

Přístroje pro měření přírodních elektromagnetických vln: **Solar Orbiter a budoucí projekty**

Jan Souček

Oddělení kosmické fyziky, Ústav fyziky atmosféry AV ČR

Konference Kosmické projekty na AV ČR, 12. 11. 2021



INSTITUTE OF ATMOSPHERIC PHYSICS
ASCR



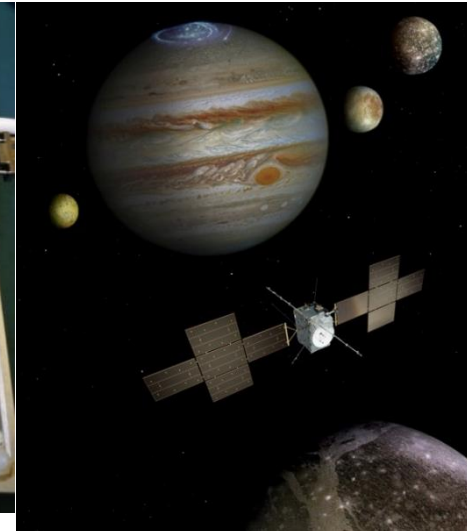
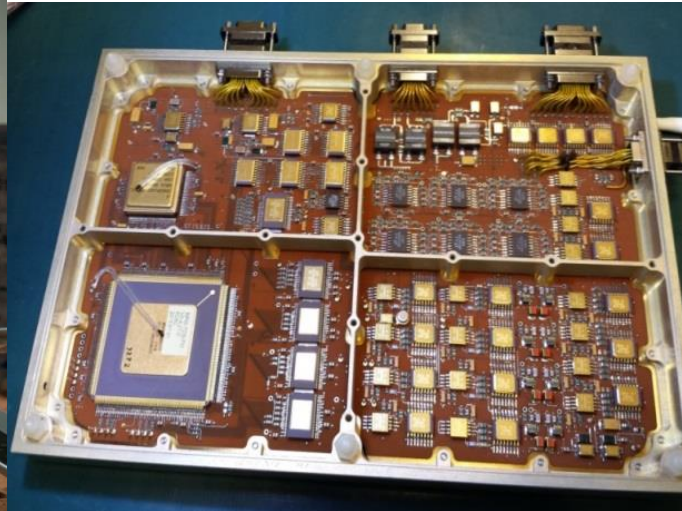
**Akademie věd
České republiky**

Strategie AV21
Špičkový výzkum ve veřejném zájmu

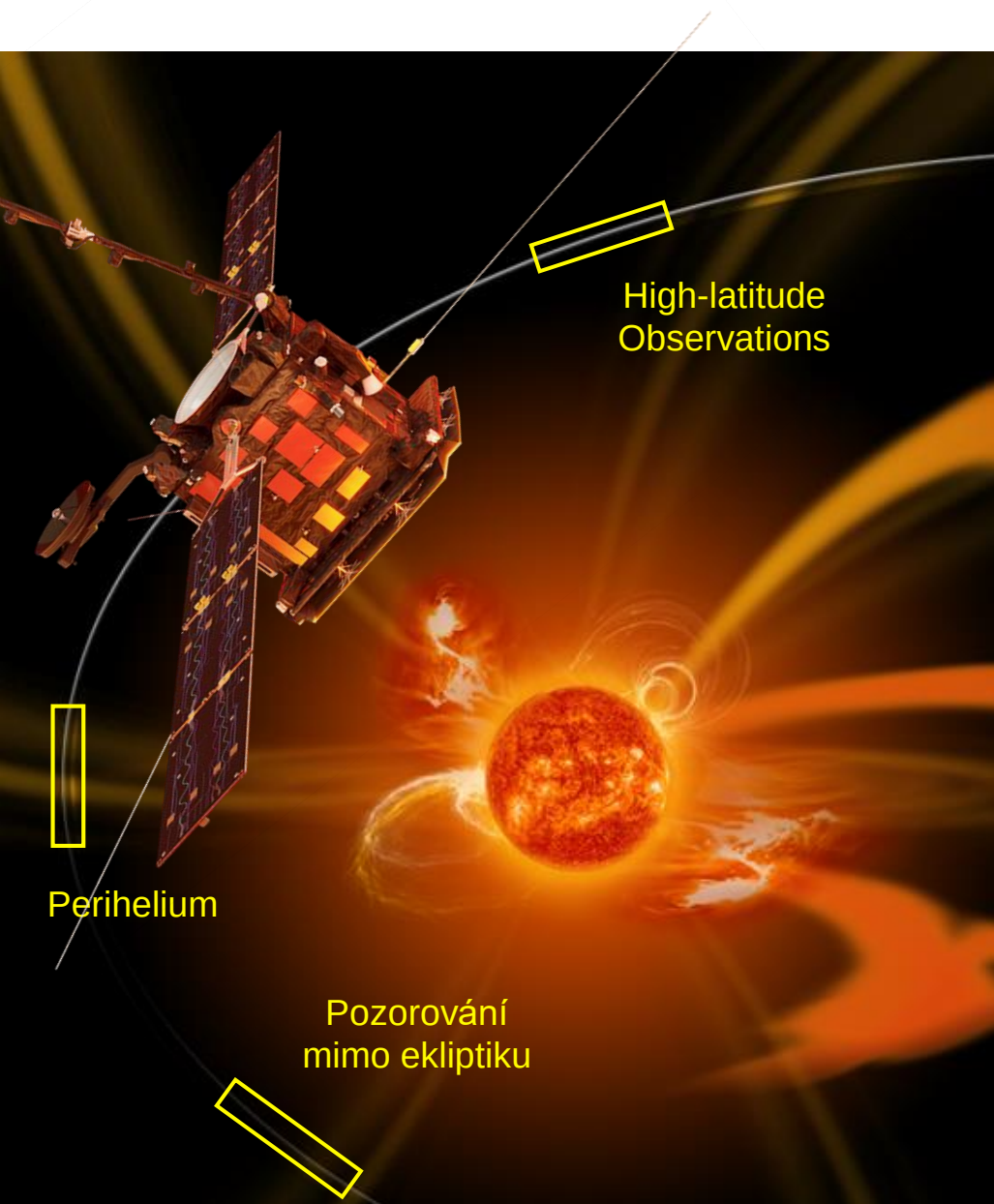
Vědecké přístroje pro družice a kosmické sondy, vyvinuté v Ústavu fyziky atmosféry

Společné téma: Elektromagnetické a plazmové vlny ve sluneční soustavě

- Přístroj RPW/TDS pro sondu Solar Orbiter (ESA): Měření elektromagnetických vln slunečního původu.
- Přístroj RPWI/LF pro sondu JUICE (ESA): Plazmové vlny v magnetosféře Jupiteru a měsíce Ganymedes
- Přístroj Maigret/WAM pro přistávací platformu projektu Exomars 2020 (ESA, ROSKOSMOS): Bleskové výboje na povrchu Marsu
- Přístroj LEMRA pro sondu Luna-26: měření elektromagnetické interakce měsíce se slunečním větrem a elektromagnetických vln v mini-magnetosférách Měsíce.
- Jednotka DAPU pro zpracování dat a detekci kometárního prachu pro sondu Comet Interceptor
- Modul „Row Address and Synchronization“ pro rentgenový dalekohled Athena.



