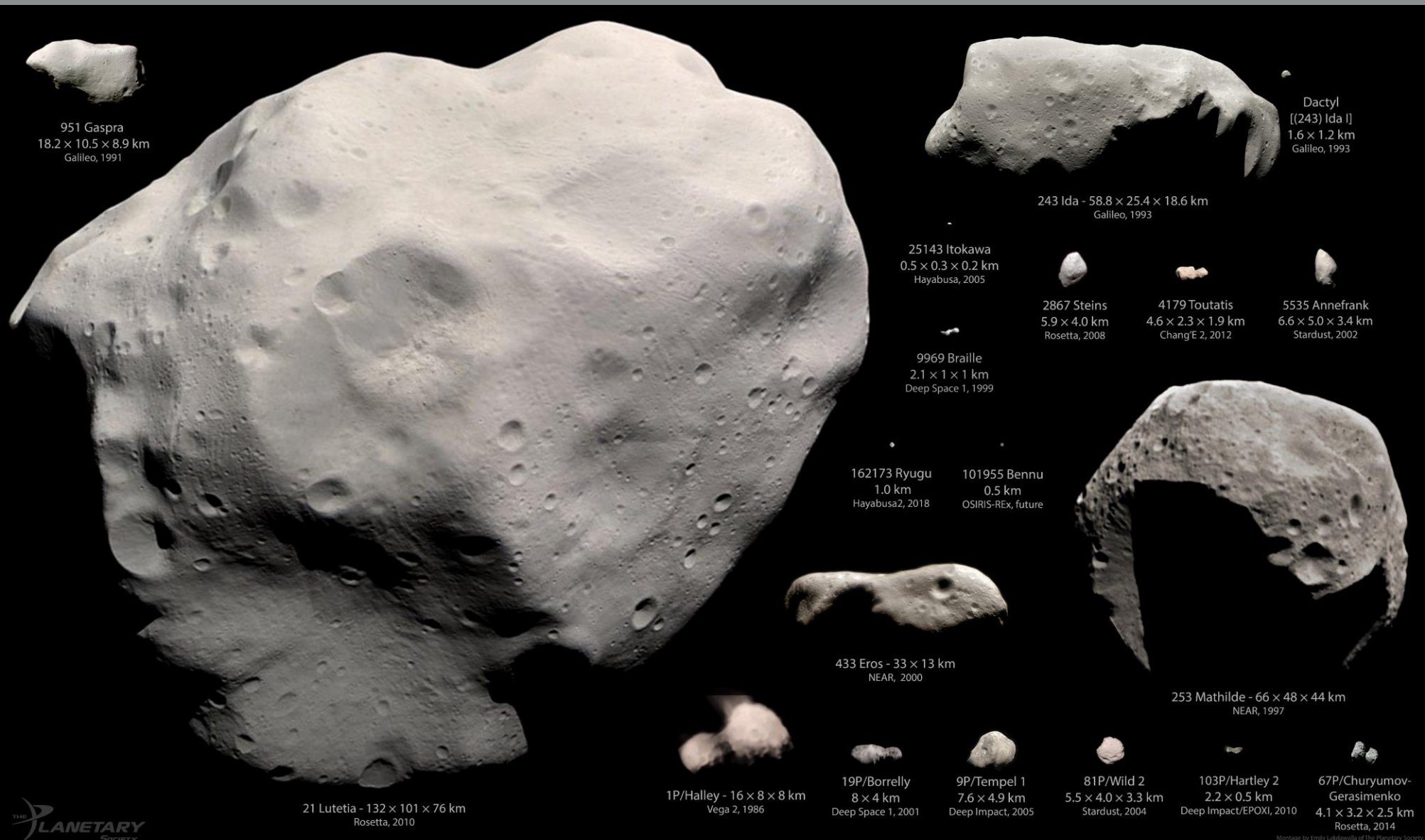
Asteroides



Clasificación



Asteroides y cometas visitados por satélites



Fuente: Emily
Lakdawalla
European Space Agency

Hecho
 En camino

Tipos de misiones

En preparación
 No misión hasta ahora



	Flyby	Rendezvous	Impacto	Aterrizaje	Muestra de coma	Muestra de asteroide o nucleo de cometa
Near-earth asteroid	Muchos, (DESTINY+)	NEAR, Hera	DART	(NEAR), Hayabusa	x	Hayabusa, O-ReX, Zheng He
Main-belt asteroid	Muchos	Dawn, Psyche			x	
Trojan asteroid	Lucy				x	
Asteroid in cometary orbit					x	
Jupiter-family Comet	Muchos	Rosetta	Deep Impact	Philae	Stardust	
Halley-Family Comet	Muchos					
Long-Period Comet	Comet Interceptor					
Main-Belt Comet		Zheng He				
Interstellar Object						

Próximas misiones a Asteroides



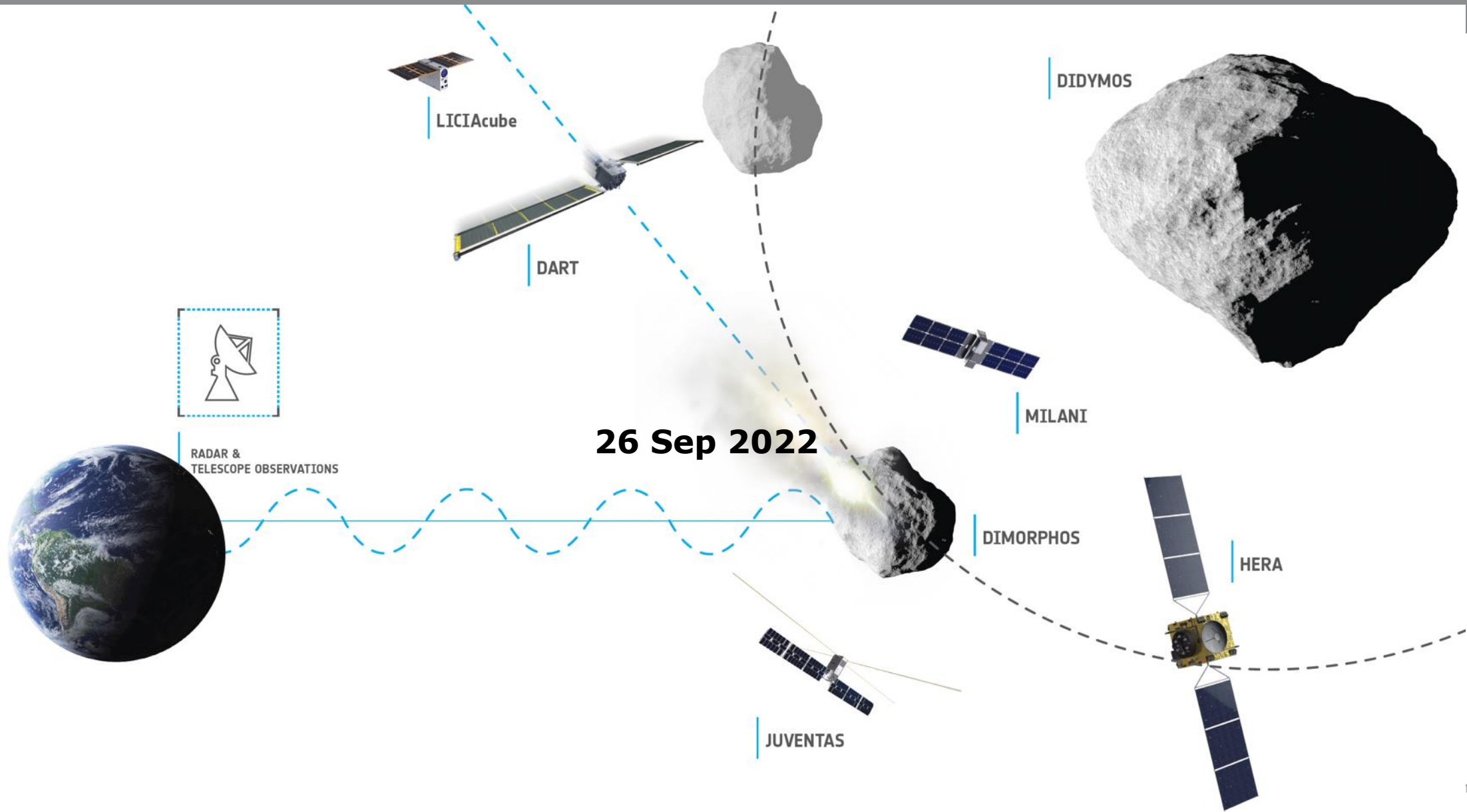
- **DART y Hera:** impacto y investigación del asteroide binario Didymos
 - Primera misión de defensa planetaria (Planetary defence)
 - Primer impacto en un asteroide
 - Primera misión a un asteroide binario (Asteroide con una luna)
- **Psyche:** Primera Investigación de un asteroide metálico
- **MMX:** Retorno de una muestra de la luna de Marte, Phobos
 - Primer muestra de una luna de otro planeta
 - Primer muestra de material de Marte

