

# JUICE: navigáció a Jupiternél, rádiótávcsövekkel

*Frey Sándor*

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont  
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet  
Budapest

*frey.sandor@csfk.mta.hu*

© ESA

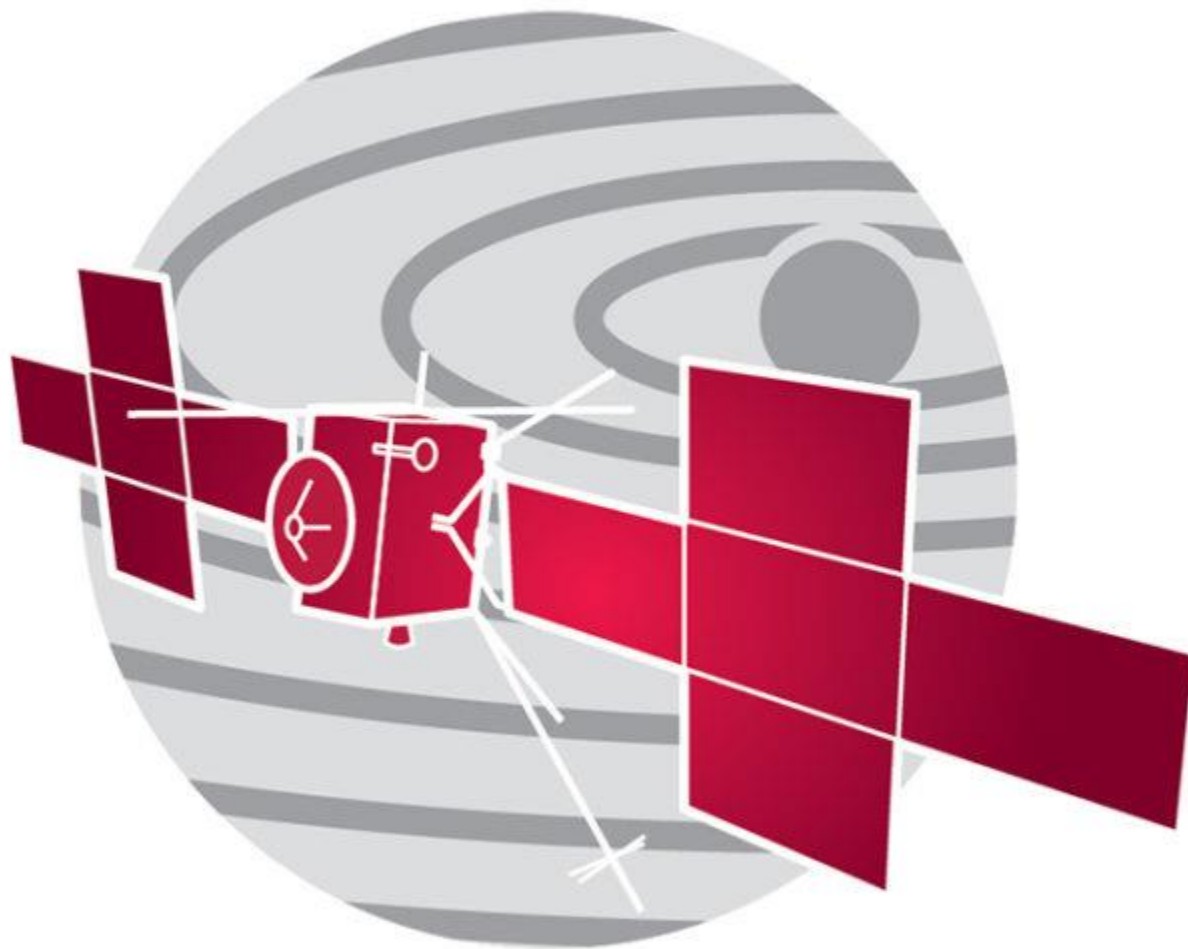
**GISOpen 2019 konferencia, Székesfehérvár, 2019. április 18.**