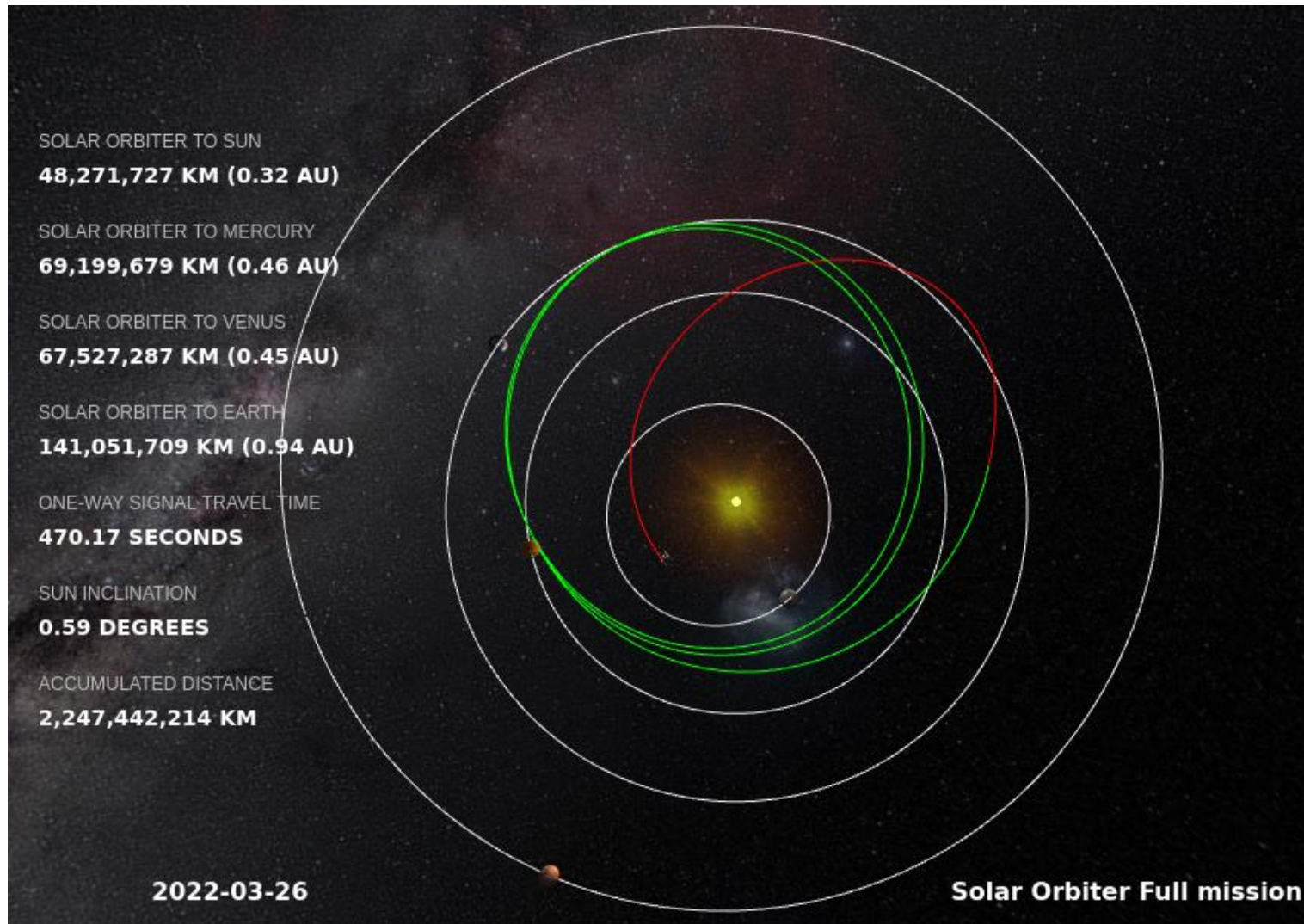
Solar Orbiter - evropská sonda ke Slunci



Solar Orbiter:

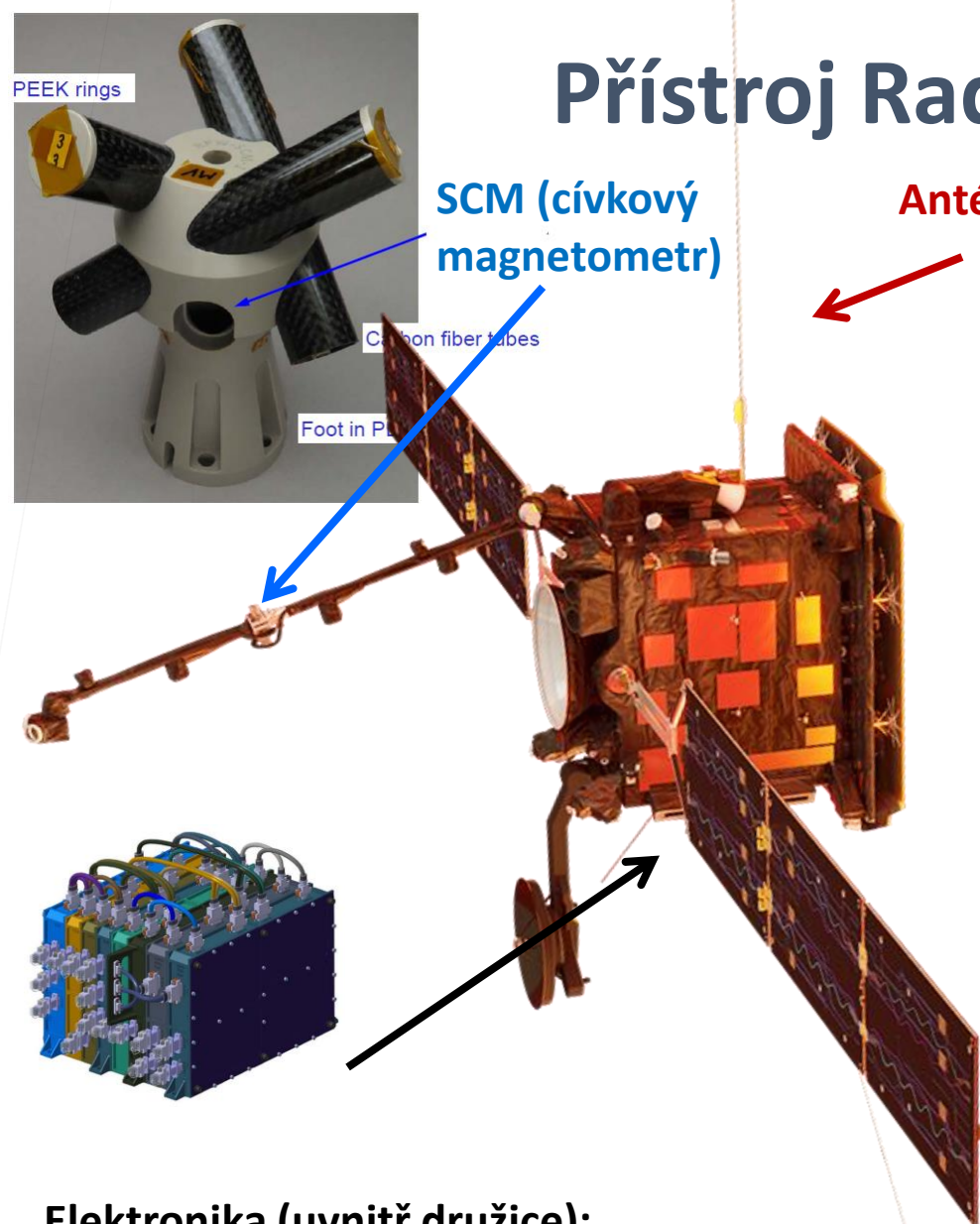
- Start 11. 2. 2020
- Přibližovací fáze končí, od prosince 2021 začíná hlavní fáze mise.
- Perihelium 0.28 AU
- Umožní pohled na sluneční póly, oběžná dráha až 32° mimo ekliptiku
- Pozorování slunce sadou deseti přístrojů.
- Významná účast českých institucí a průmyslu na vývoji a provozu čtyř přístrojů.