Proximas misiones a Cometas

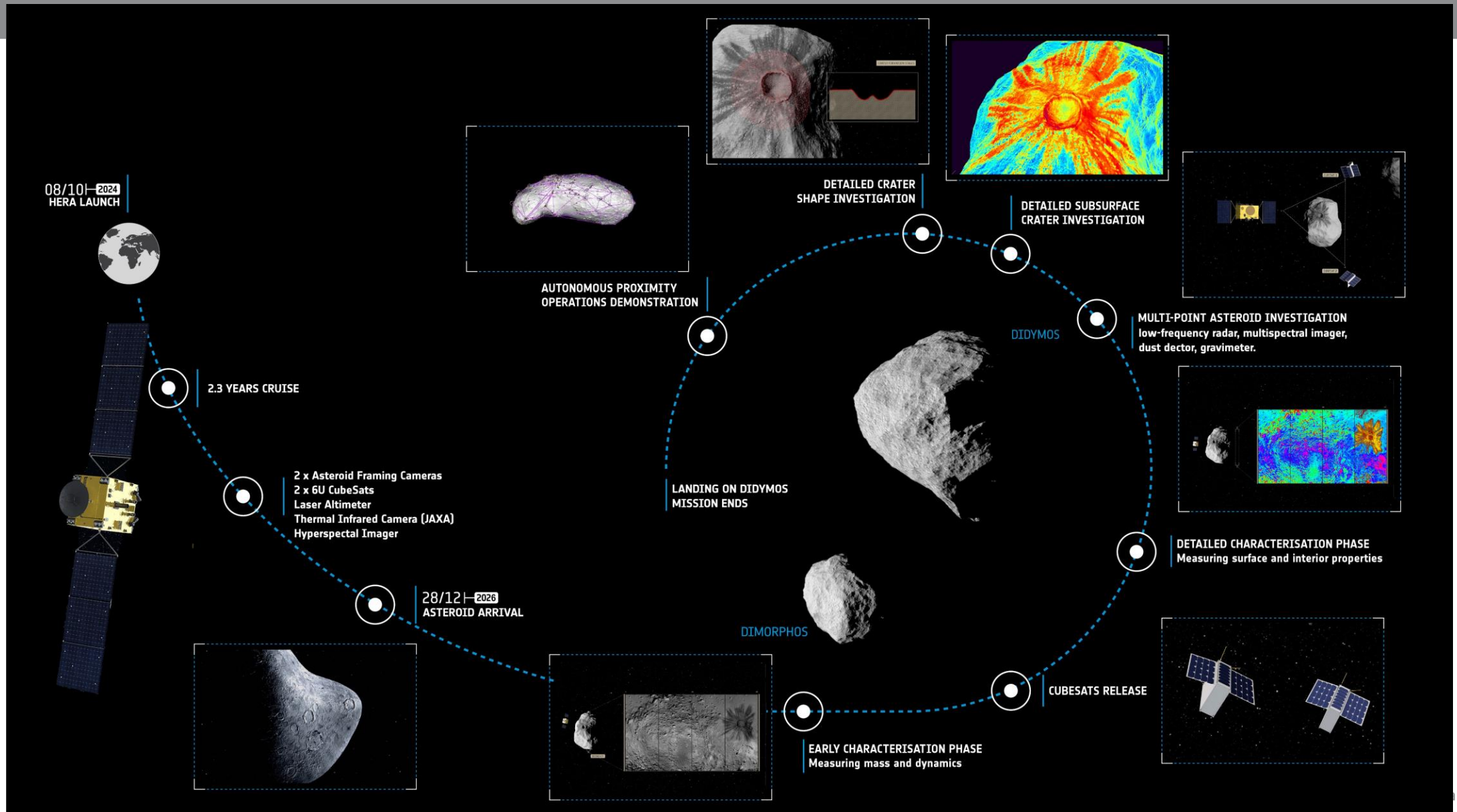


- **DESTINY +**: Misión a un objeto único, Phaeton
- **ZhengHe**: Retorno de Muestra de un pequeño asteroide y investigación de un main-belt comet (asteroide active)
 - Primera misión a un main-belt comet
- **Comet Interceptor**: Misión a un Long-Period Comet (Cometa todavía no descubierto)
 - Primera misión a un Long-period comet

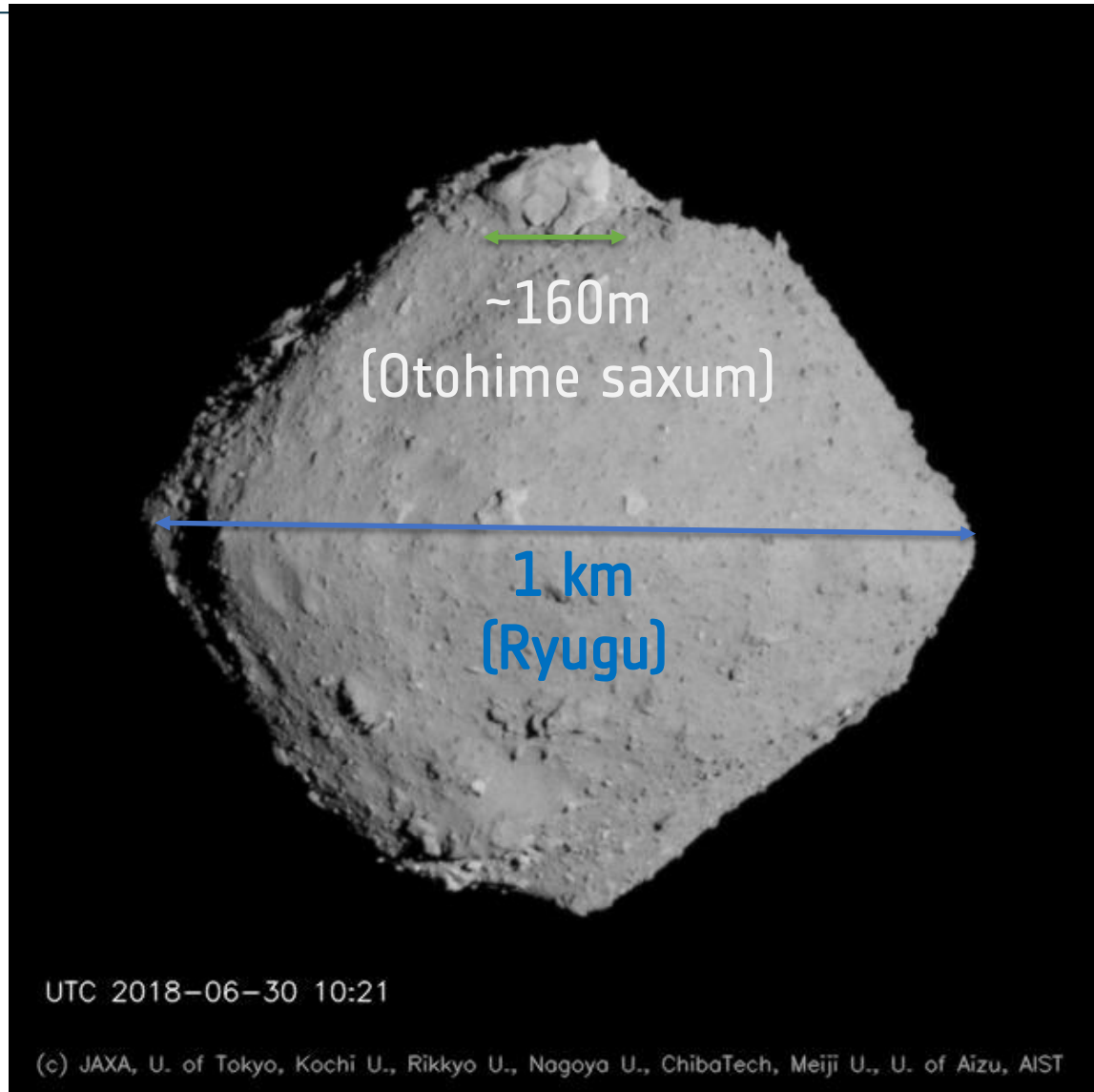
DART (NASA) y Hera (ESA)



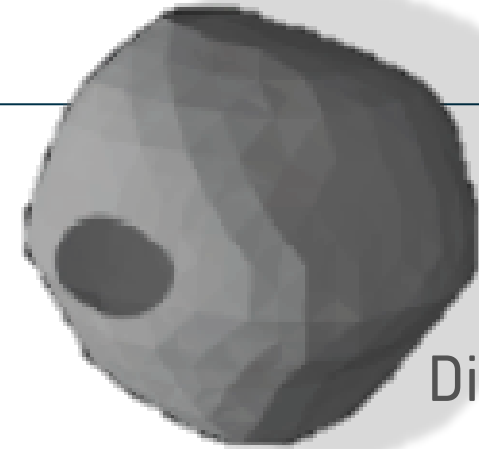
Hera



La ciencia de DART y Hera



Dimorphos



Didymos

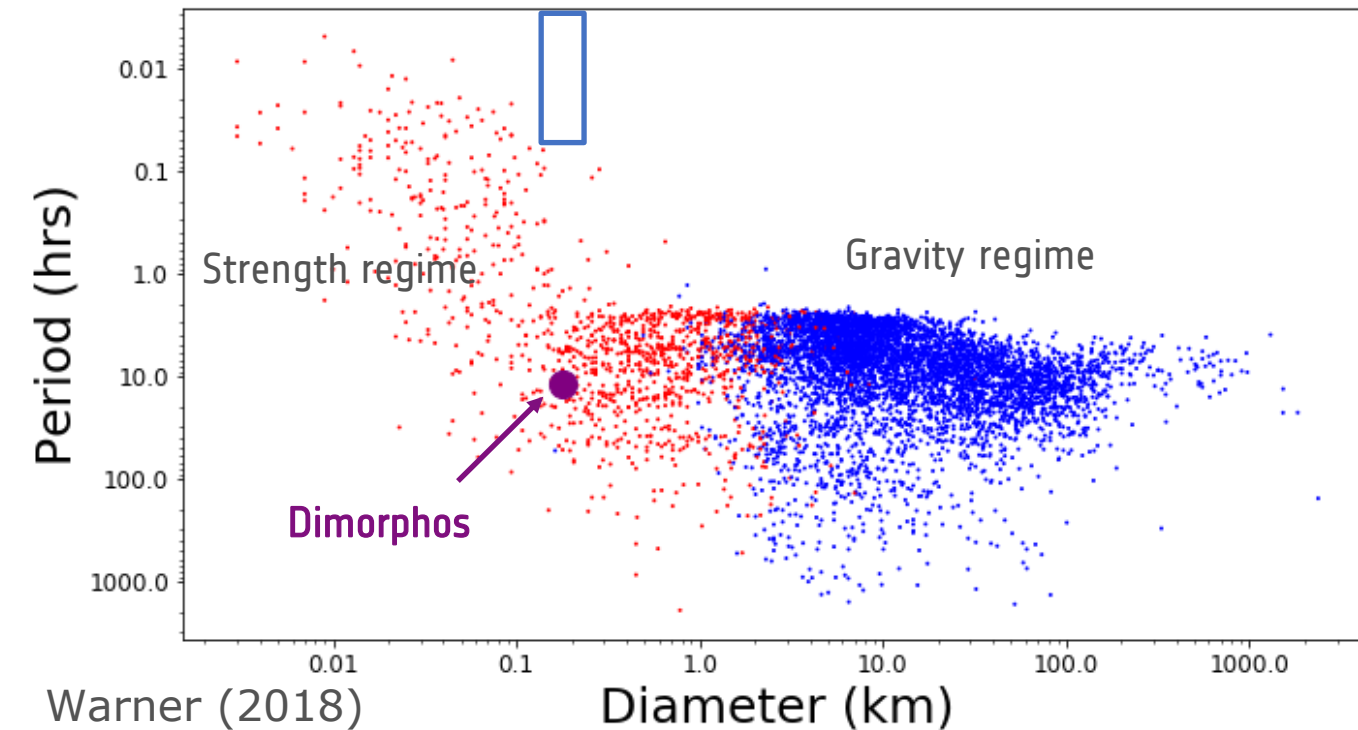
~800m

- **Primer** rendezvous con un **asteroide binario**
- **Primera** caracterización de un asteroide de un **tamaño particular**
- **Primer cráter artificial** en un asteroide
- **Primera investigación** de un asteroide con radar