**juice**



**juice**



**juice**

## **Jupiter Icy Moons Explorer**

**az Európai Űrügynökség (ESA) első L osztályú (nagy) tudományos űrszondája a *Cosmic Vision 2015–2025* programban**

# Mikor merre jár majd a JUICE?

**Start: 2020. június (*Ariane-5 rakéta, Kourou*)**

**Utazás: 88 hónap**

**5 gravitációs**

**hintamanőver**

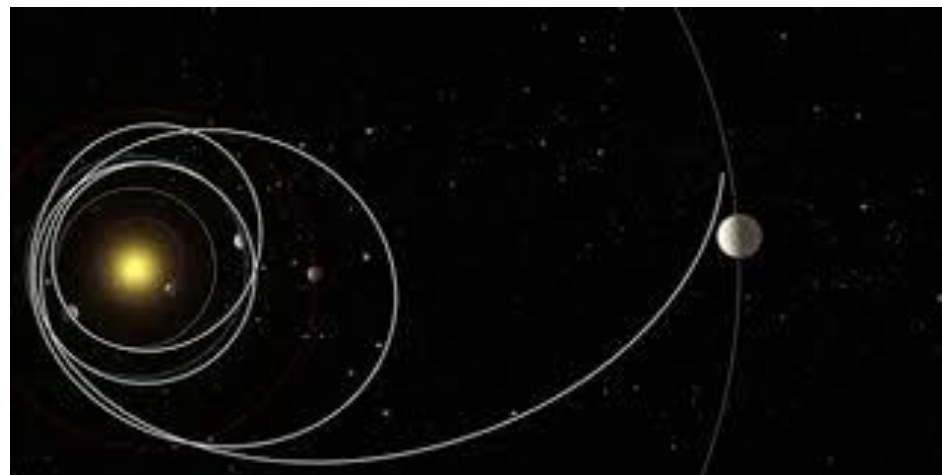
*Föld (2023. május)*

*Vénusz (2023. október)*

*Föld (2024. szeptember)*

*Mars (2025. február)*

*Föld (2026. november)*



**Pályára állás a Jupiter körül: 2029. október**

**A Ganymedes hold körül: 2033**

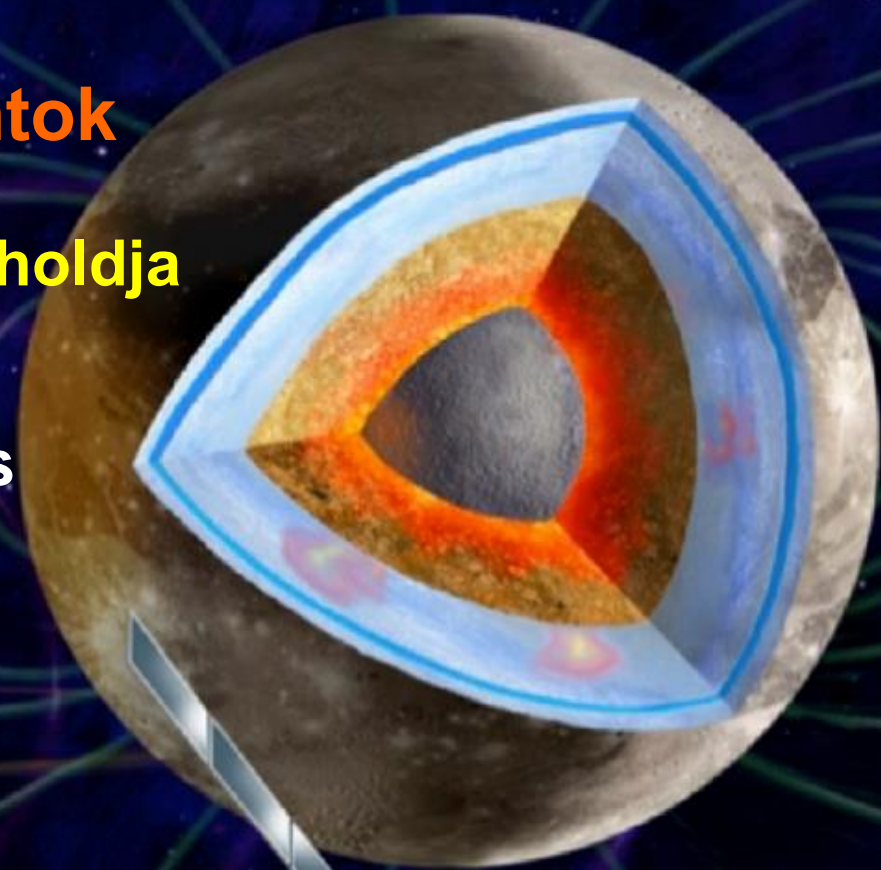
**Tervezett működési élettartam a Jupiter rendszerében: 3,5 év**



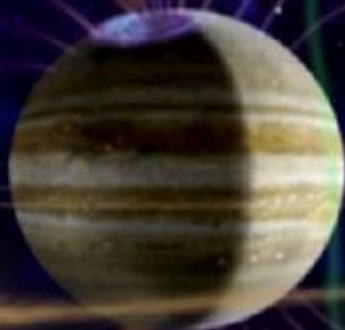
# Fő tudományos célpontok

Az óriásbolygó 4 Galilei-féle holdja  
közül 3 tanulmányozása

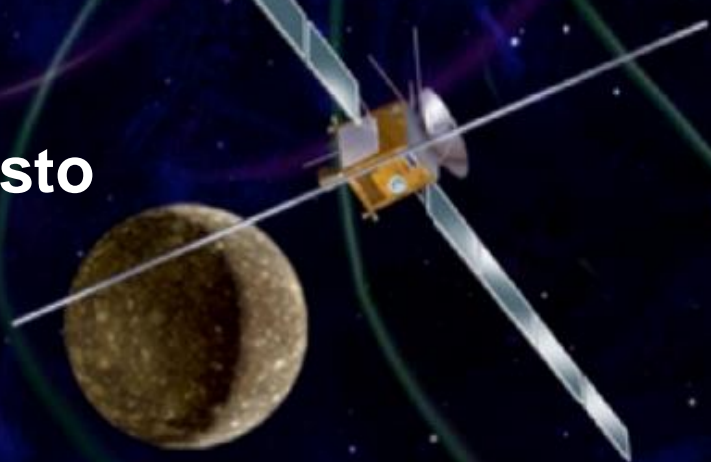
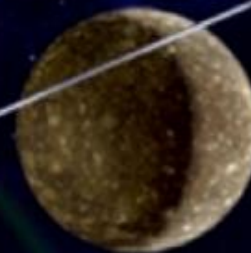
Ganymedes