Dráha Solar Orbiteru



27/11/2021 - průlet kolem Země,
březen 2022 – první blízké perihelium nominální mise (0.32 AU)

Přístroj Radio and Plasma Waves



Elektrické antény při testech:



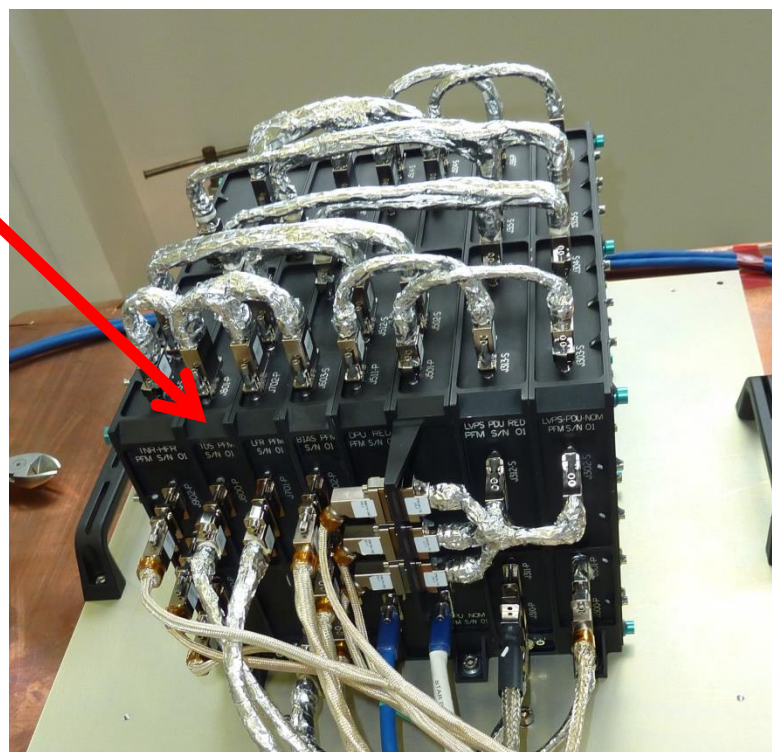
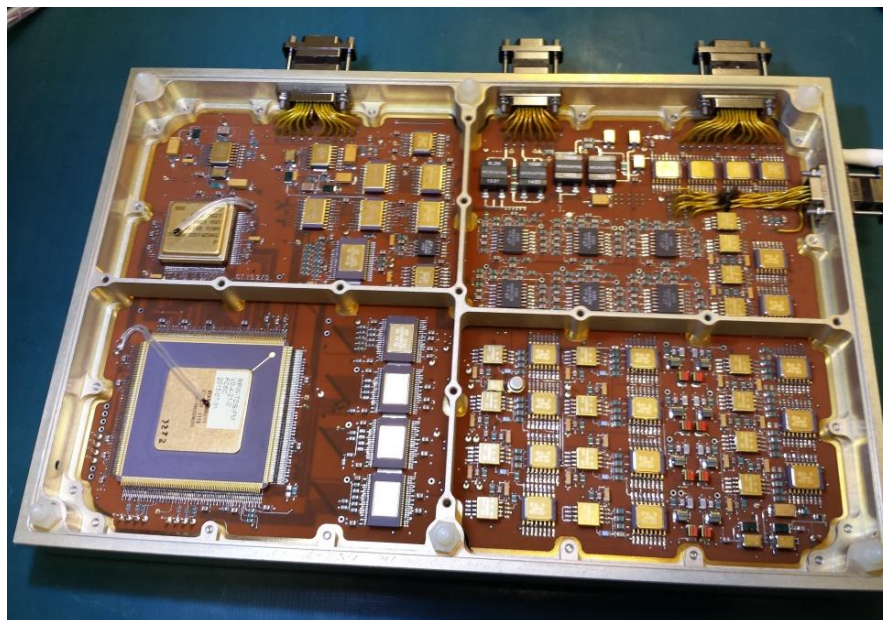
Elektronika (uvnitř družice):

- analyzátor plazmových vln - Ústav fyziky atmosféry
- napájecí zdroj – Astronomický ústav

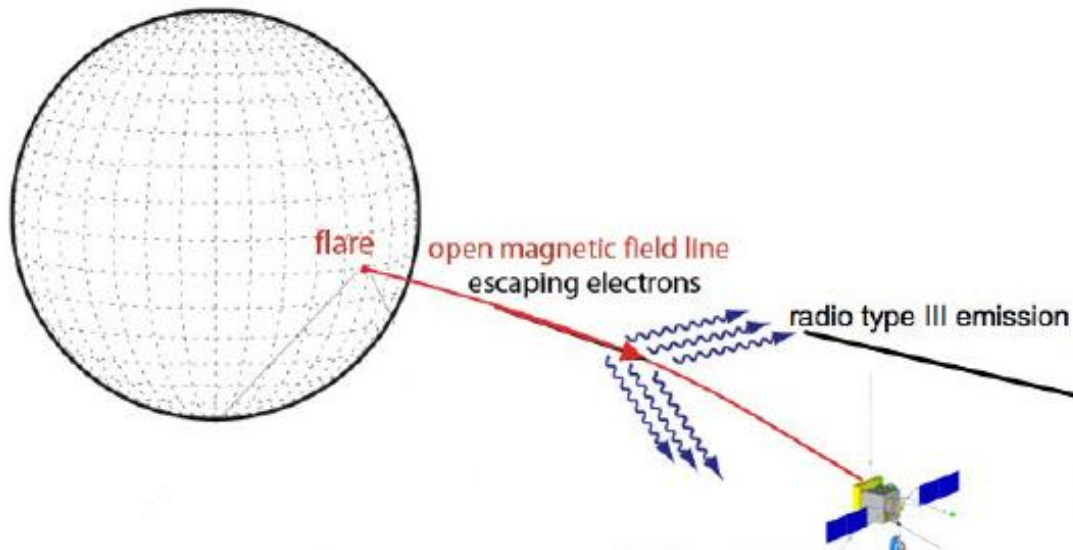
TDS:

Time Domain Sampler

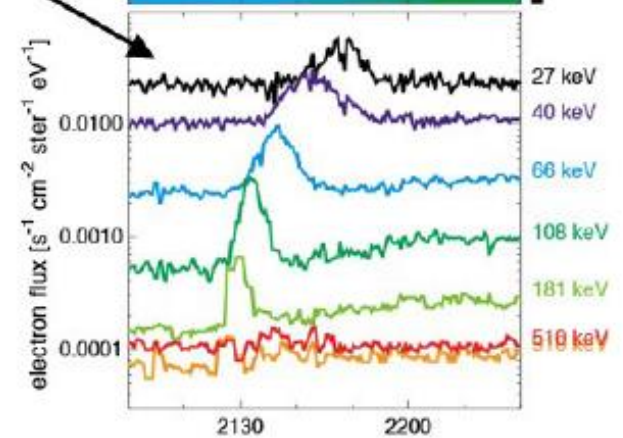
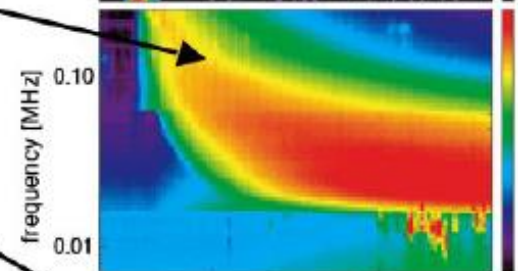
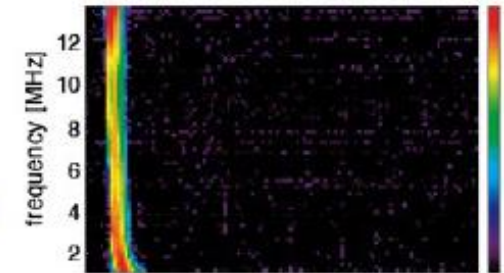
- ❑ Jednotka vyvinutá v ÚFA AV ČR
- ❑ Elektronická karta formátu A5 v elektronické jednotce přístroje.
- ❑ Spotřeba 3W. Hmotnost 420 g.
- ❑ Obvody pro digitalizaci signálu z antén, digitální zpracování a kompresi dat. **TDS**
- ❑ Sofistikované digitální zpracování signálu pomáhá využít omezenou rychlost datového přenosu na Zemi:
 - Předvýběr potenciálně zajímavých úseků signálu.
 - Statistická charakterizace pozorovaných jevů přístrojem, bez nutnosti přenášet kompletní data.



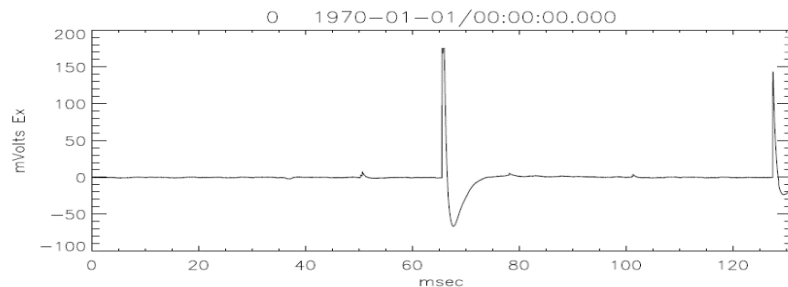
Vědecké cíle TDS



radio burst

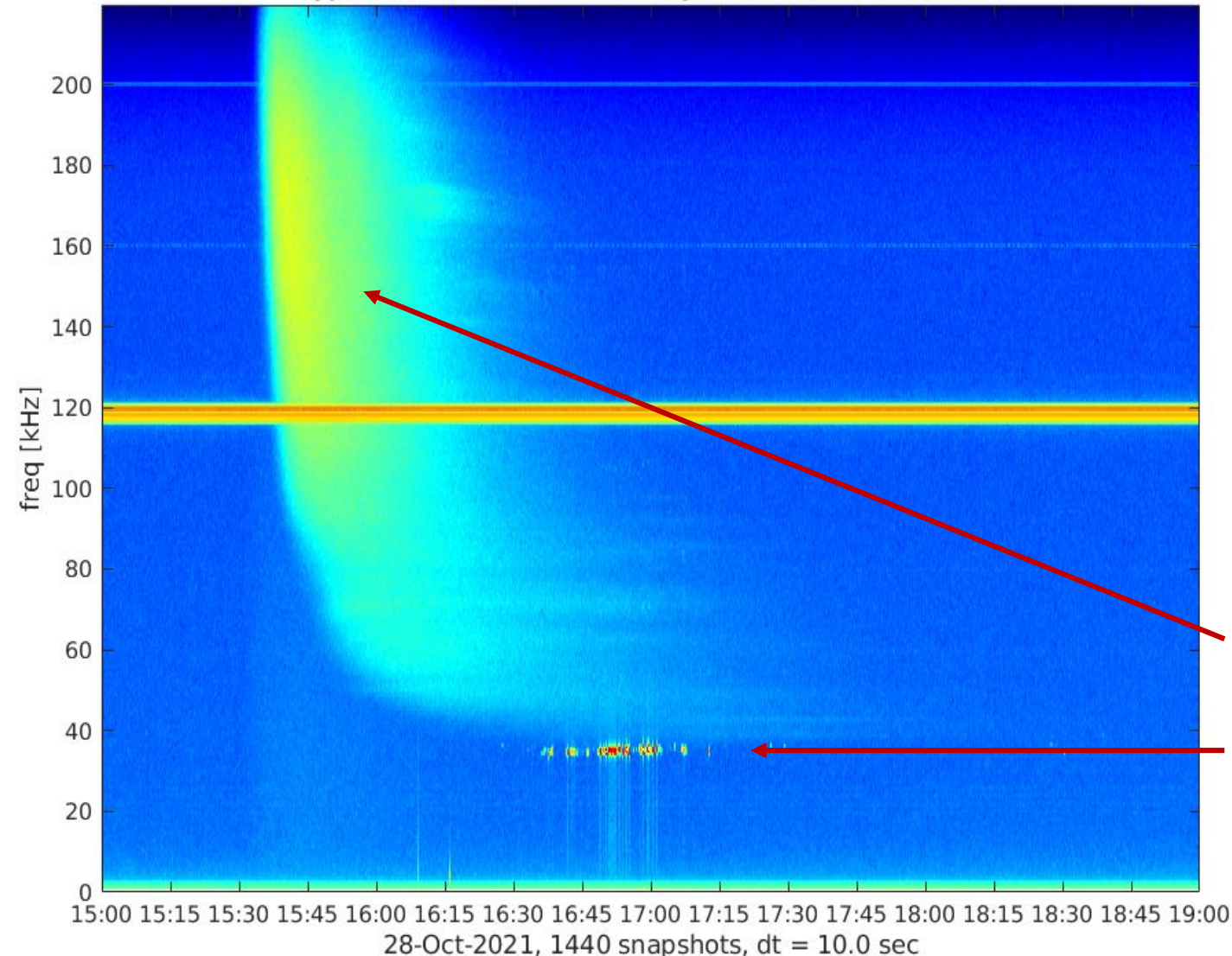


- ❑ Měření plazmových vln v elektrickém a magnetickém poli
- ❑ Měření slunečních radiových vln
- ❑ Detekce meziplanetárního prachu elektrickou anténou