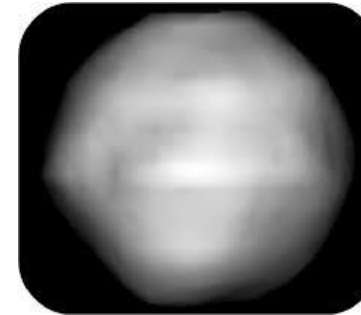
Dimorphos: un asteroide de un tamaño particular



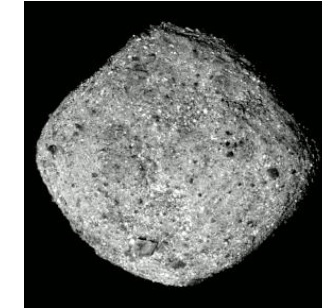
- Primera caracterización de un asteroide en la transición entre “mantenido por cohesión” y “mantenido por gravedad”



Didymos

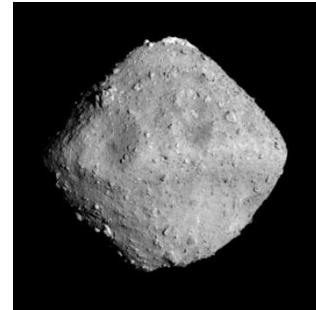


Bennu



Credit: NASA

Ryugu



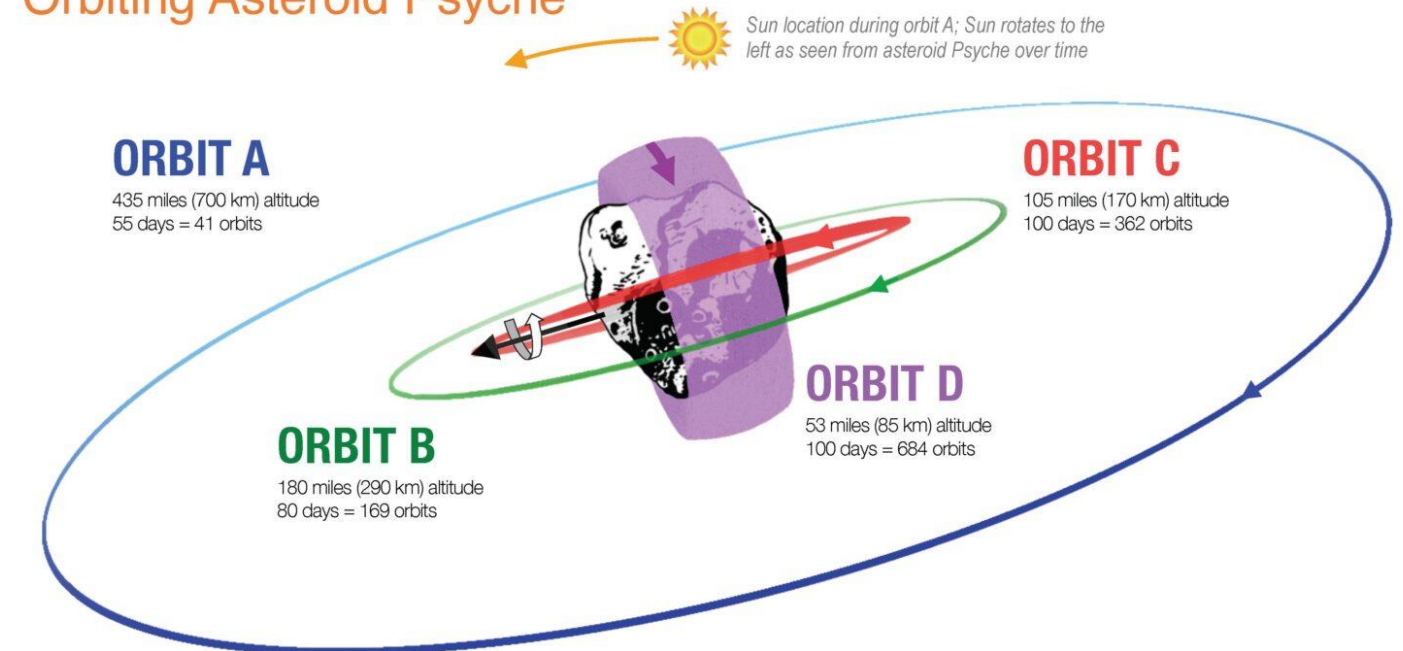
Credit: JAXA,
University of
Tokyo, et al.

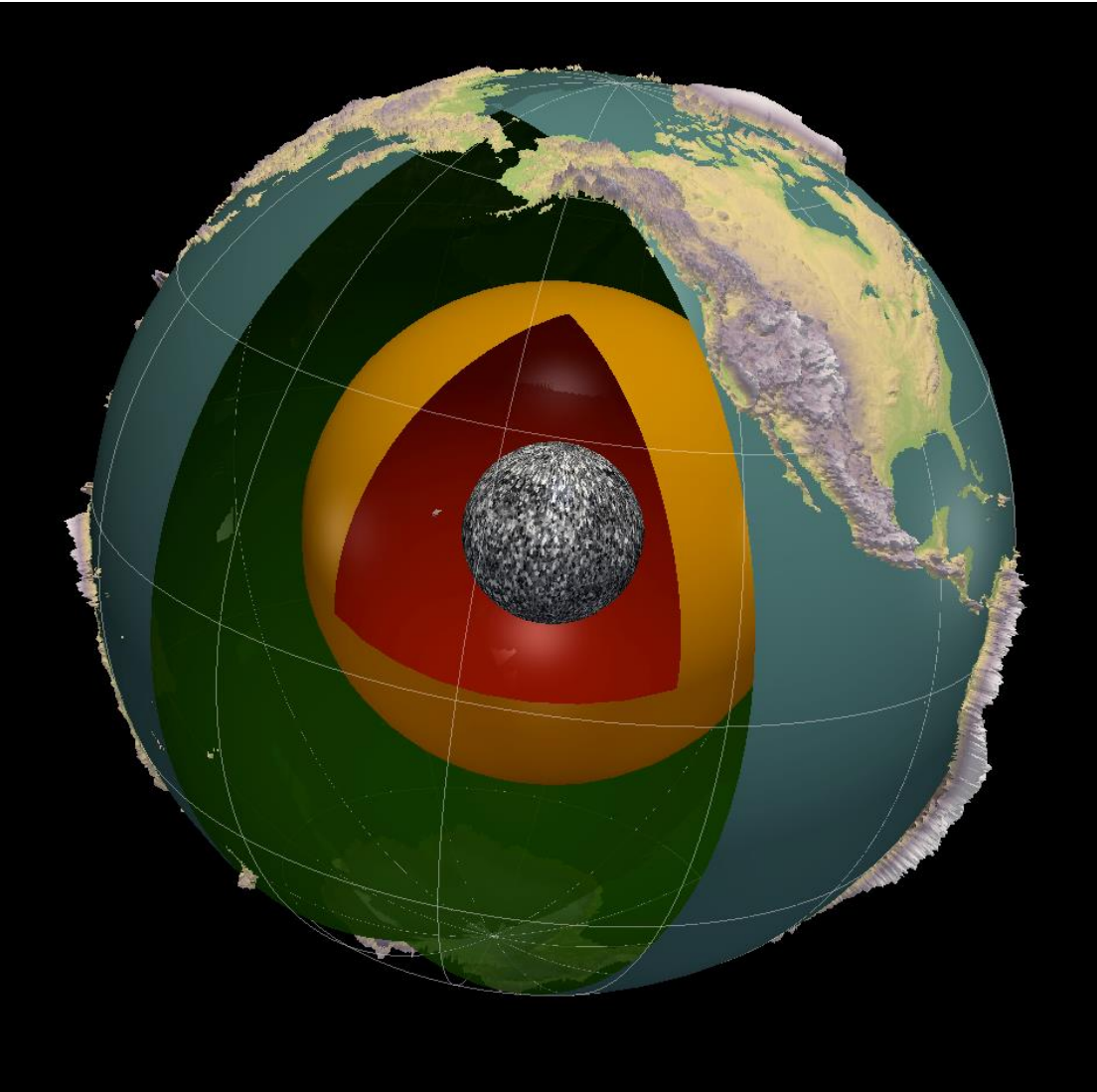
información sobre formación
y evolución de asteroides

Psyche (NASA): Visitando un asteroide hecho de metal



Orbiting Asteroid Psyche





- Investigar un objeto hecho de metal, no de roca o hielo
- Probablemente es el interior de un proto-planeta que fue destruido por un impacto -> información sobre el interior de planetas terrestres

Origen de Phobos:

Asteroide capturado

Formado por impacto on Marte

Capture of asteroid

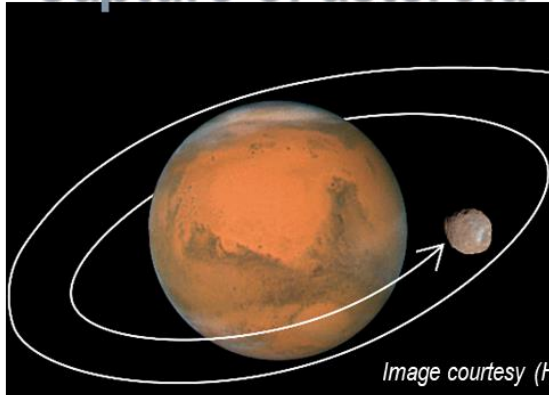


Image courtesy (Hiro Kurokawa)