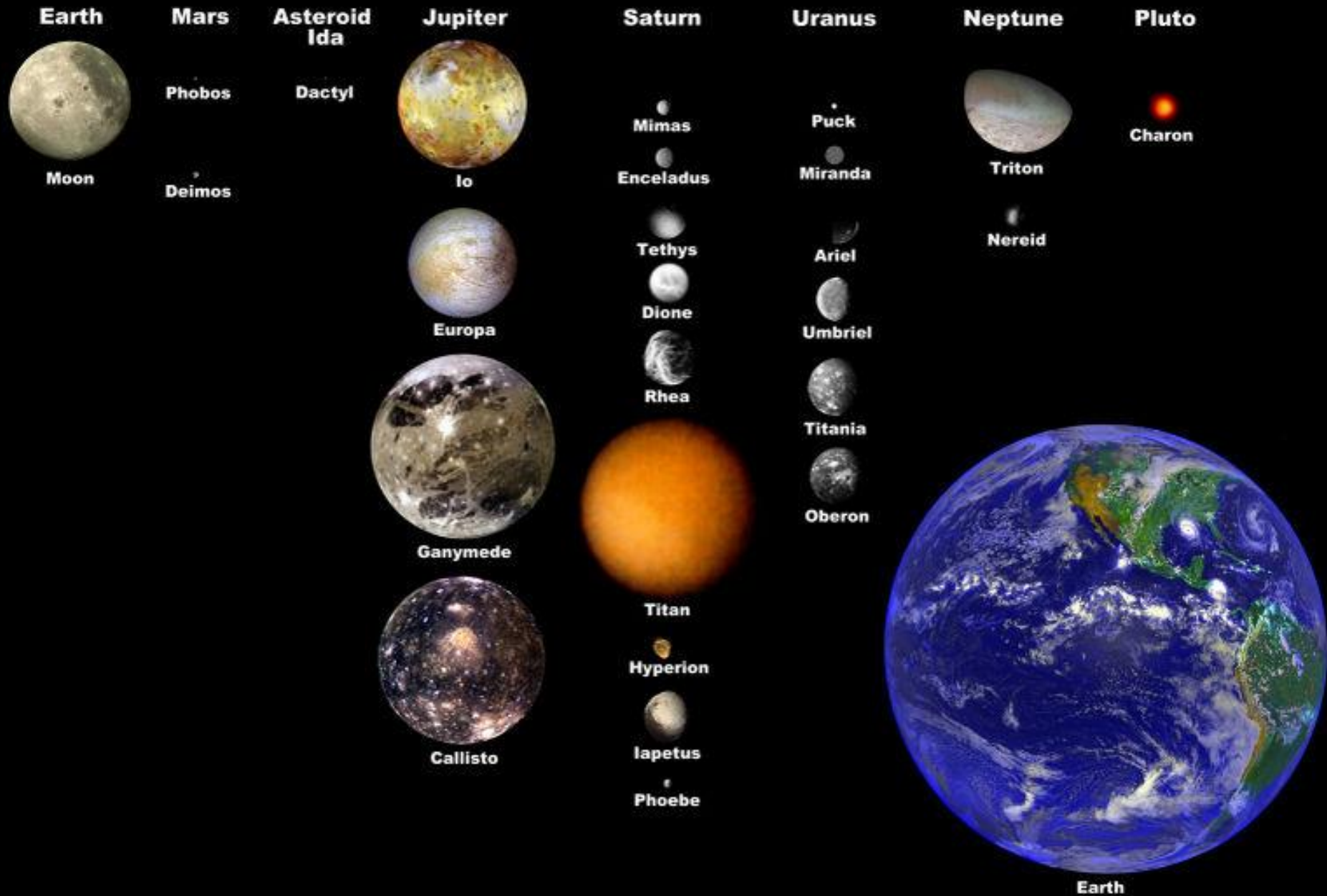
Europa



Callisto

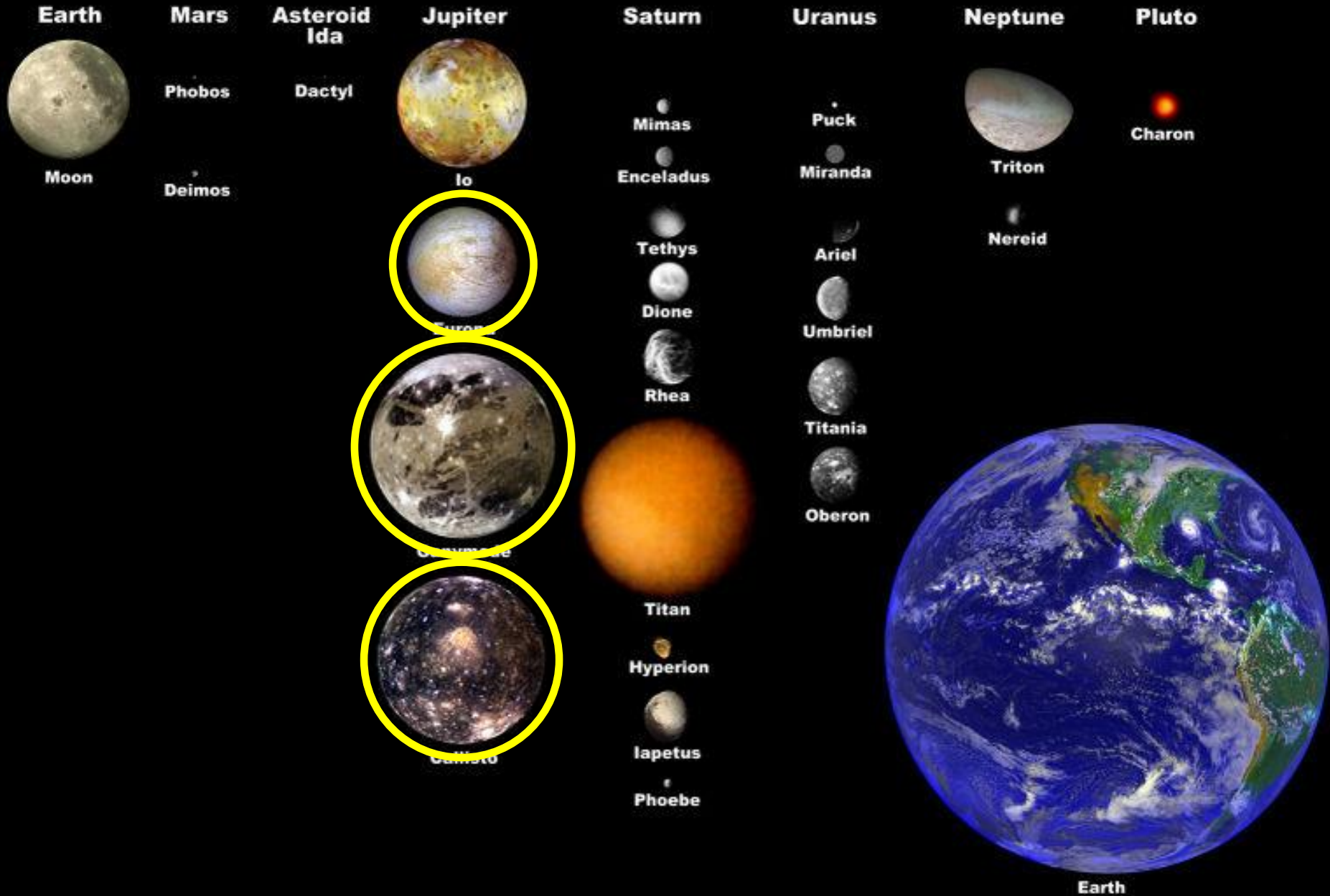


# Moons of the Solar System Scaled to Earth's Moon





# Moons of the Solar System Scaled to Earth's Moon

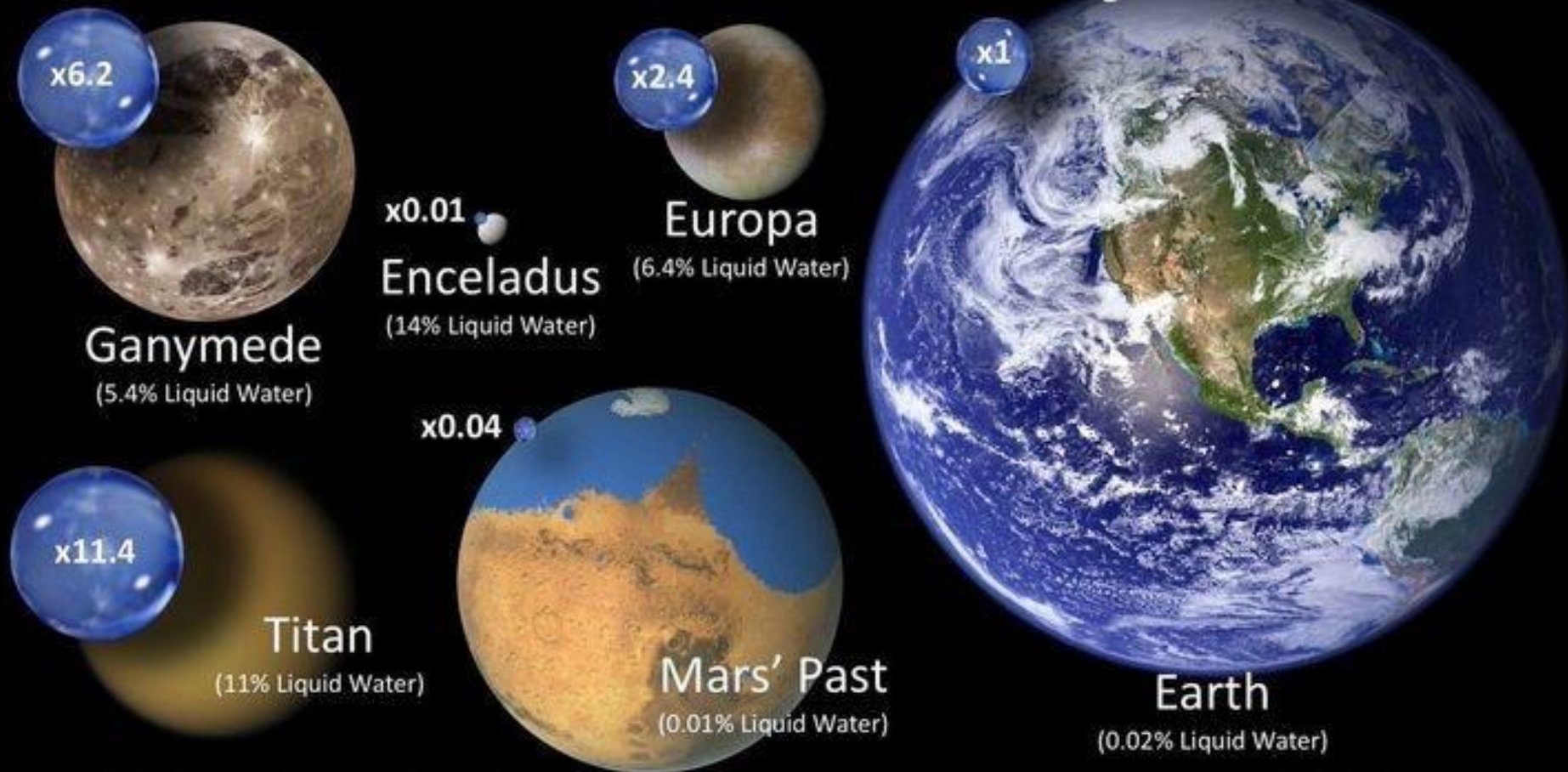




# Óceánok a jeges kéreg alatt

A három hold jeges kérgé alatt a kutatók folyékony **vízóceánokat** feltételeznek

# Oceans in the Solar System



(mass percent of liquid water between parenthesis, excluding water ice)