Pozorování během přibližovací fáze = rádiové bursty

Type III radio burst observed by RPW/TDS on 28/10/2021

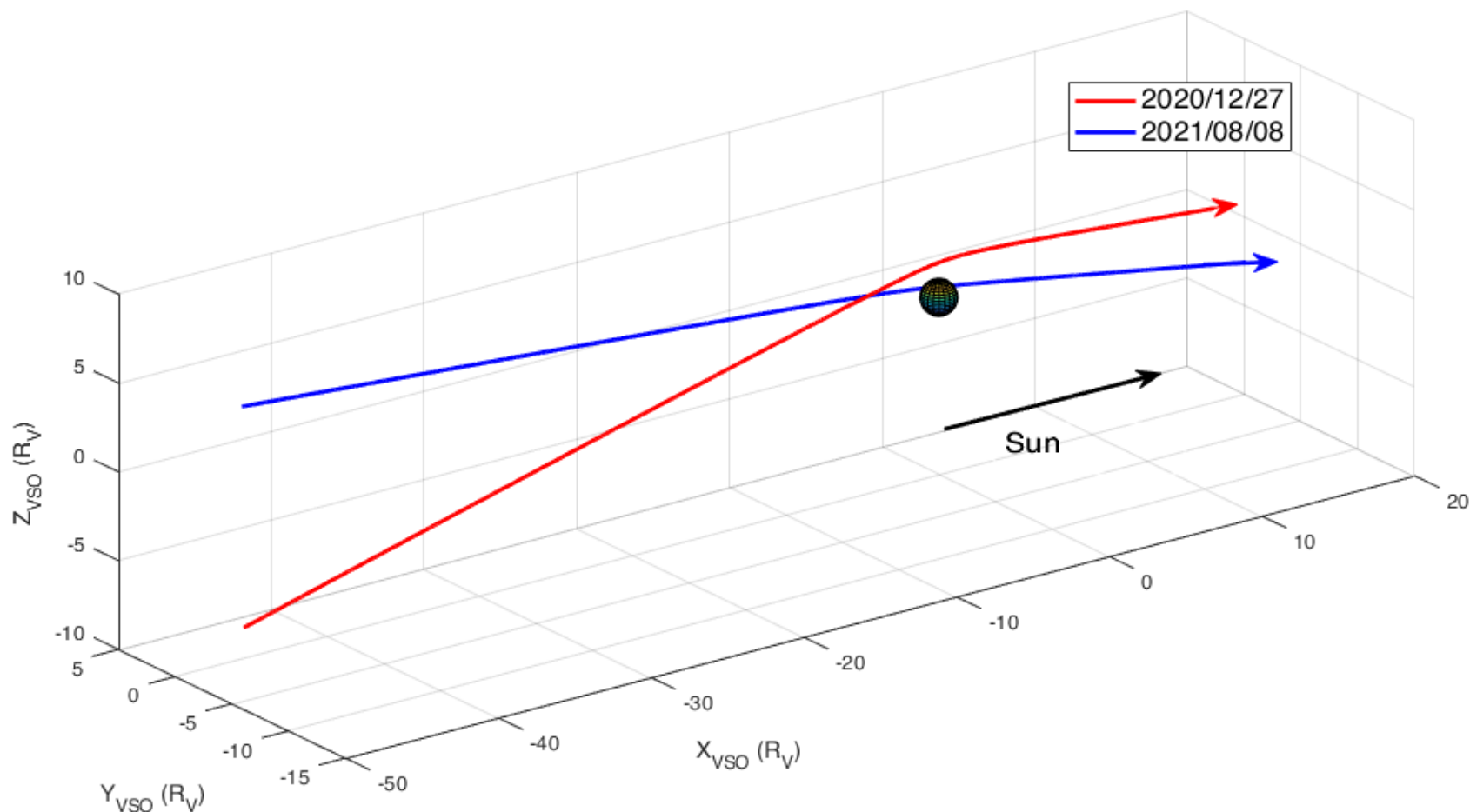


Extrémně silný rádiový burst pozorovaný 28. října 2021 v souvislosti se sluneční erupcí. Přístroj TDS se podařilo pozorovat magnetickou složku rádiových vln.