Consistent with D- or T-type IR spectra

in situ formation by an impact

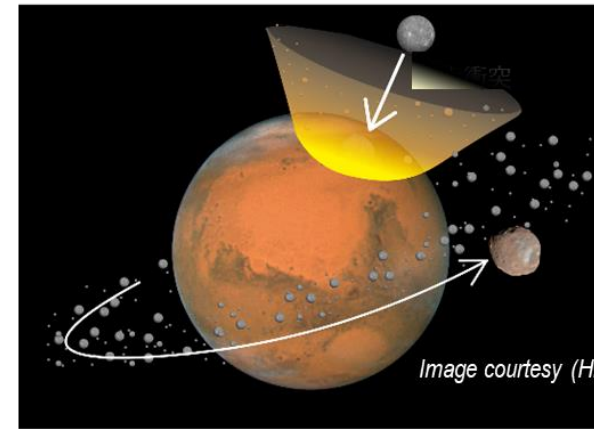


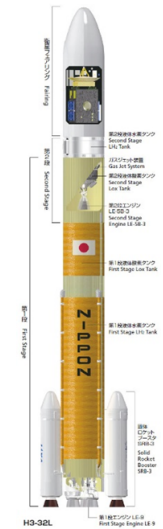
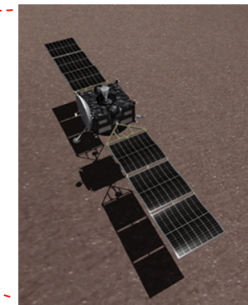
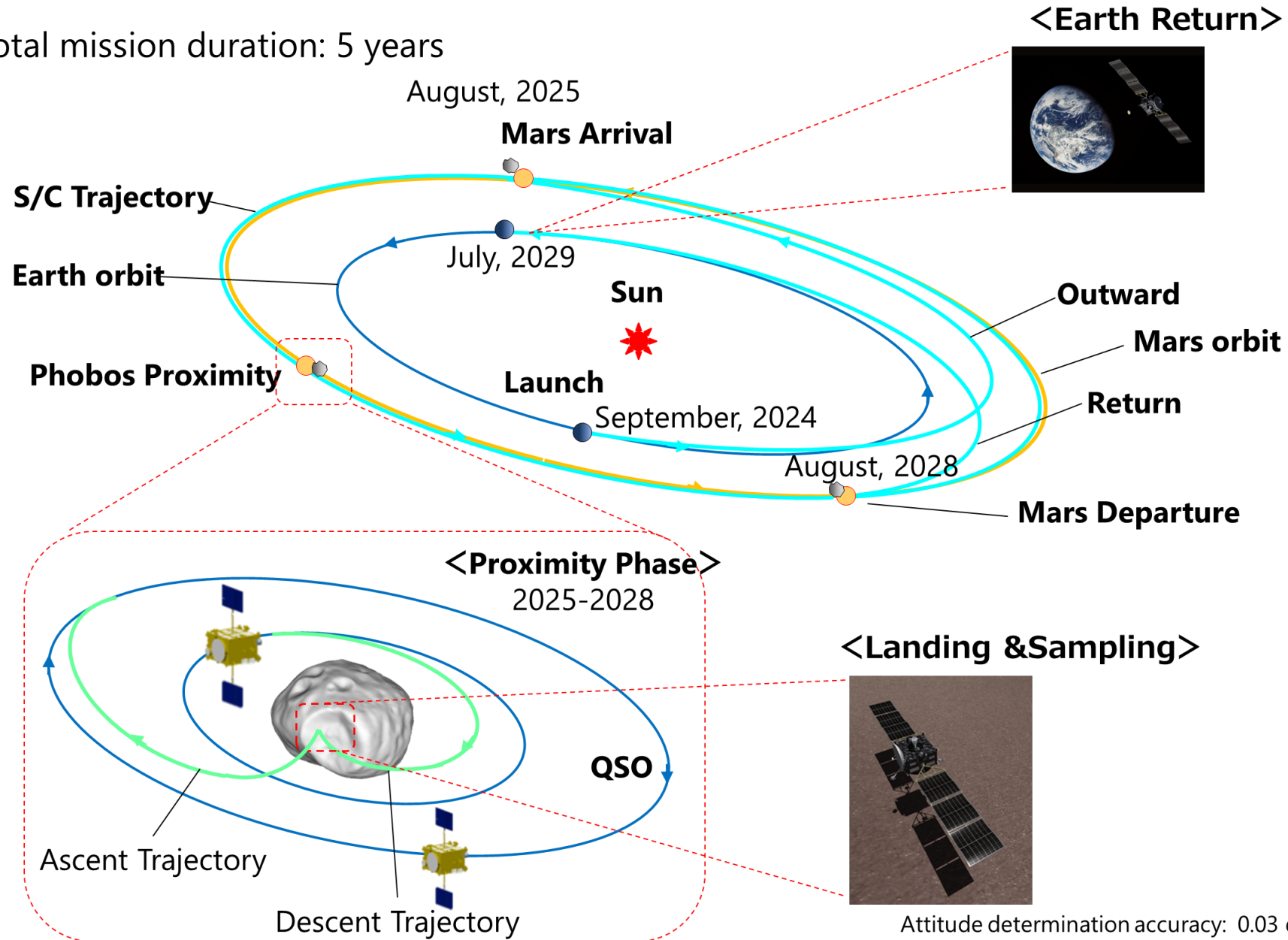
Image courtesy (Hiro Kurokawa)

Consistent with low eccentricity & inclination

¿ En ambos casos, la muestra de Phobos contiene material que viene de Marte! ?

MMX: La misión

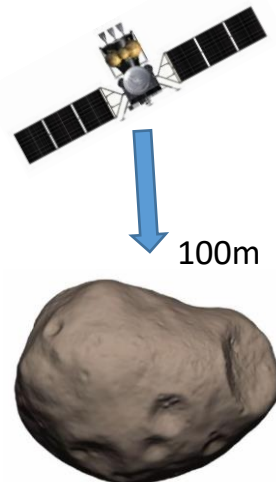
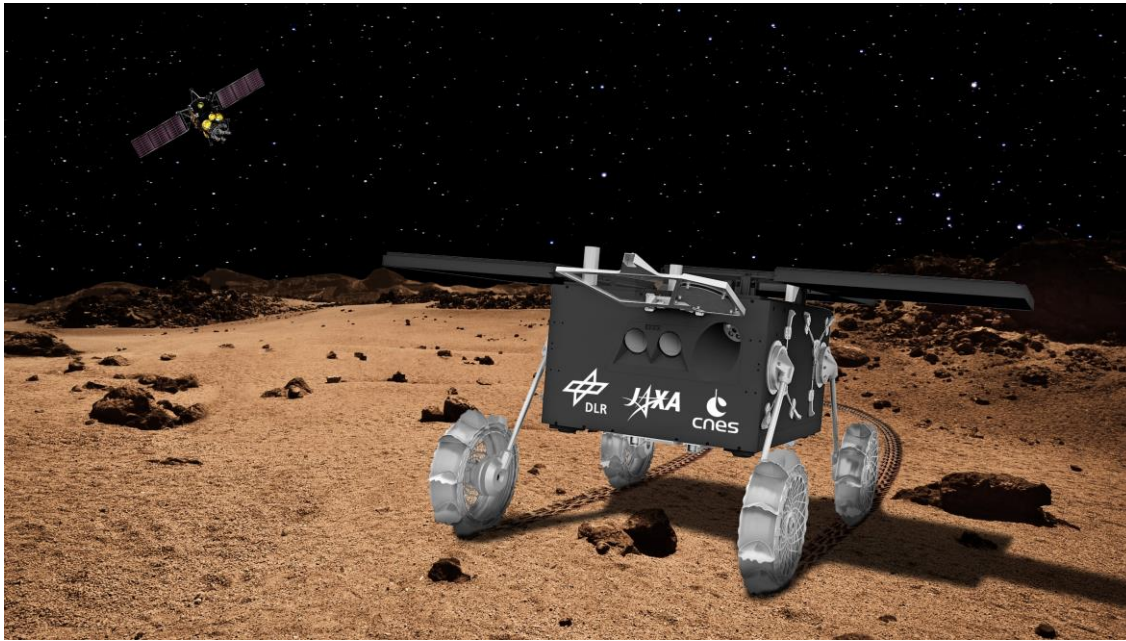
Total mission duration: 5 years



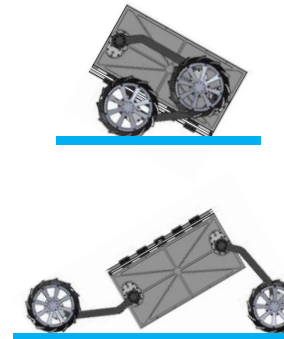
Attitude determination accuracy: 0.03 deg
Control accuracy: 0.1 deg
Attitude stability: 0.01 deg/s

MMX: Rover

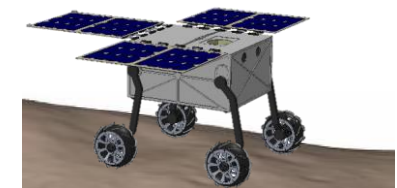
- Investigación de Phobos in situ en varios lugares
- Contexto por la muestra