Credit: PHL @ UPR Arcibo, NASA

# Óceánok a jeges kéreg alatt

A három hold jeges kérgé alatt a kutatók folyékony **vízóceánokat** feltételeznek

JUICE célja a holdak összetételének, belső szerkezetének, magjuknak, mágneses terüknek, környezetüknek, a felszín alatti víz tulajdonságainak a megértése

→ *asztrobiológia: ha víz, akkor életformák??*

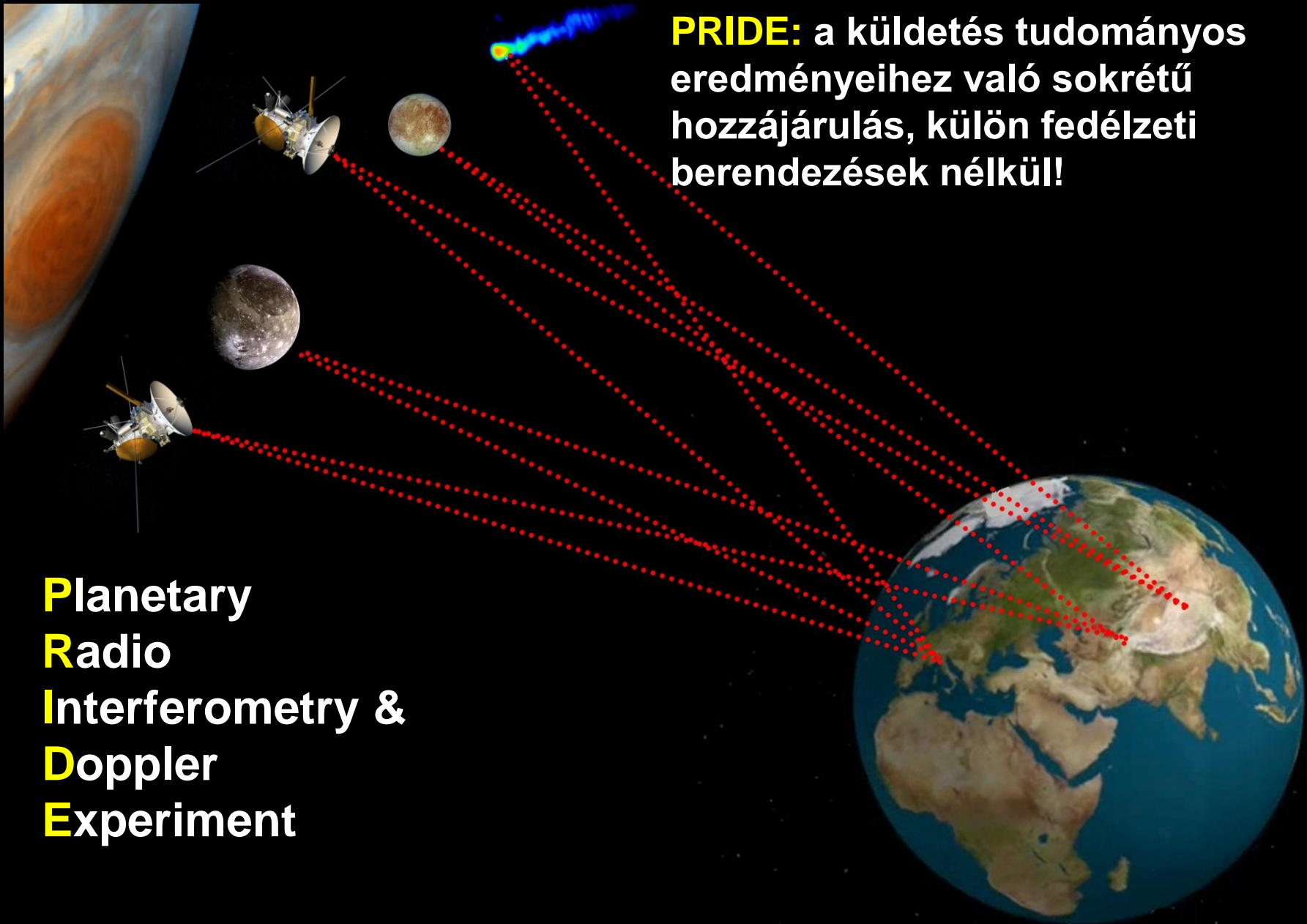
*(ezt közvetlenül persze nem tudja majd vizsgálni a keringő szonda)*