rádiová emise

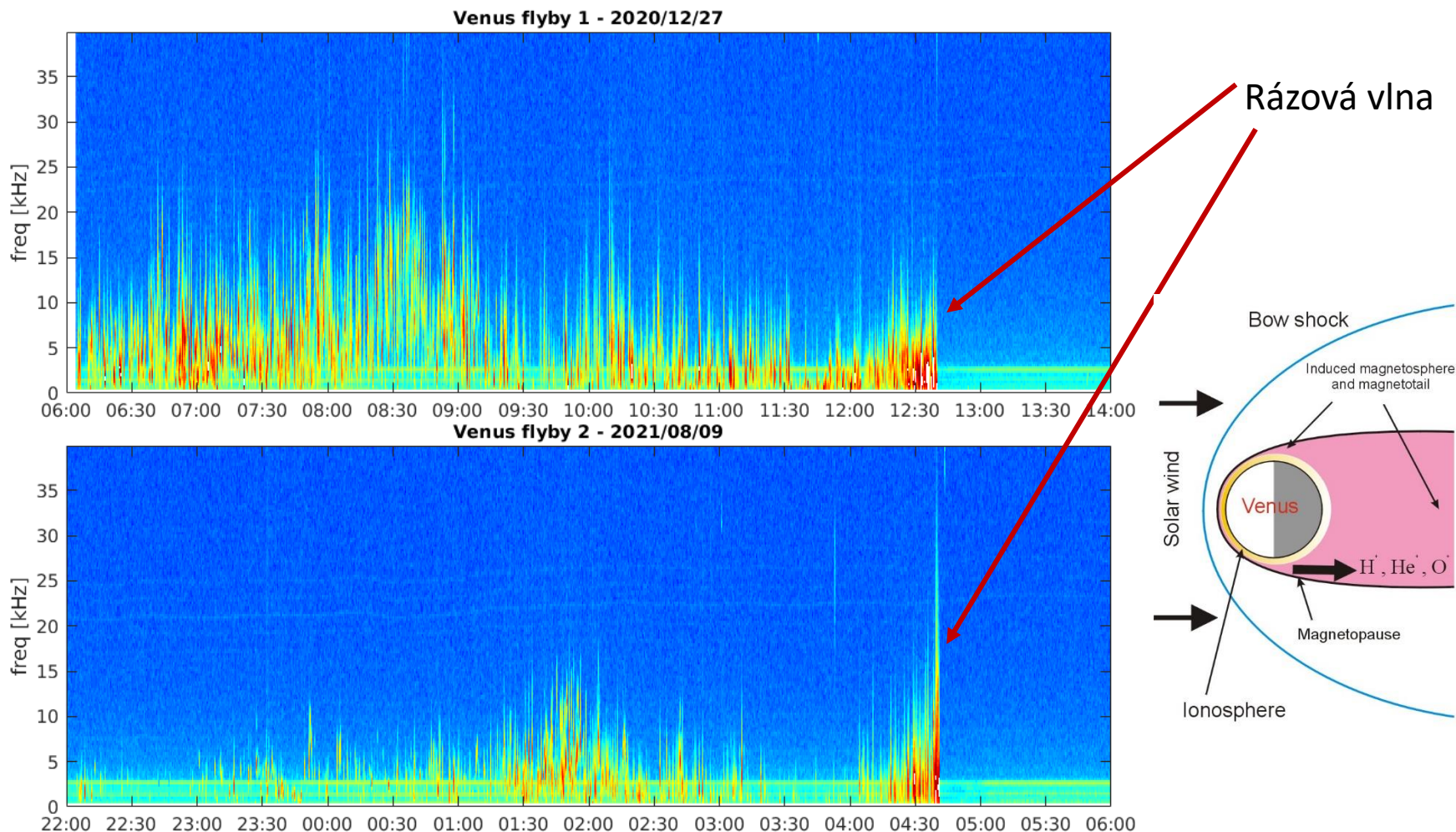
plazmové vlny

Pozorování během přibližovací fáze: Venuše



Dva průlety Solar Orbiteru indukovanou magnetosférou Venuše

Pozorování během přibližovací fáze: Venuše



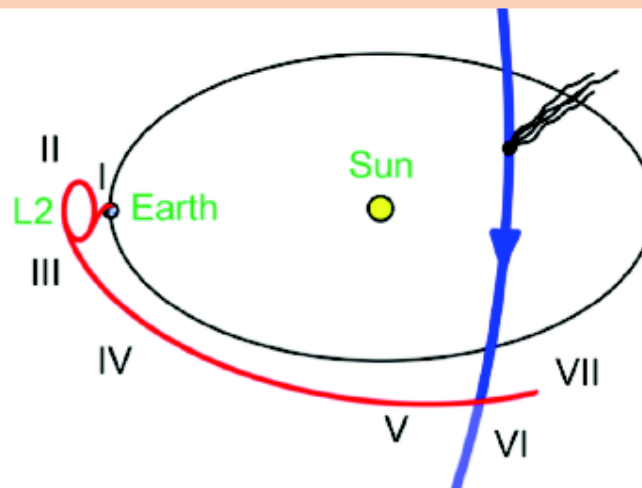
Dva průlety Solar Orbiteru indukovanou magnetosférou Venuše

Comet interceptor: měření vlasností "čerstvé" komety

- Hlavní cíl mise: prozkoumat kometu při jejím prvním průletu kolem Slunce a prozkoumat prapůvodní složení komet.
- Sonda bude číhat v bodě L2 a čekat v na objevení vhodného cíle. Potom se vlastním pohonem dopraví na dráhu protínající dráhu komety.

Mission Phases

- | | |
|-----|-------------------------------------|
| I | Launch & delivery to L2 |
| II | Station-keeping at L2 |
| III | Departure from L2 |
| IV | Cruise and instrument commissioning |



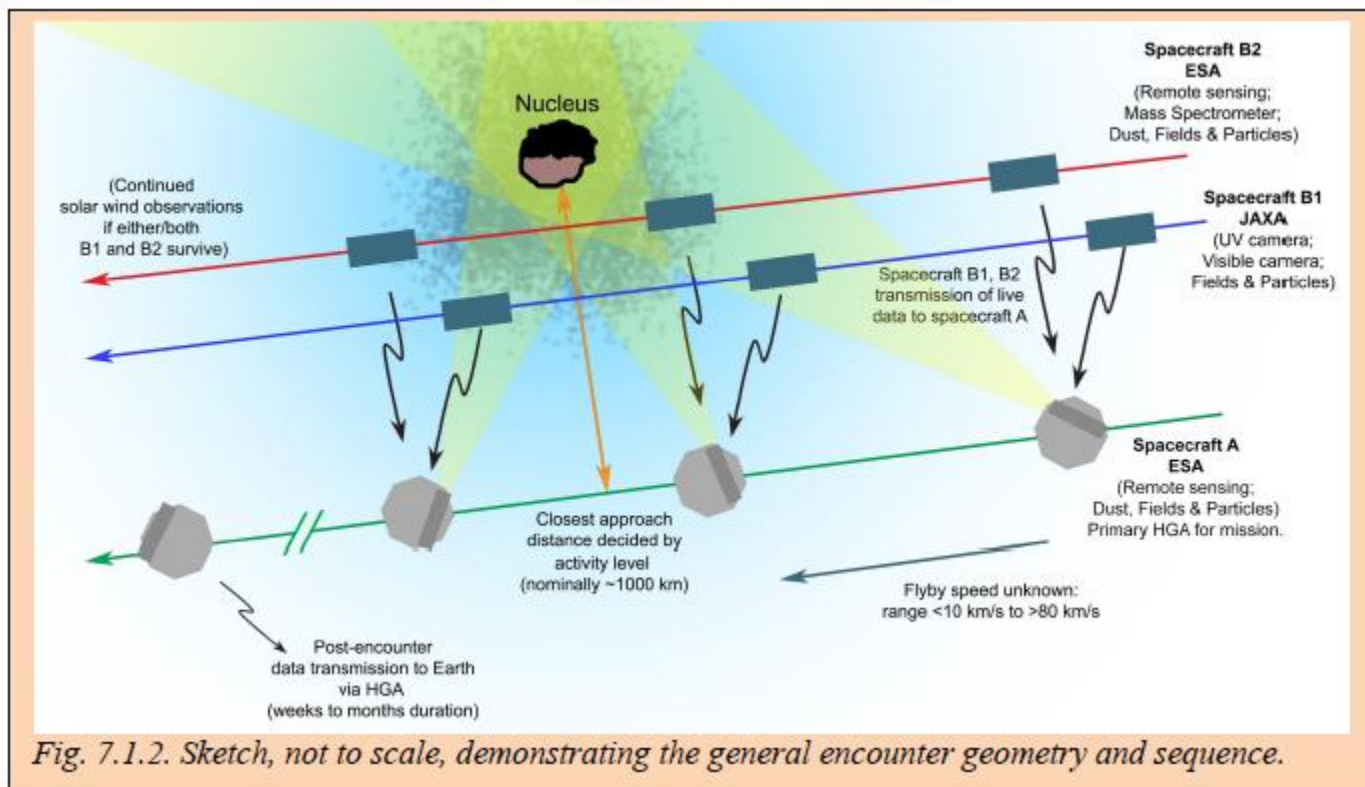
- | | |
|-----|---|
| V | Separation of spacecraft elements |
| VI | Target Encounter |
| VII | Data playback and solar wind studies, if possible |

Not to scale

Fig. 7.1.1. Mission phases sketch

Comet interceptor: měření vlasností "čerstvé" komety

Mise se skládá z mateřské družice v bezpečné vzdálenosti (cca 1000 km) od komety a dvou menších subdružic v méně bezpečné vzdálenosti.