Separation falling and bouncing

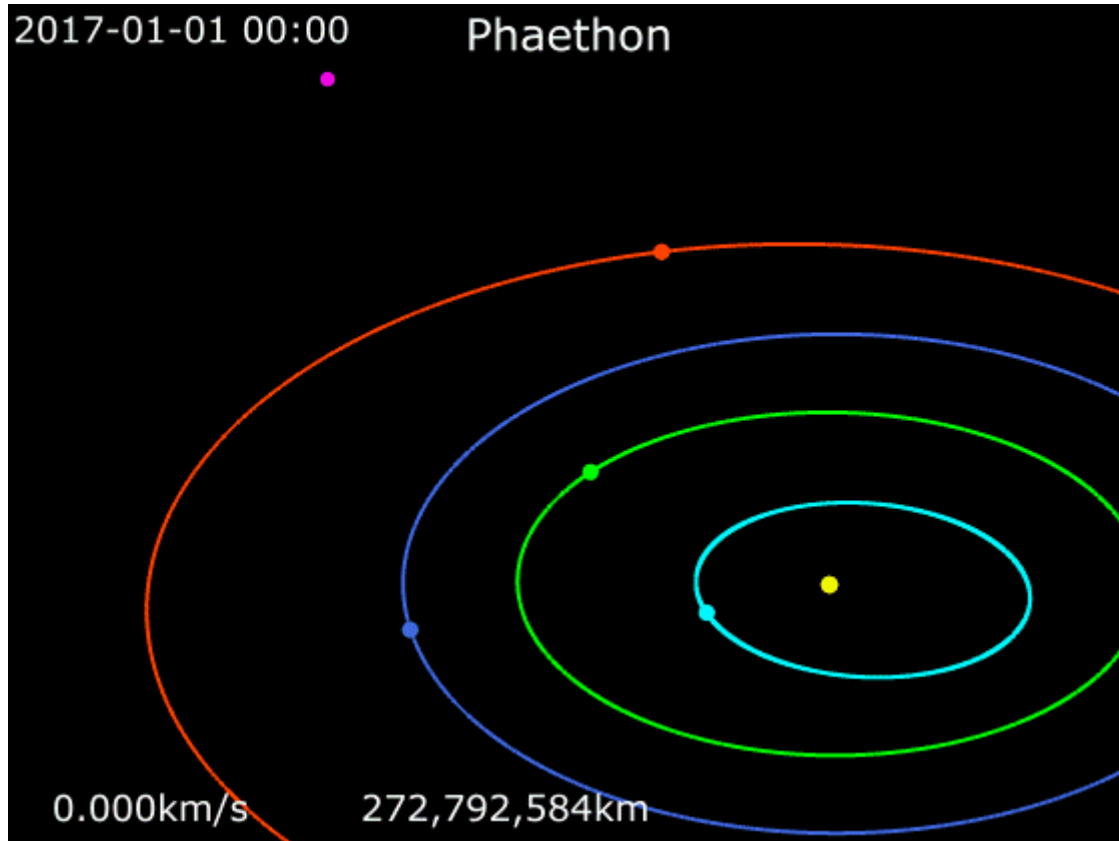


Up-righting itself



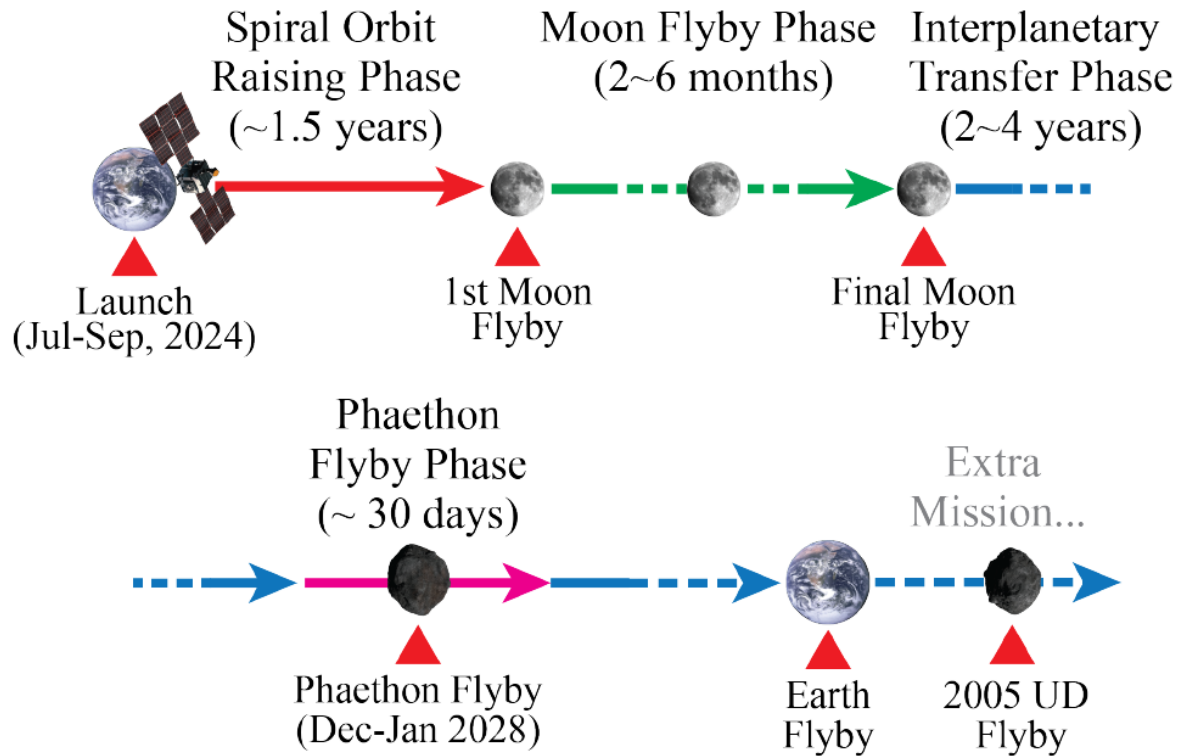
Solar panels deployment

DESTINY+ (JAXA): Flyby de 3200 Phaethon, un objeto unico!



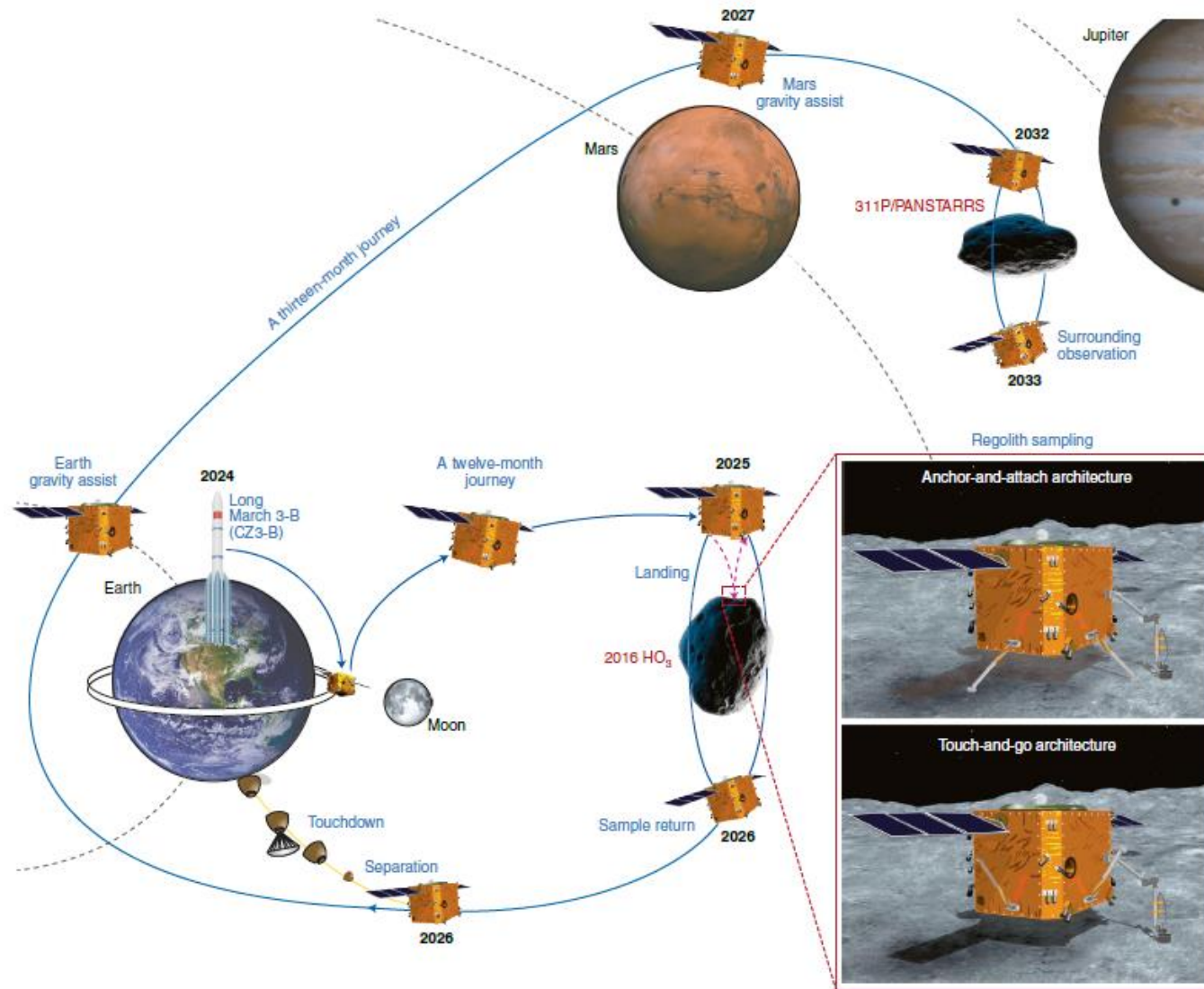
- Se acerca a **0.14 UA** al sol (perihelio)
 - Mercurio: 0.31 UA
- Es el origen de meteoros (Geminides)
- Se ha detectado una cola de polvo
- Posiblemente actividad es por polvo y rocas escapando por efectos termales, no hielo!