**A JUICE összesen 11 tudományos kísérletet végez majd. Ezek közül egyhez nem tartozik „műszercsomag” – erről lesz most szó!**

# A PRIDE kísérlet mérési elve

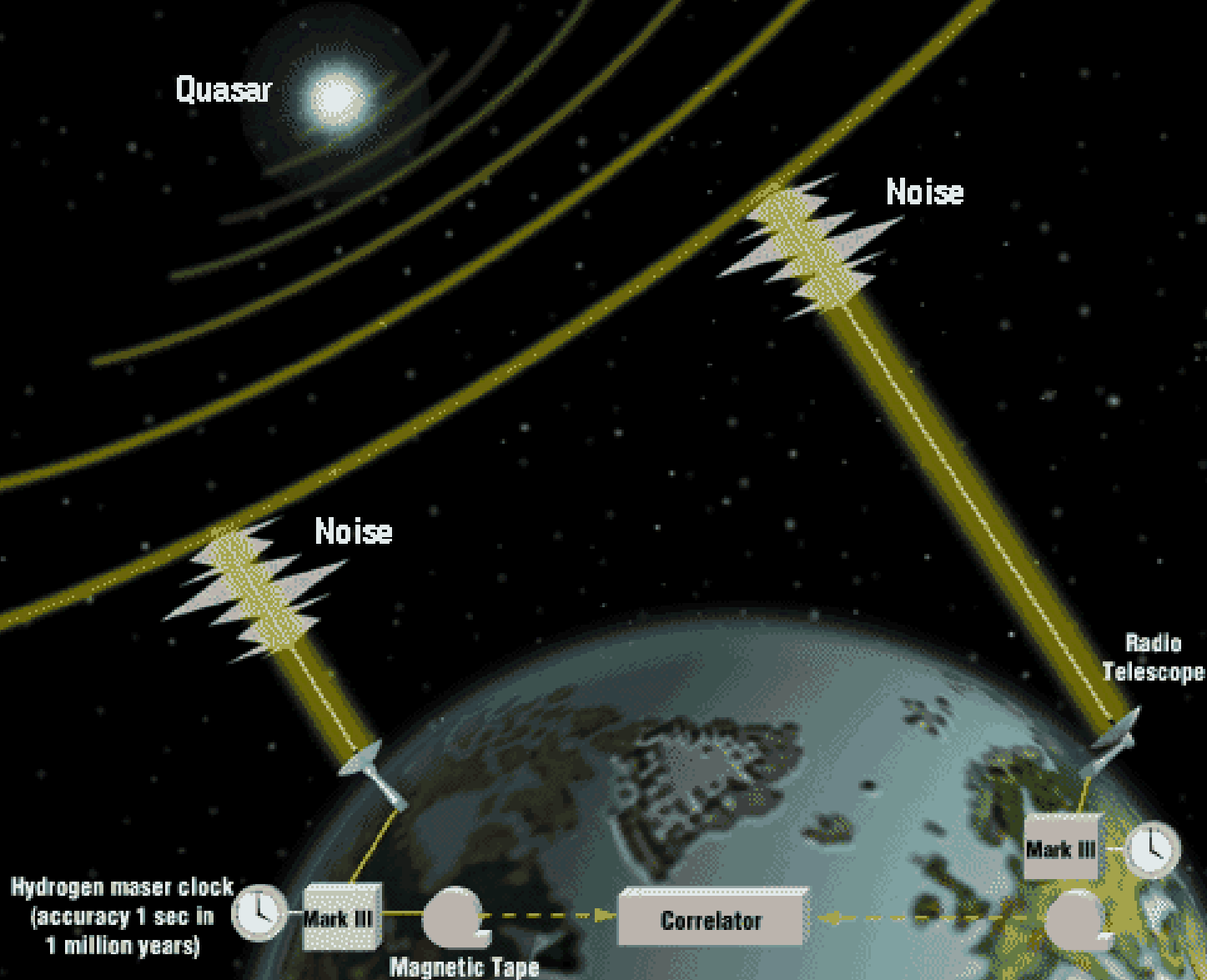
**PRIDE:** a küldetés tudományos eredményeihez való sokrétű hozzájárulás, külön fedélzeti berendezések nélkül!