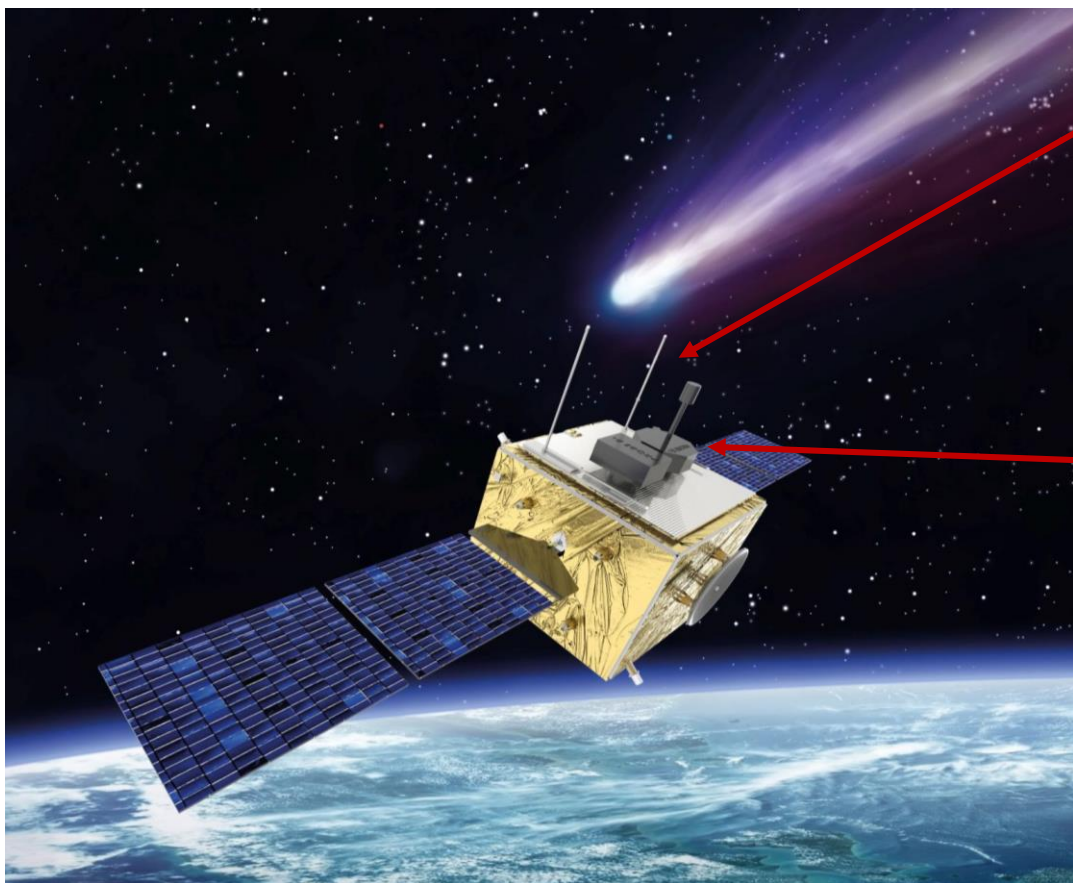


ESA: Mateřská družice (cca 850 kg) a sub-družice B2 (cca 30 kg).

JAXA (Japonsko): Družice B1 (cca 70 kg)

Comet interceptor: český příspěvek

Tým z ÚFA je zapojen do vývoje přístroje Dust, Fields and Plasma (DFP), kde vyvíjíme centrální jednotku pro palubní zpracování vědeckých dat (DAPU).



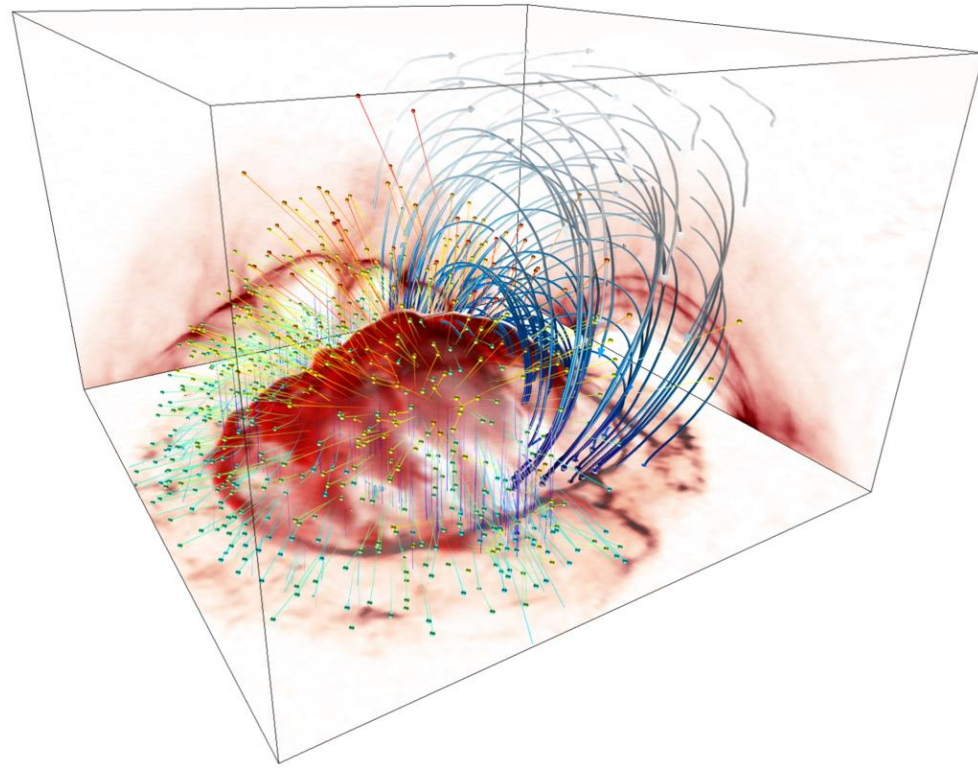
DAPU bude zpracovávat signál z krátkých elektrických antén a detekovat dopady prachu v chvostu komety.

Na družici B2 bude DAPU ve zmenšené zjednodušené verzi.

MFF UK se podílí na elektronovém detektoru LEES.

