



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Rosetta – 10 vuoden matka melkein takana

Churyumov-Gerasimenko lähestyy vauhdilla

<http://space.fmi.fi/index.php?id=rosetta>





Sisältöä

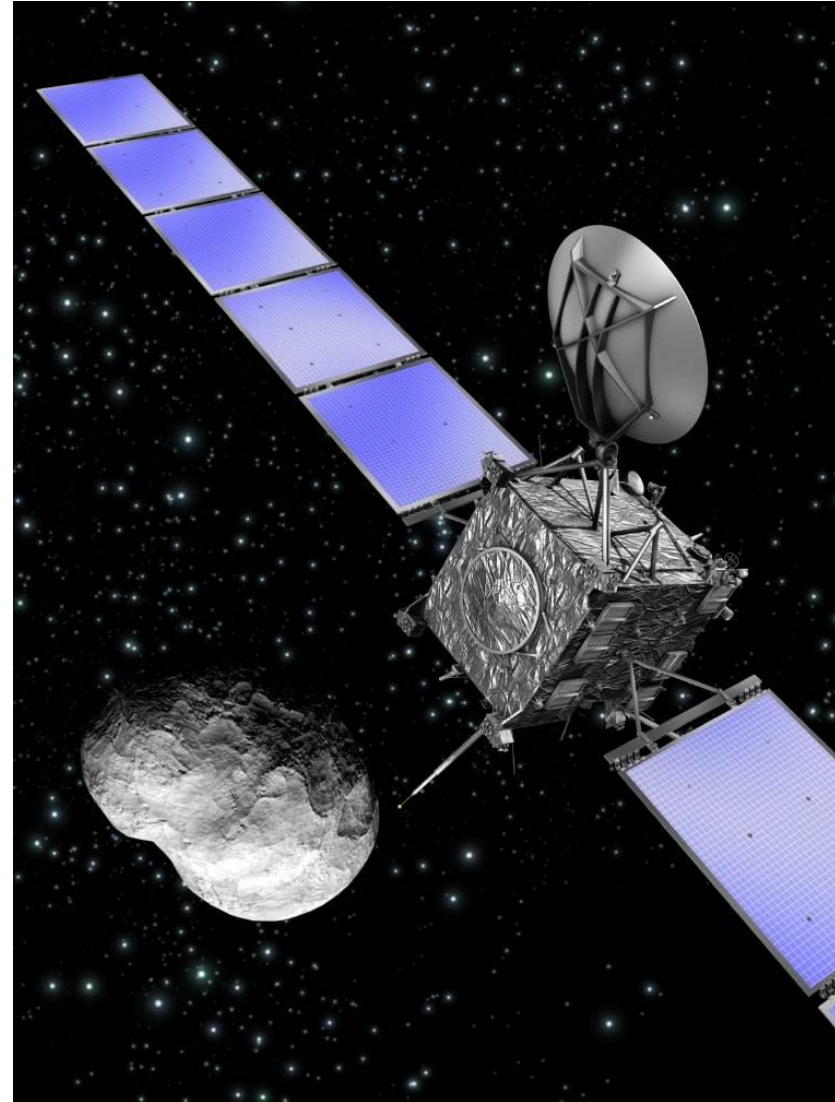
- **Yleistä Rosettasta**
 - Kiertolainen
 - Philae
- **Miten lento on sujunut tähän mennessä?**
 - ”Parhaat” palat ja hetket
- **Ilmatieteen laitoksen mittalaitteet ja muu osallistuminen**
 - Permittivity Probe (PP)
 - Philaen massamuisti
 - COSIMA
 - Langmuir Probe (LAB)
 - Ion Composition Analyzer (ICA)
 - Tutkimus yms.