DESTINY+: La misión



- Demostración de tecnología: Satellite lanzado en orbita alrededor de la tierra => espiral hasta la luna => escapar al espacio interplanetario
- Flyby de Phaeton con alta velocidad ($\sim 30\text{-}40\text{ km/s}$)

ZhengHE (CNSA, China)



1. Visitar asteroide 2016 HO₃ y recoger una muestra
2. Dejar muestra en al tierra y continua a MBC 311P
3. Orbita alrededor de 311P

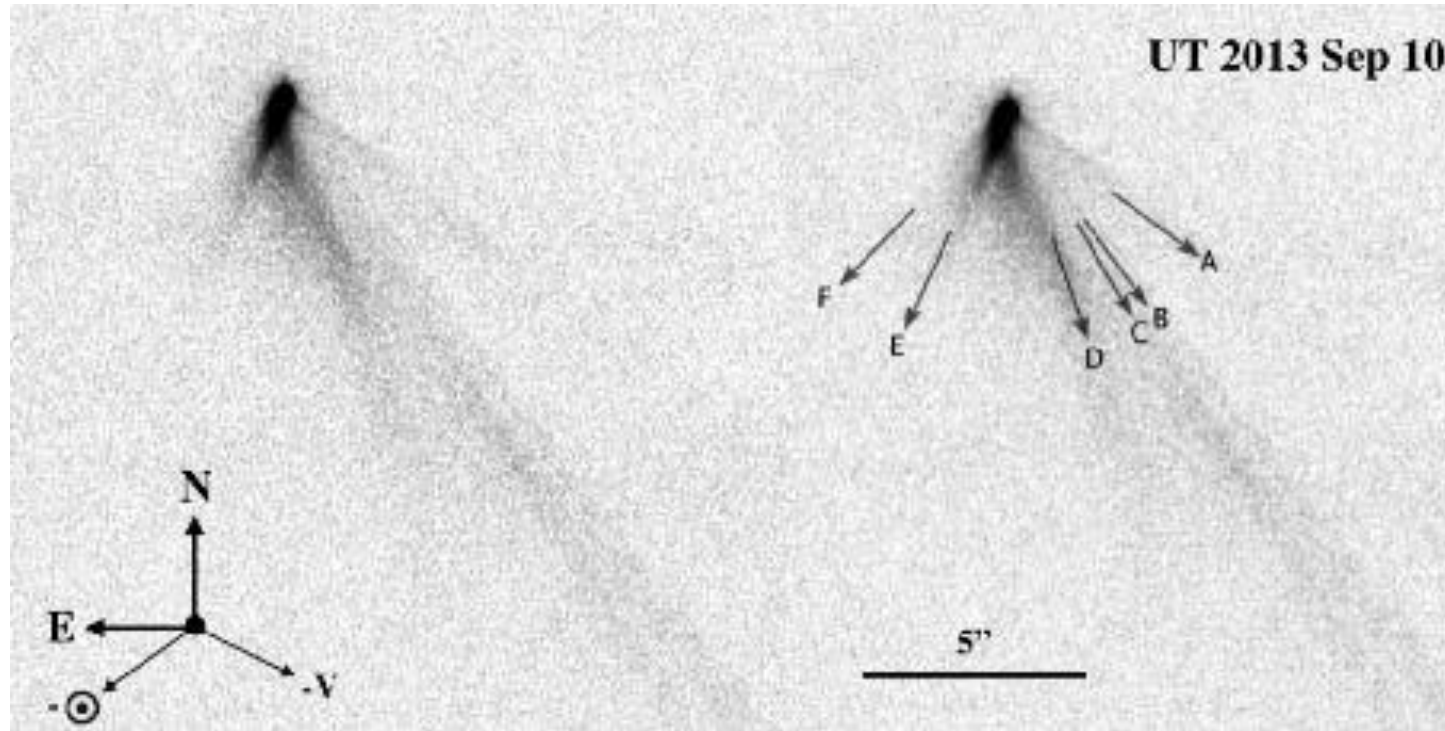
ZhengHe: Asteroide 2016 HO₃

Asteroid 2016 HO3: Earth's Constant Companion



- Pequeño asteroide (<100 m)
- “Quasi-luna” de la tierra
- Rotación rápida (< 30 minutos)

ZhengHe: Cometa 311P/ PANSTARRS

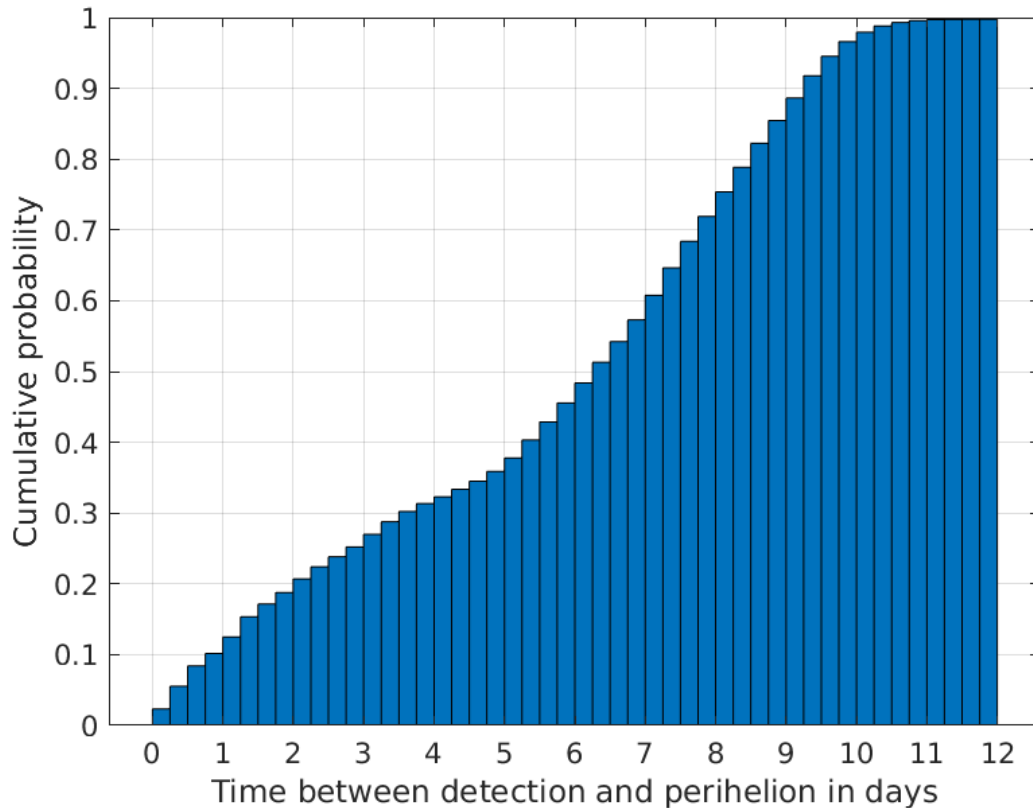


Fuente: Jewitt and Hsieh

- Objeto en el cinturón de asteroids
- Múltiples colas observados
- Probablemente las colas están formados por material escapando por rotación rápida, no por sublimación de hielo

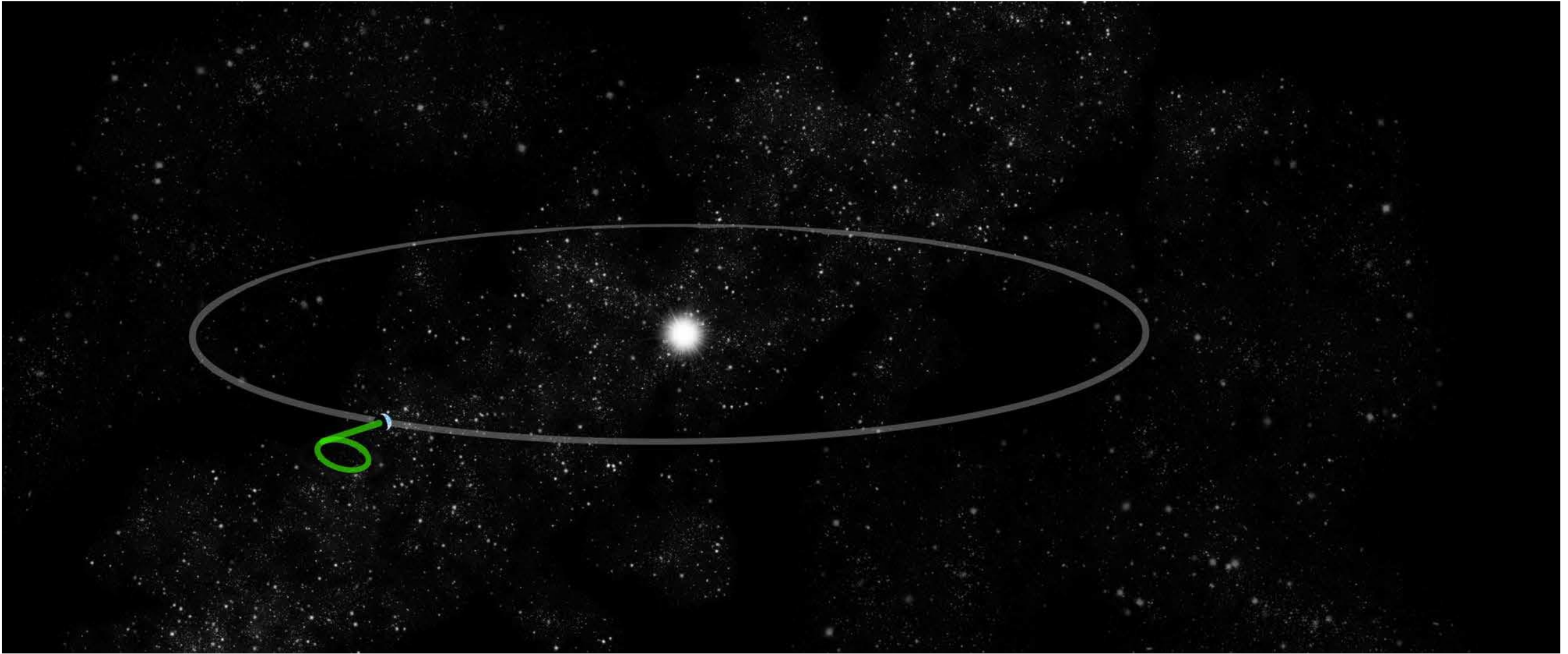
Comet Interceptor (ESA): Flyby de un LPC

Capabilidad del telescopio Vera Rubin
(desde 2024)



- Todos los cometas visitados por satelites son de periodo corto (<200 años)
- **Problema de visitar un cometa de periodo largo:** Se detecta unos meses o pocos años antes de llegar (hoy), algunos años antes con el telescopio Vera Rubin (2024 y adelante)
 - ☐ No hay suficiente tiempo para diseñar, construir, y operar una misión
- **Solución:** Construir y lanzar el satélite sin conocer el cometa, esperar (en el espacio) que viene un cometa