**Planetary  
Radio  
Interferometry &  
Doppler  
Experiment**



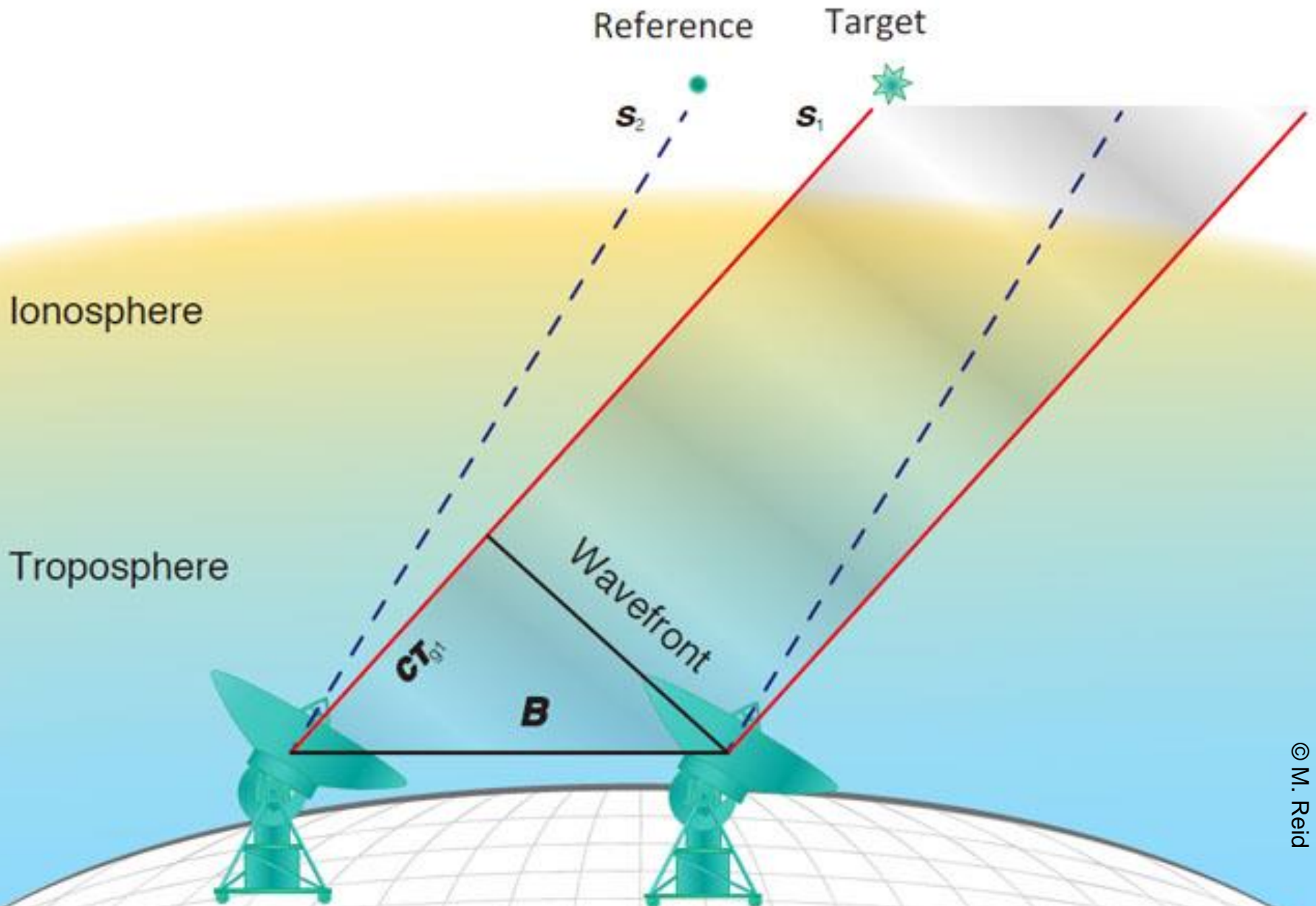


# A felhasznált mérési technika: *nagyon hosszú bázisvonalú interferometria*



**Very  
Long  
Baseline  
Interfero-  
metry**

# Relatív égi pozíció mérése



# European VLBI Network (EVN)



**PRIDE vezető:  
Leonid Gurvits**



**Joint Institute for VLBI  
European Research  
Infrastructure Consortium  
(ERIC)**



# PRIDE team – Oct. 2018

- **JIVE** (EU/NL)
    - G. Cimò, L. Gurvits + T. Bocanegra
  - **TU Delft** (NL)
    - D. Dirkx, V. Pallichadath, D. Stam, B. Vermeersen, P. Visser + I. de Pater
  - **Caltech** (US)
    - D. Duev
  - **Paris Observatory (IMCCE)** (FR)
    - V. Lainey
  - **TU Berlin** (DE)
    - J. Oberst
  - **Lab. for Astrophysics, Bordeaux** (FR)
    - P. Charlot
  - **Konkoly Observatory** (HU)
    - S. Frey, K. Gabányi
  - **CNES - DCT/SI/GS** (FR)
    - J.-Ch. Marty
  - **Inst. Space Sci.** (RO)
    - V. Tudose
  - **UTasmania** (AU)
    - L. MacCallum, J. MacCallum, G. Molera
  - **Shanghai Astr. Obs.** (CN)
    - X. Hong, M. Ma, W. Zheng
  - **Unaffiliated** (FR)
    - P. Rosenblatt
  - **Auckland U Technology** (NZ)
    - S. Gulyaev, T. Natusch
- + several more expressions of interest



# Mért mennyiségek

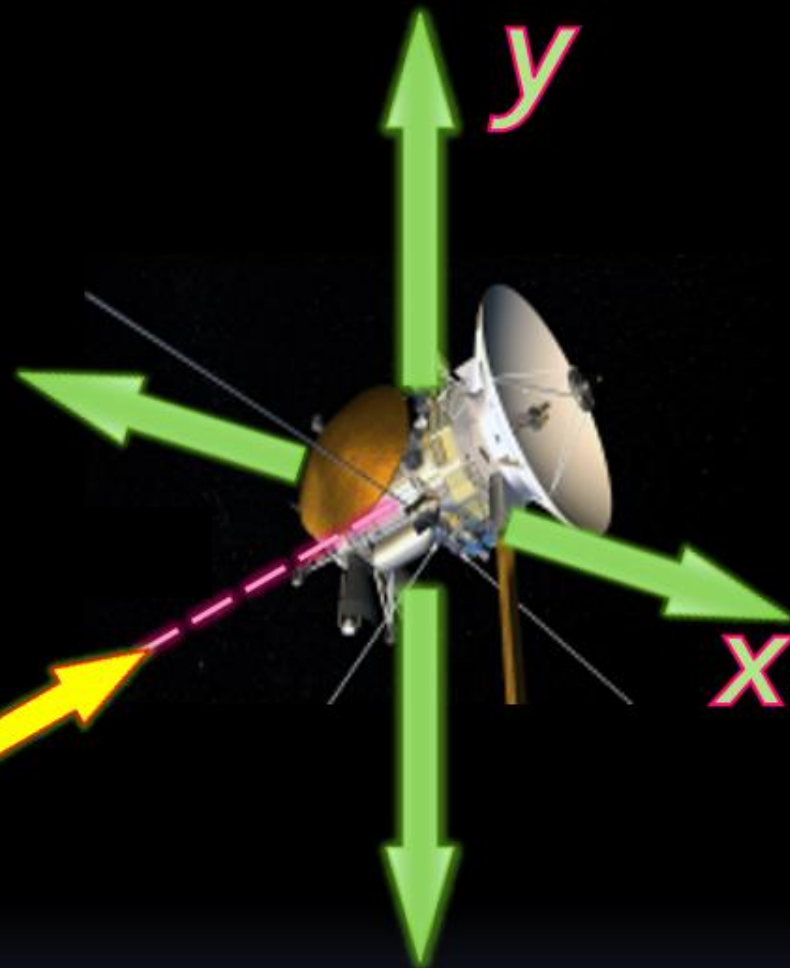
## Elsődleges mennyiségek:

*x és y – pozíció az égbolt síkjában  
a távoli kvazárok kijelölte  
vonatkoztatási rendszerben*

*$dR/dt$*



**Kiegészítő mérések:**  
*az űrszonda látóirányú sebessége  
(a Doppler-eltolódásból)*  
*plazma paraméterek (fedéskor)*



**Huygens leszállóegység**  
*Titan, 2005. január 14.*



# PRIDE-JUICE 2013 vs Huygens VLBI (2005)

Mission	Distance	Transmitter power/gain	Band	Time resolution	Delay noise	Positional accuracy (lateral)
	<i>[AU]</i>		<i>[GHz]</i>	<i>[s]</i>	<i>[ps]</i>	<i>[m]</i>
Huygens VLBI	8	3 W / 3 dBi	2.0 (S)	500	15	1000
PRIDE-2018	5	10 w / 6 dBi	2.3 (S)	100	5	120
			8.4 (X)	10	3	70
			32 (Ka)	10	1	23

- Conservative estimate, today's technology
- Minimal special requirements for the on-board instrumentation

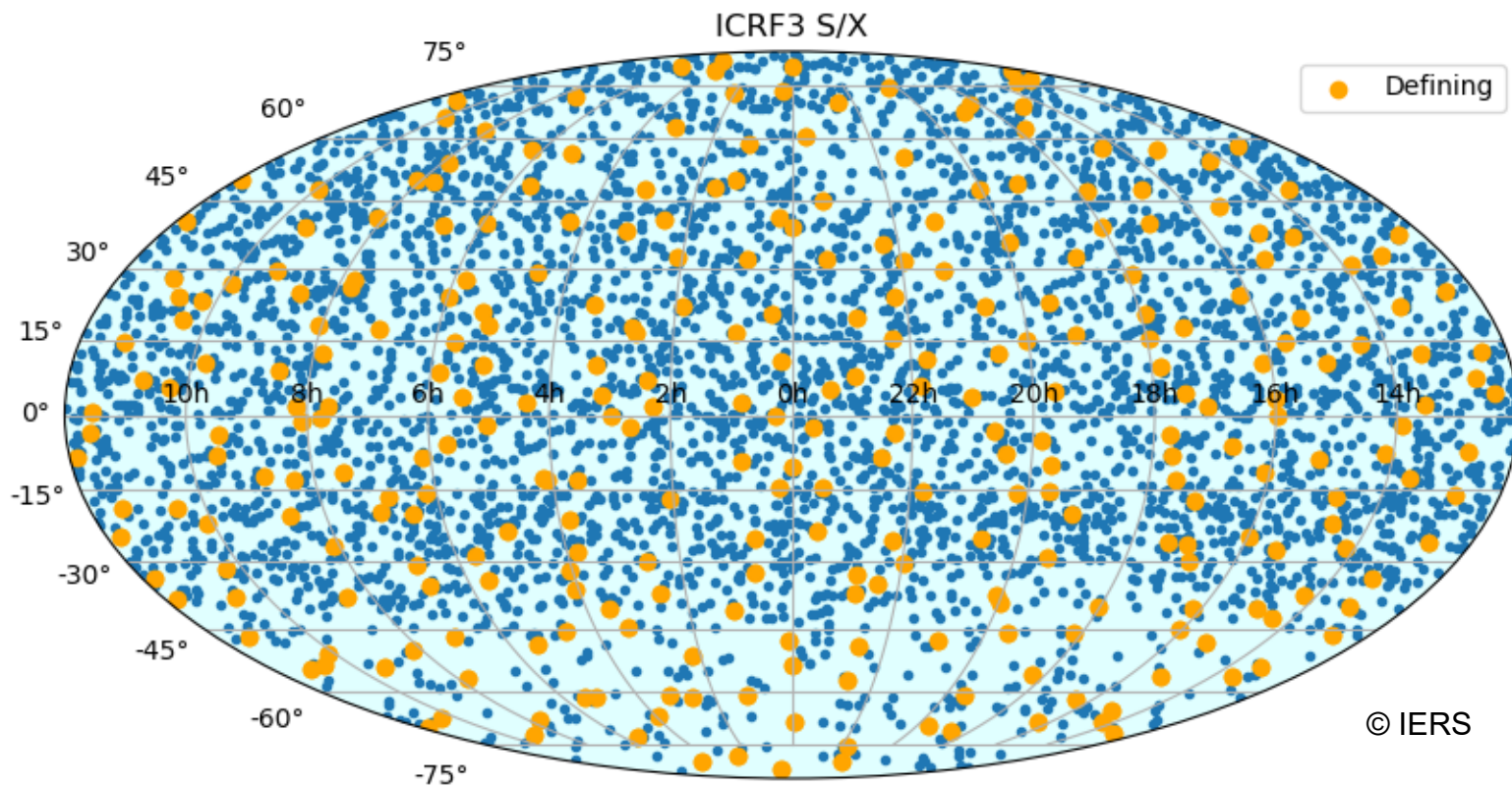
# PRIDE-JUICE 2013 vs Huygens VLBI (2005)