Yleistä Rosettasta

- Päämääränä on komeetta **Churyumov-Gerasimenko** (alunperin Wirtanen).
- Toiminta-ajaksi on kaavailtu kahta vuotta.
- Laukaistiin 2. päivä Maaliskuuta 2004 Ranskan Guianasta (Kourou) Arienne-5 G+ -raketilla.
- Matkallaan luotain otti vauhtia Maan vetovoiman avulla kolme kertaa ja Marsin avulla kerran.
- Lisäksi luotain ohitti ja teki havaintoja kahdesta asteroidista: *Steins* ja *Lutetia*
- Saapuu komeetalle Toukokuussa 2014





Churyumov-Gerasimenko

67P/Churyumov-Gerasimenko on jaksollinen komeetta, jonka löysi neuvostoliittolainen *Klim Ivanovic Churyumov* 22. lokakuuta 1969. Komeetta kuvattiin ensimmäisen kerran 9. syyskuuta 1969.

Seuraavan kerran komeetta on perihelissä 12. elokuuta 2015.

67P/C-G tiedot:

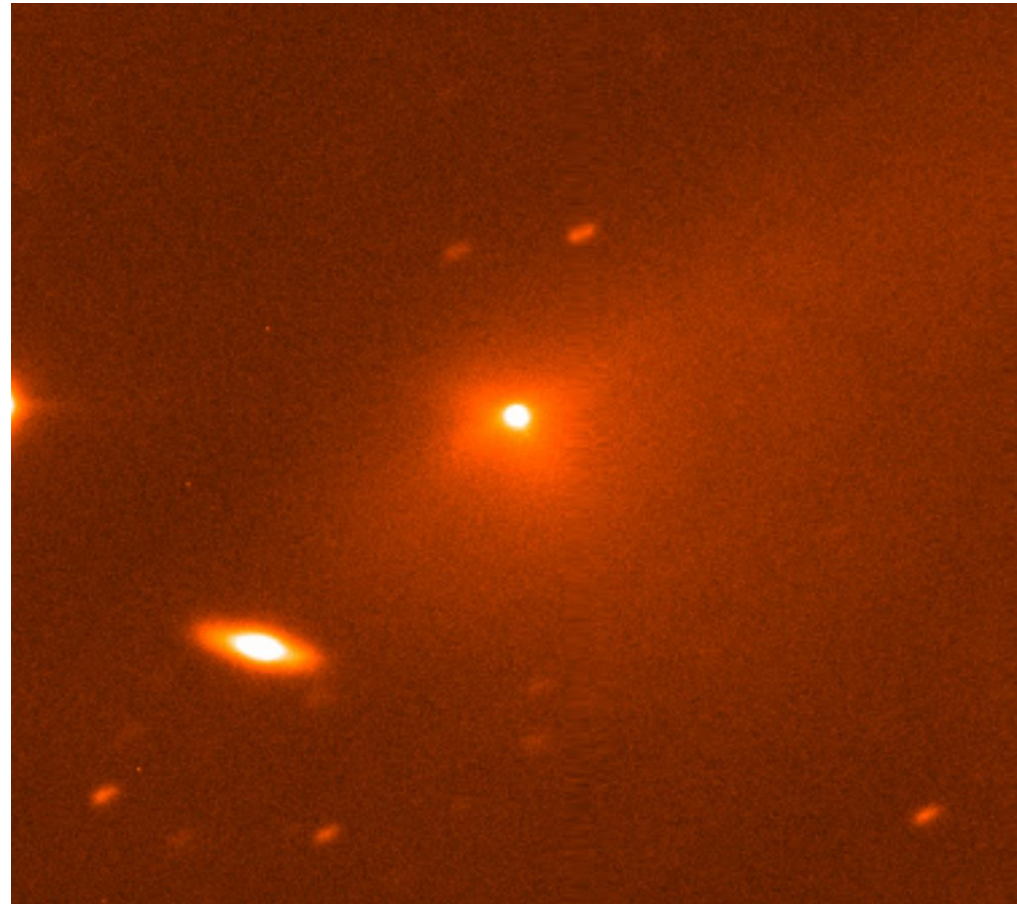
Halkaisija: 3km x 5km

Pyörähdysaika: 12 t

Kiertoaika: 6.57 vuotta

Etäisyys: 1.3/5.7AU

Löydetty: 22. lokakuuta
1969



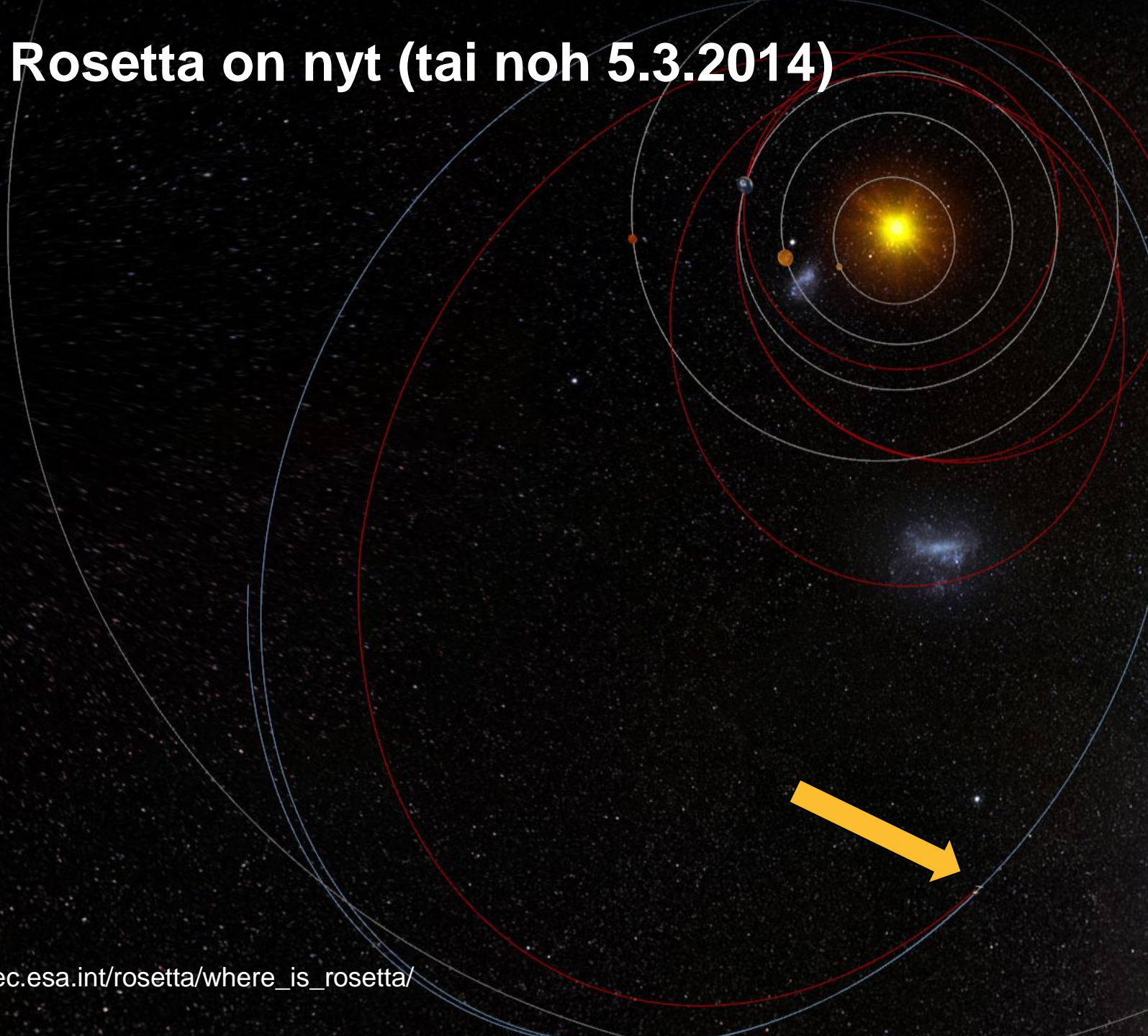
Missä Rosetta on nyt (tai noh 5.3.2014)