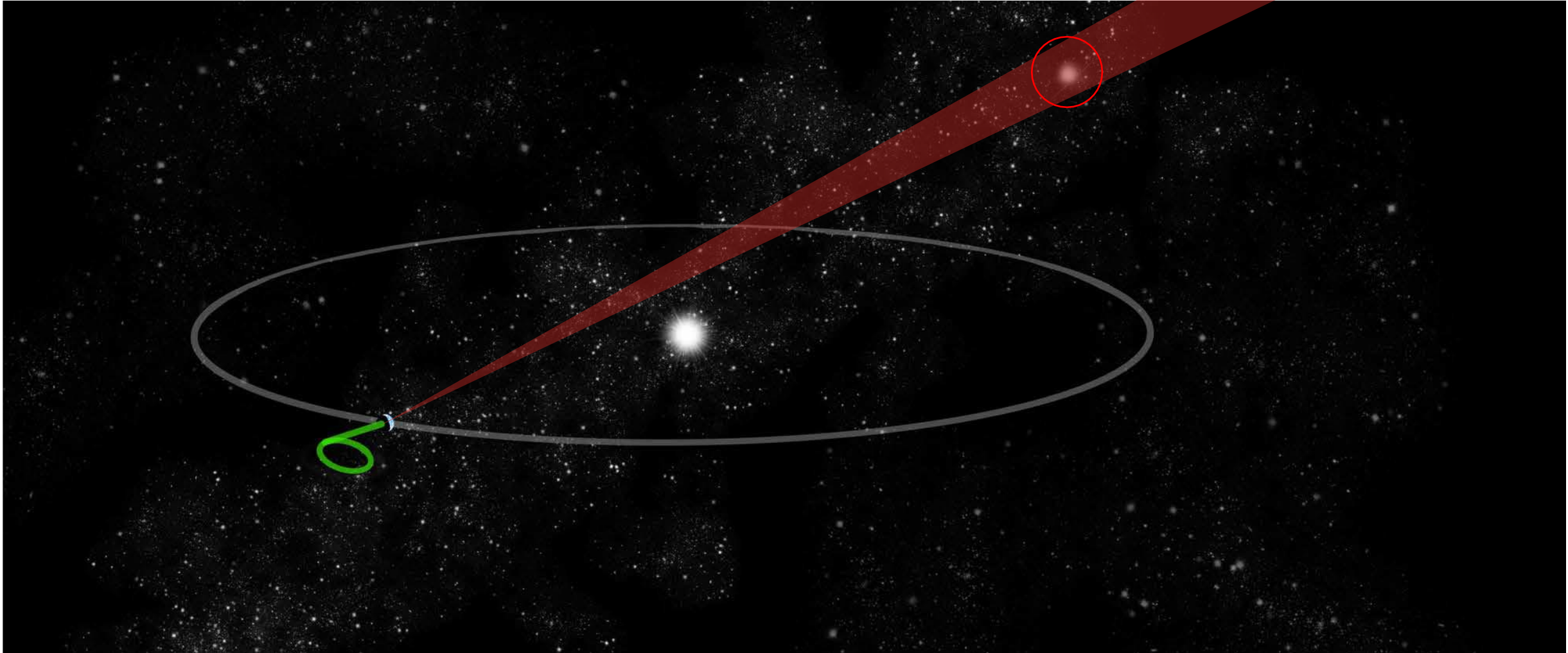
Comet Interceptor: Como encontrar un LPC (1)



- Lanzamiento con ARIEL (misión de la caracterización de exoplanetas) a L2
- Esperar hasta un cometa adecuado es descubierto (max. ~4 años)

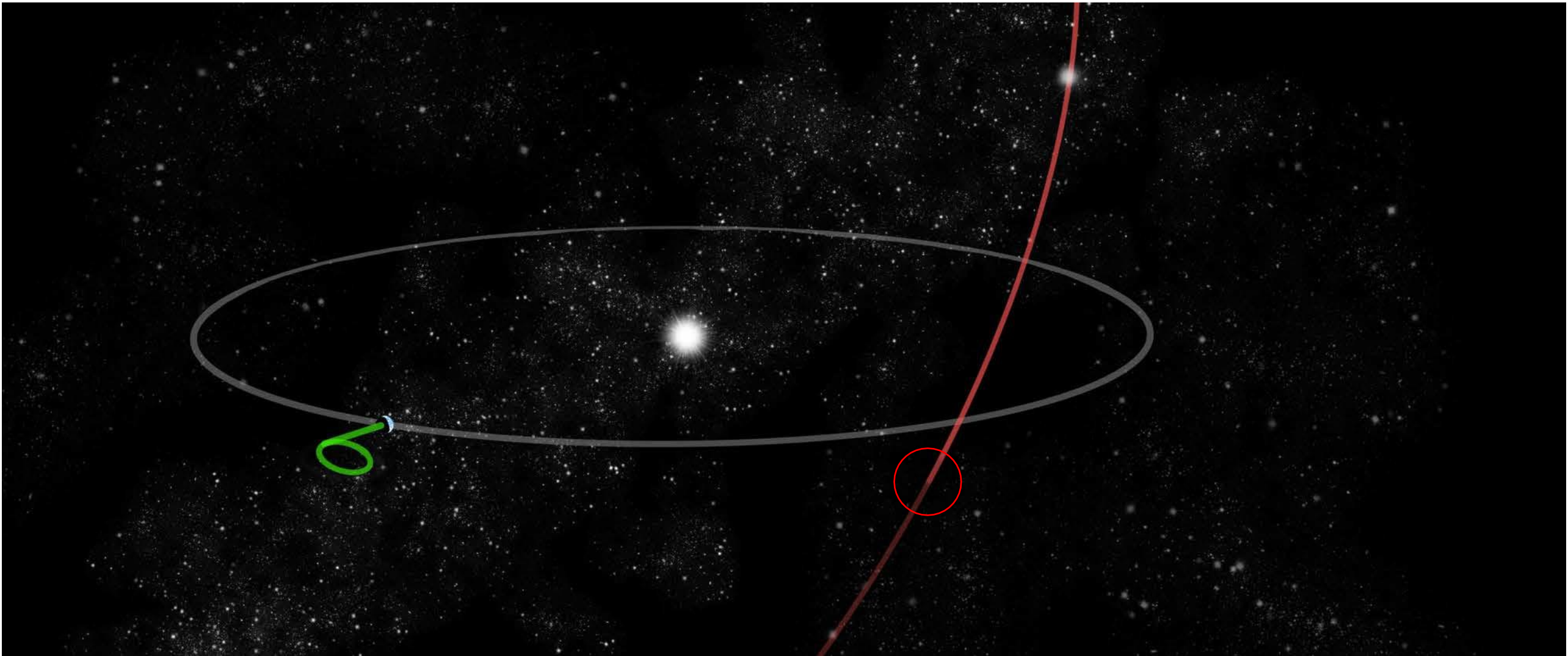
Comet Interceptor: Como encontrar un LPC (2)

El cometa es detectado



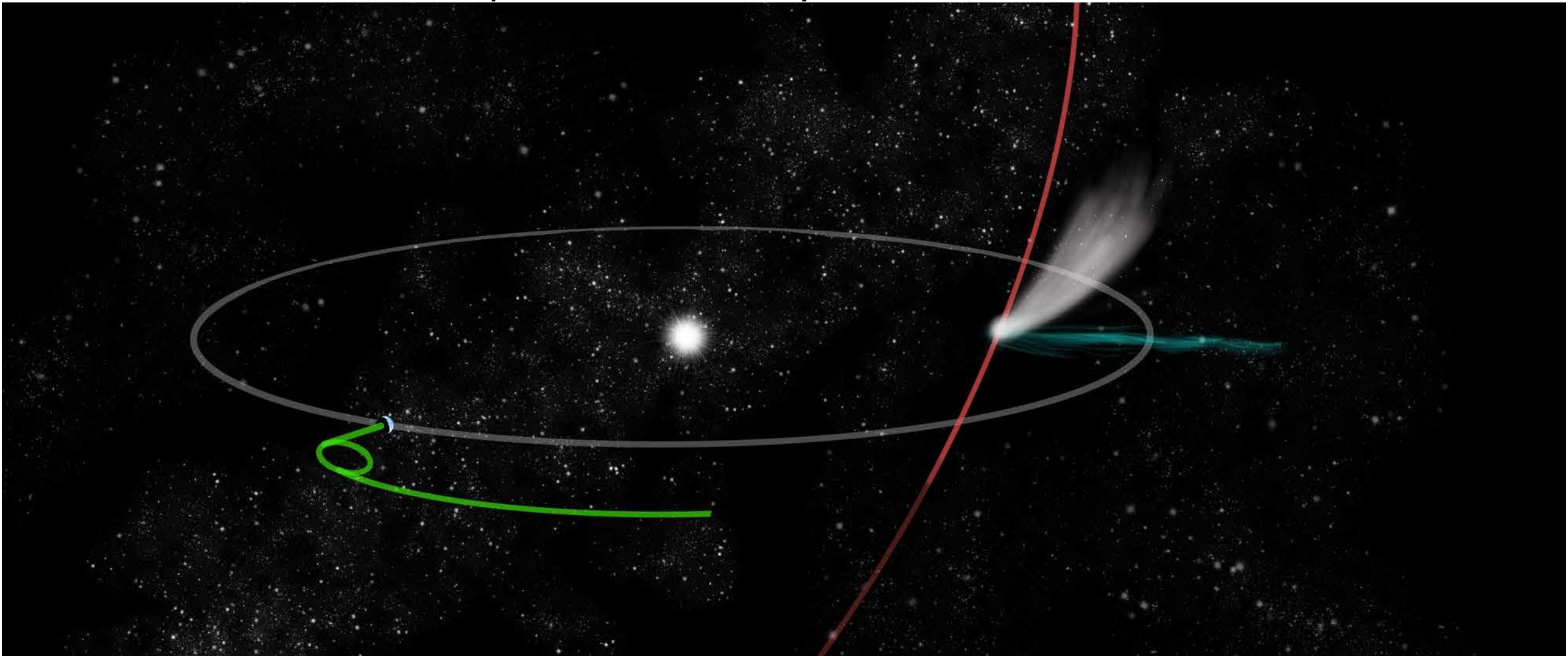
Comet Interceptor: Como encontrar un LPC (3)