Luna Resurs Orbiter (Luna 26):

- ❑ První mise obnoveného Ruského programu výzkumu měsíce (start plánován v roce 2024).
- ❑ Bude obíhat Měsíc v blízké vzdálenosti (< 100 km). Náš přístroj LEMRA bude měřit elektromagnetické plazmové vlny v této oblasti. Unikátním prostředím je
 - Obtékání měsíce slunečním větrem („úplav“ za Měsícem)
 - Mini-magnetosféry: lokální kapsy magnetického nad měsíčním povrchem.
- ❑ Vyvíjíme kompletní elektroniku a magnetický senzor.



Athena X-IFU (elektronika pro rentgenový dalekohled)



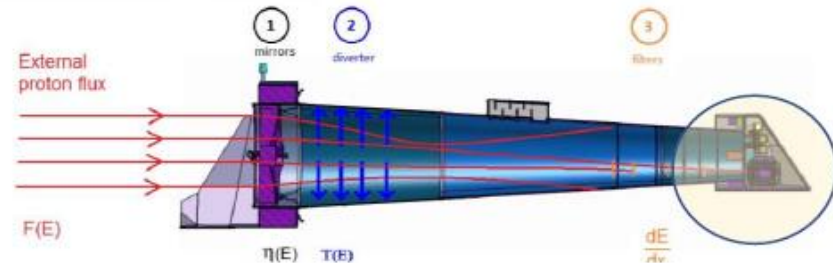
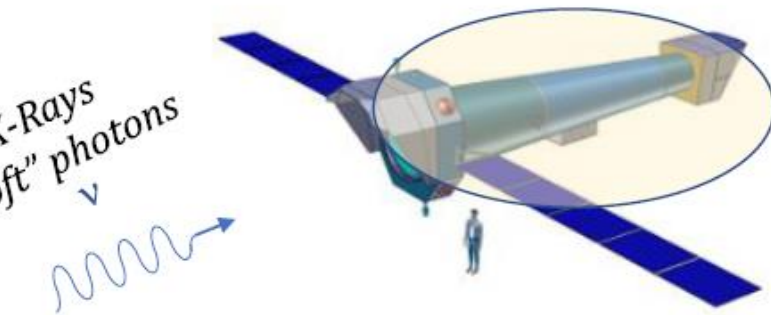
From space to X-IFU: Going through the ATHENA telescope

ATHENA payload:

- X-IFU
- WFI

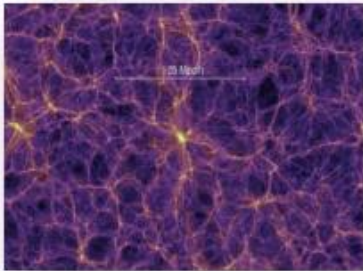
ATHENA spacecraft

X-Rays
"soft" photons
 ν



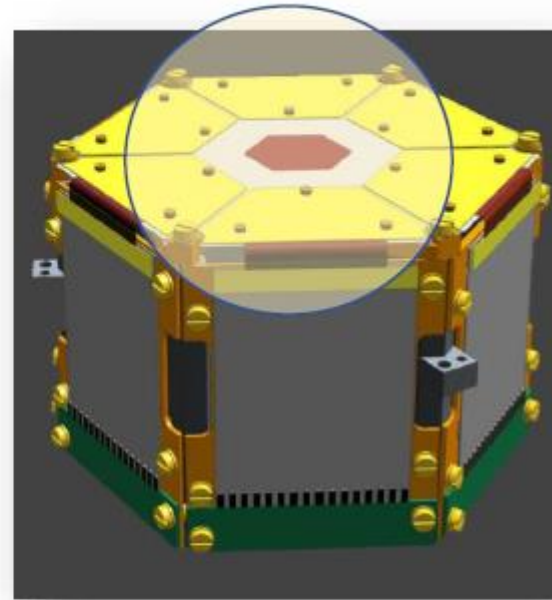
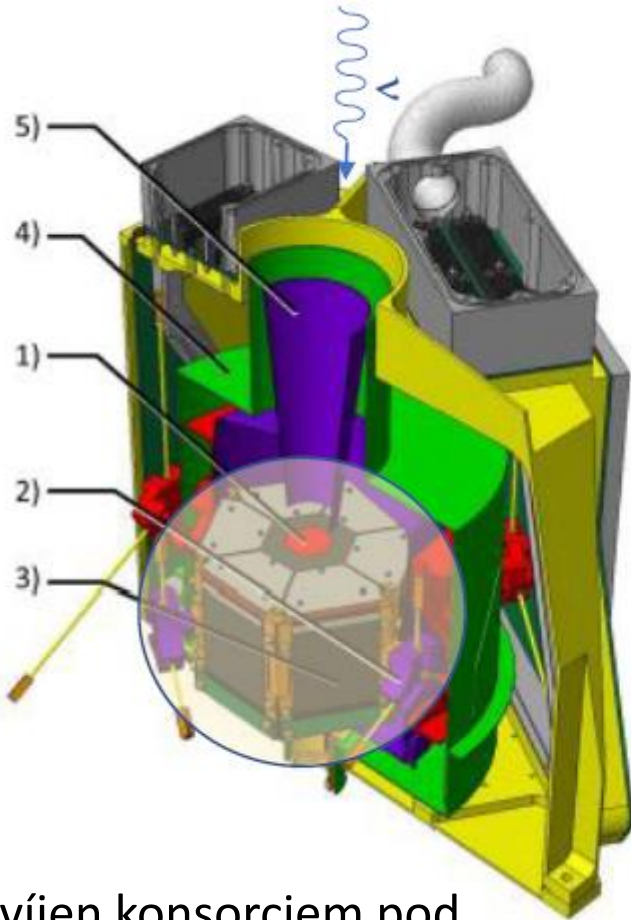
Protons are scattered from the field of view thanks to the Proton diverter

THEMATICS



Kromě astrofyzikálních objektů bude Athena pozorovat i rentgenové záření z magnetosféry Jupiteru (v době kdy bude Jupiter obíhat sonda JUICE).

Athena X-IFU (elektronika pro rentgenový dalekohled)



Rentgenový spektrometr X-IFU:

- Vyvíjen konsorciem pod vedením francouzské kosmické agentury (CNES).
- ÚFA vyvíjí elektronickou jednotku pro adresování jednotlivých pixelů detektoru.
- Jeden z historicky největších kosmických přístrojů (~800 kg).
- Řádově převyšuje existující přístroje ve spektrálním rozlišení. Umožní poznat energetický stav hmoty horkých astrofyzikálních objektů.
- Používá k detekci rentgenových fotonů technologii kryogenních mikrokalorimetrů, chlazených na 0.05 K.

Závěr

❑ Budoucnost:

- Elektronika pro vesmírný detektor gravitačních vln LISA
- Zapojení do operační mise Lagrange pro monitorování kosmického počasí.
- Definice návrhu nových vědeckých projektů v programu „Voyage 2050“ Evropské kosmické agentury ESA.

❑ Zapojení do velkých kosmických projektů je možné díky členství české republiky v ESA.

❑ Vývoj kosmických přístrojů je nákladný

- Realizace je umožněna účastí ČR ve volitelném programu PRODEX, financovaném z rozpočtu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy a Ministerstva dopravy.