Mission	Distance	Transmitter power/gain	Band	Time resolution	Delay noise	Positional accuracy (lateral)
	[AU]		[GHz]	[s]	[ps]	[m]
Huygens VLBI	8	3 W / 3 dBi	2.0 (S)	500	15	1000
PRIDE-2018	5	10 w / 6 dBi	2.3 (S)	100	5	120
			8.4 (X)	10	3	70
			32 (Ka)	10	1	23

**„GPS a Jupiternél”**

- Conservative estimate, today's technology
- Minimal special requirements for the on-board instrumentation



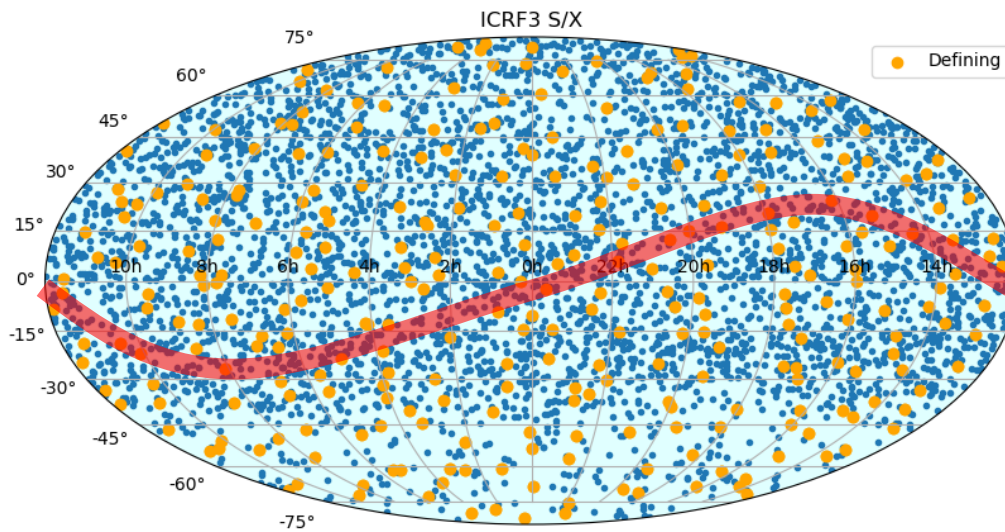


## International Celestial Reference Frame, v3 (ICRF3)

### *nemzetközi égi vonatkoztatási rendszer*

Több mint 4500 rádiósugárzó aktív galaxismag rendszeres, több évtizedes VLBI mérésein alapul – a legpontosabb!

Pozíciós pontosság 30–60 mikroívmásodperc ( $\mu\text{as}$ ), a koordinátatengelyek stabilitása 6  $\mu\text{as}$



*ICRF3 rádióforrások  
sűrűsége az Ekliptika  
 $\pm 2^\circ$ -os környezetében*

1 referencia kvazár  
2.2 négyzetfok  
területen

## Teendők

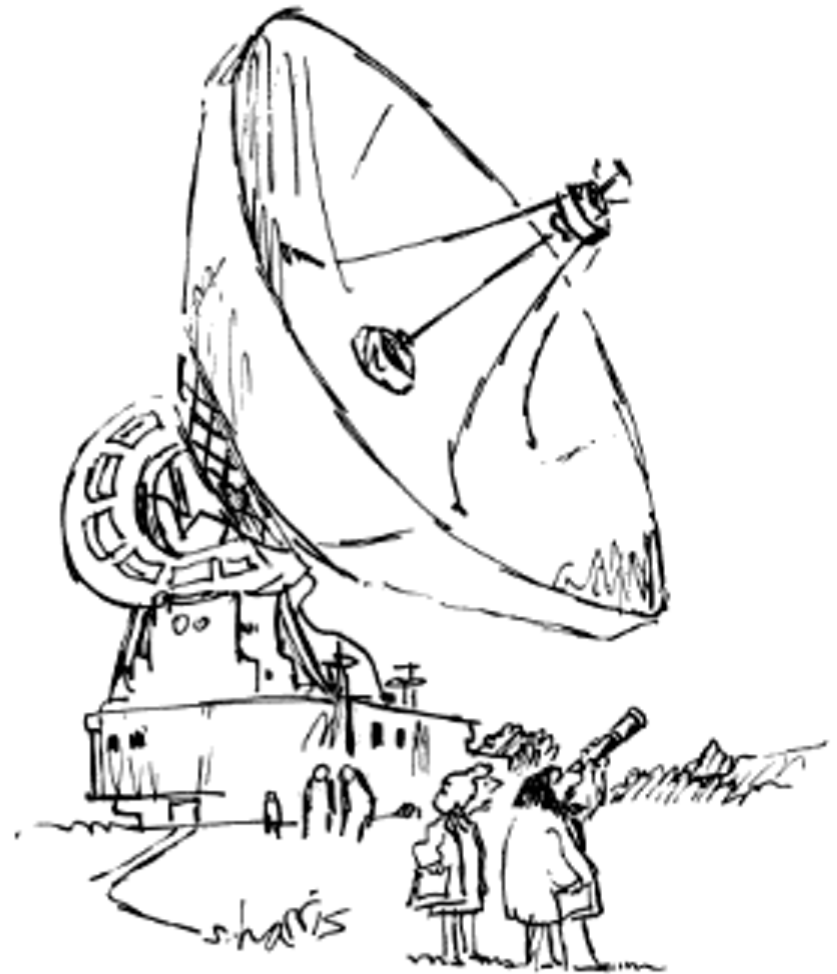
- Szóba jöhető VLBI referencia objektumok **katalógusának** összeállítása
- *Minél közelebb a viszonyítási pont, annál pontosabb a pozíciómérés: **sűríteni kell a listát**, még nem ismert, de alkalmas kompakt kvazárok méréseivel*
- Hány **halványabb** (és mennyivel halványabb) referencia rádióforrás jöhetne számításba? *(a földi VLBI hálózatok idővel egyre érzékenyebbek lesznek)*
- **Ka-sávú** (32 GHz) referencia rádióforrások alig ismertek

**A JUICE navigációjára már repülés közben is szükség lesz, nem csak 2029 után, a Jupiternél!**

# Köszönöm a figyelmet!

*Kérdések?*

*Frey Sándor*  
*frey.sandor@csfk.mta.hu*



"Just checking."