Distances at date
2014-03-05

Rosetta - Sun
648 865 033 km

Rosetta - Earth
718 480 213 km

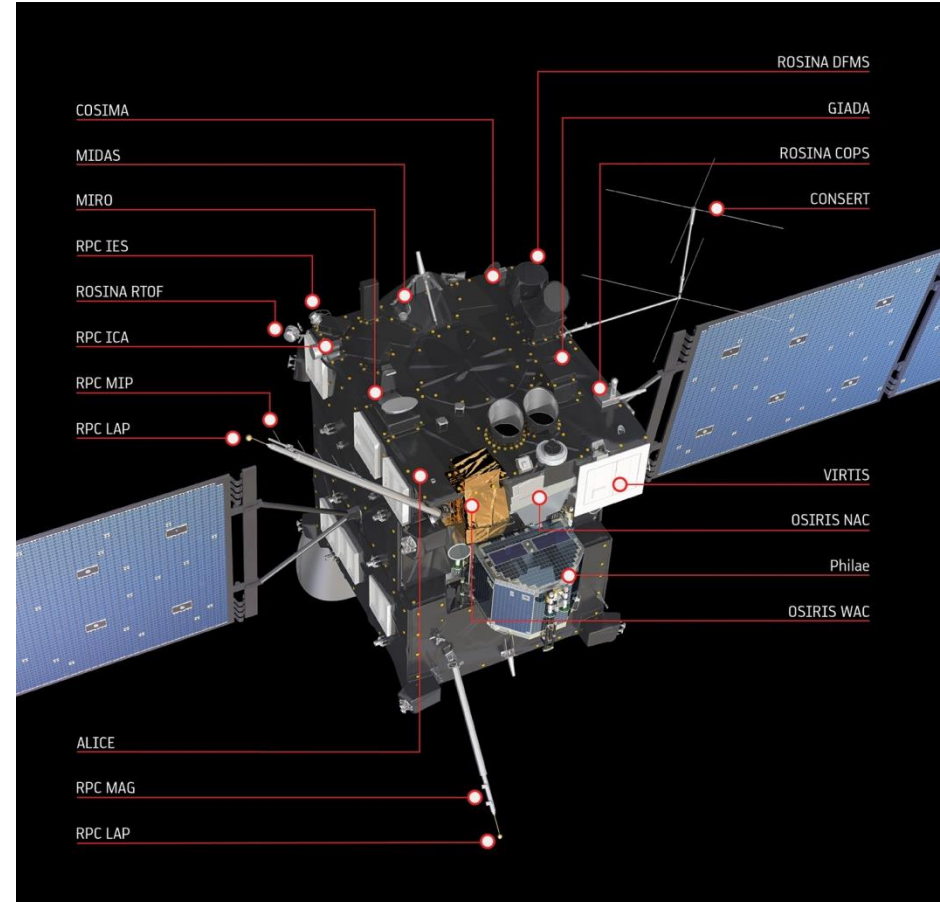
Rosetta - comet 67P/CG
5 439 321 km





Rosettan kiertolainen

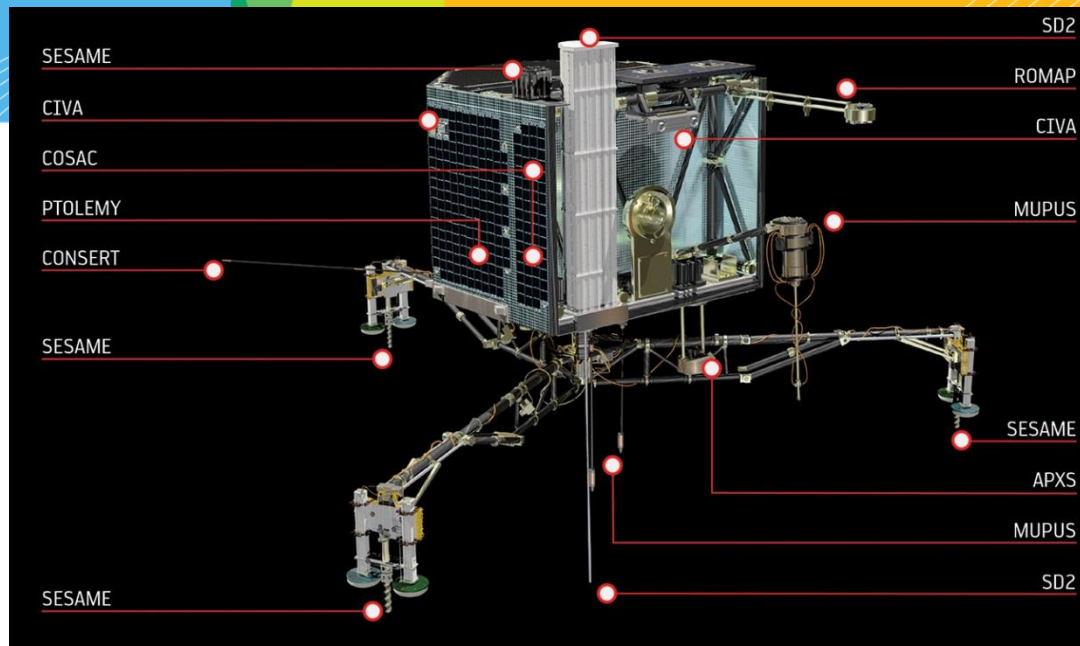
- Kiertolainen on 2.8 x 2.1 x 2.0 metriä kooltaan oleva alumiininen ”laatikko” (ilman aurinkopaneeleja)
- Tieteelliset mittalaitteet on sijoitettu laatikon ”yläosaan” (Payload Support Module), kun taas alijärjestelmät on sijoitettu ”pohjalle” (Bus Support Module)
- Aurinkopaneelit (2 kpl.) ovat kumpikin 32 m² kokoisia.
- 2.2 metrin antenni on yhdellä sivulla ja Philae-laskeutuja vastakkaisella sivulla.