Computación de la órbita y del encuentro



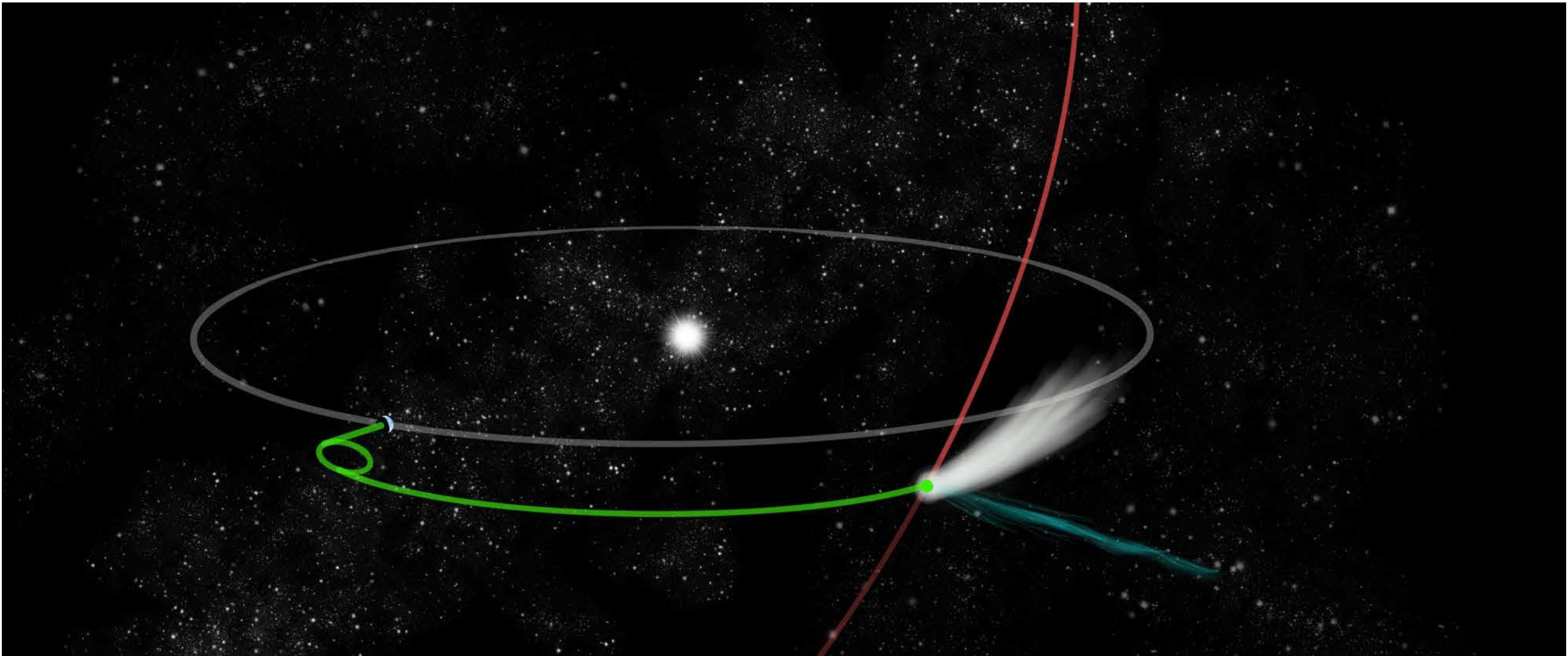
Comet Interceptor: Como encontrar un LPC (4)

Comet Interceptor sale de L2 y encuentra al cometa



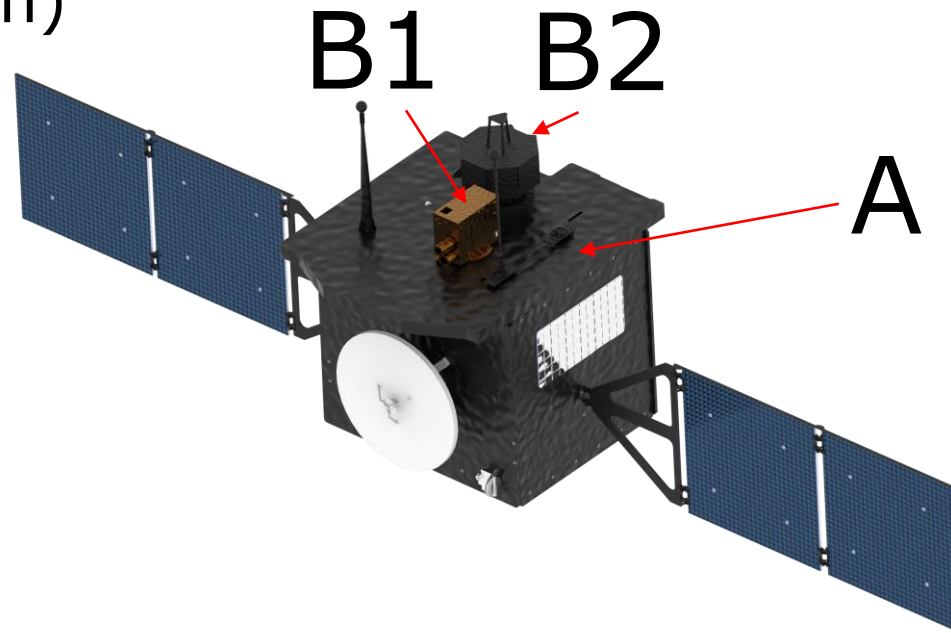
Comet Interceptor: Como encontrar un LPC (5)

El encuentro es donde el cometa cruce la eclíptica



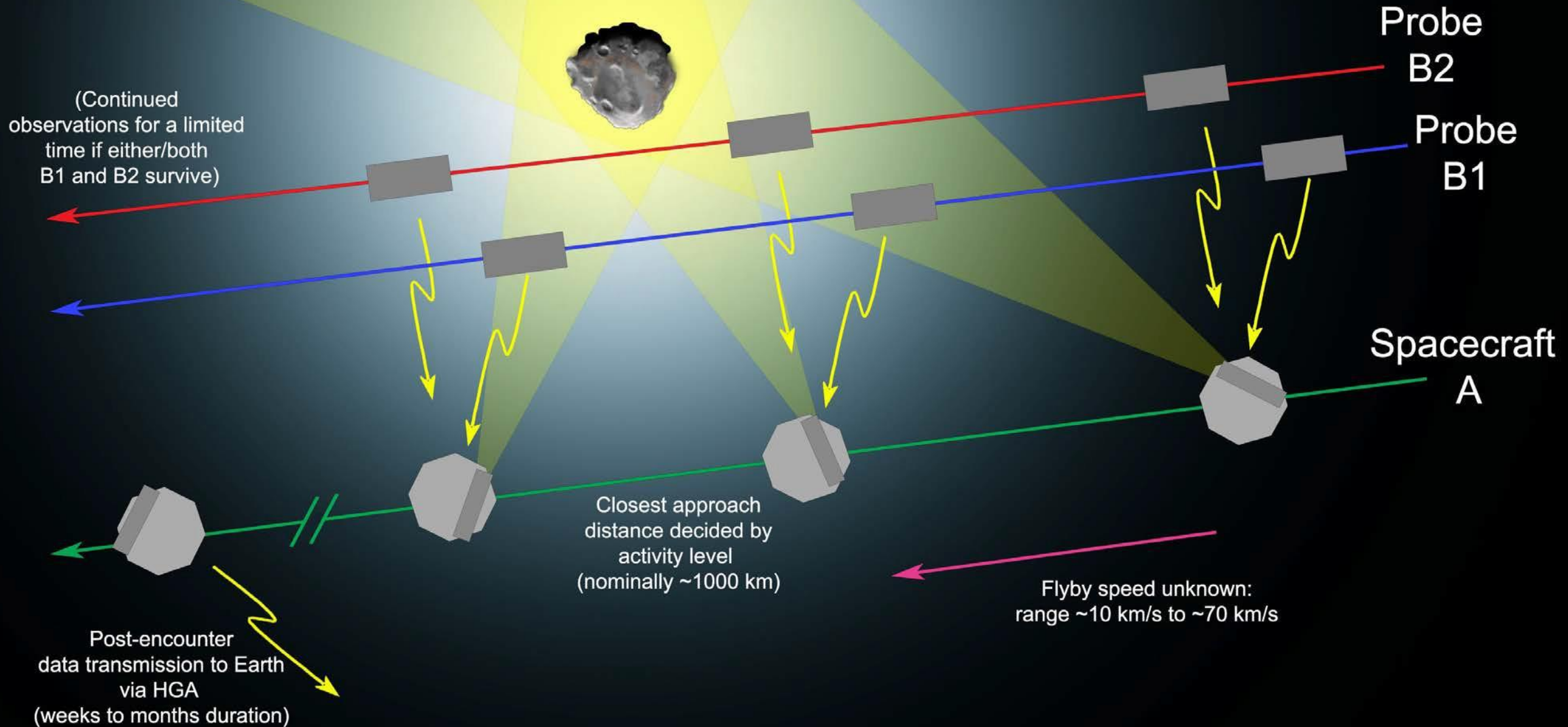
Comet Interceptor: 3 satélites

"Spacecraft A" (ESA) : Satélite principal, distancia segura del cometa (~ 1000 km)



"Probe B1 (JAXA) y B2 (ESA)": Pequeños satélites, mas riesgo posible, menos distancia al cometa (B1: ~ 850 km ,B2: ~ 400 km)

Comet Interceptor: Flyby



- Misiones a pequeños cuerpos han revolucionado nuestros conocimientos sobre asteroides y cometas
 - Concentrando en los objetos mas fáciles de alcanzar (asteroides cerca de la tierra (“near-earth”) y en el cinturón de asteroides, SPCs)
- Nuevas misiones exploran diferentes clases de objetos y desarrollan nuevas tecnologías