Philae-laskeutuja

- Koostuu perusalustasta, instrumenttialustasta ja polygonaalisesta ”voileipä” rakenteesta.
- Materiaalina hiilikuitu
- Data antennilla kiertolaiseen
- Philae-laskeutuja on noin 100 kg kokoinen laskeutuja
- Päävastuun sen rakentamisesta on ollut DLR:llä, mutta myös mm. suomalaiset ovat osallistuneet sen tekemiseen (mm. IL.)
- Luotaimen saavuttua komeetalle ja laskeutuja on oikeassa asennossa komeettaan nähden, ”avataan” jalat ja aloitetaan laskeutuminen
- Laskeutumisen yhteydessä jalat joustavat ja ottavat vastaan suurimman osan laskeutumisshokista
- Heti kun laskeutuminen on tapahtunut, ammutaan komeetan pintaan harppuuna jolla Philae lopullisesti ankkuroidaan komeetan pintaan.





”Parhaat” palat tähän mennessä

Kolme kertaa siis on lennetty Maan ohitse:

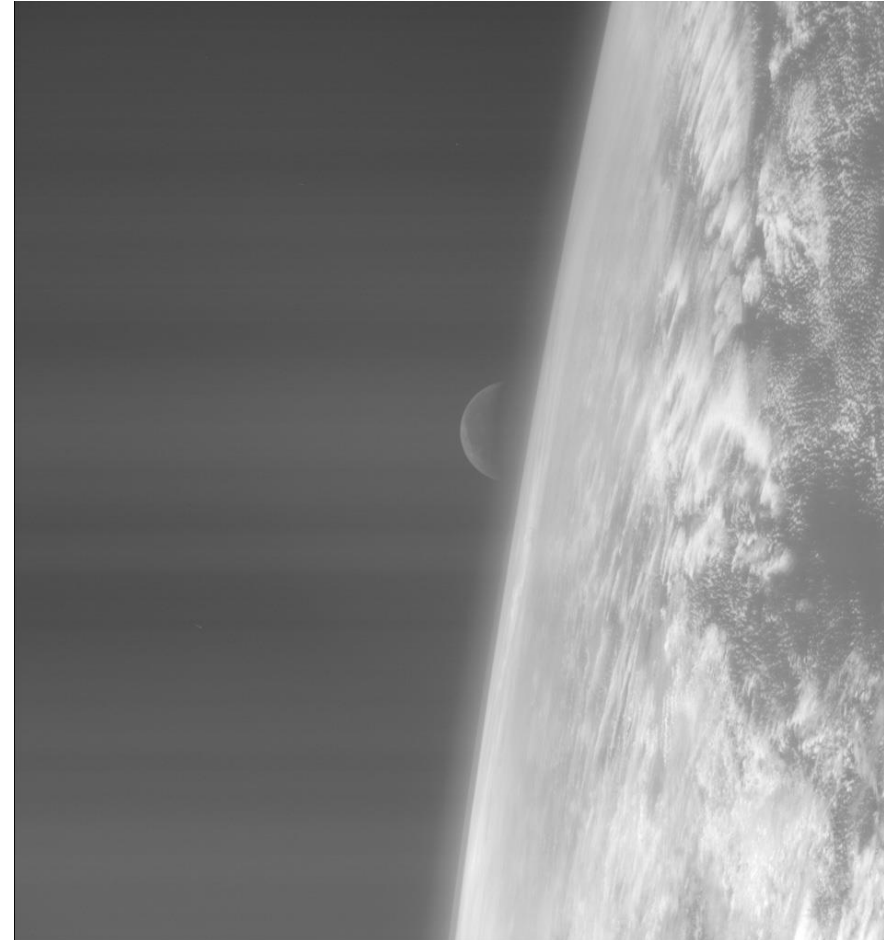
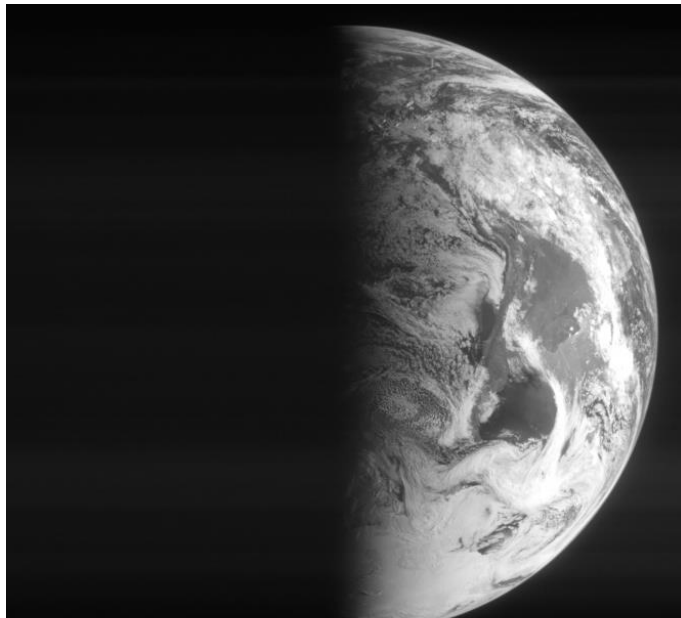
1. 4. Maaliskuuta 2005. Etäisyyttä Maasta oli noin 1955 km
2. 13. Marraskuuta 2007. Tällä kertaa mentiin hieman kauempaa, noin 5300 km päästä
3. Kolmas, ja siis viimeinen, Maan ohilento tapahtui 13. marraskuuta 2009

Tässä välissä tapahtuivat Marsin ja Steins-asteroidin ohilennot.



Ensimmäinen Maan ohilento vuonna 2005

- **Oikealla:** Kuu nousee tyynenvaltameren päälle 22:06 UTC, 4. maaliskuuta 2005. Kuva on otettu vain kolme minuuttia ennen kuin Rosetta oli lähimmillään Maata.
- **Alla:** Navigaatiokameran ottama kuva 12:47 UTC





Toinen Maan ohilento vuonna a 2007

Oheinen kuva on otettu Kuusta Rosettan navigaatiokameralla (NAVCAM) heti kohta sen jälkeen kun Rosetta oli lähimmillään Maata.

Kuva on otettu 00:17 CET 14. marraskuuta 2007, kun luotain oli noin 6250 km etäisyydellä Maasta.





Kolmas ja viimeinen Maan ohilento 2009



Viimeisen kerran Rosetta vieraili “kotona” 13. marraskuuta 2009.

Oheinen kuva on otettu OSIRIS “kapeakulmakameralla” 633 000 km päässä Maasta 12. marraskuuta 2009 kello 13:28 CET. Resoluutio on 12 km/pikseli. Kuva on koostettu kolmesta yksittäisestä oranssista, vihreästä ja sinisestä – filtterikuvasta.

Etelämantereen ääriverhat voi havaita pilvien alta. Lisäksi jää jota on rannikolla näkyy erinomaisesti johtuen sen voimakkaasta heijastumisesta.

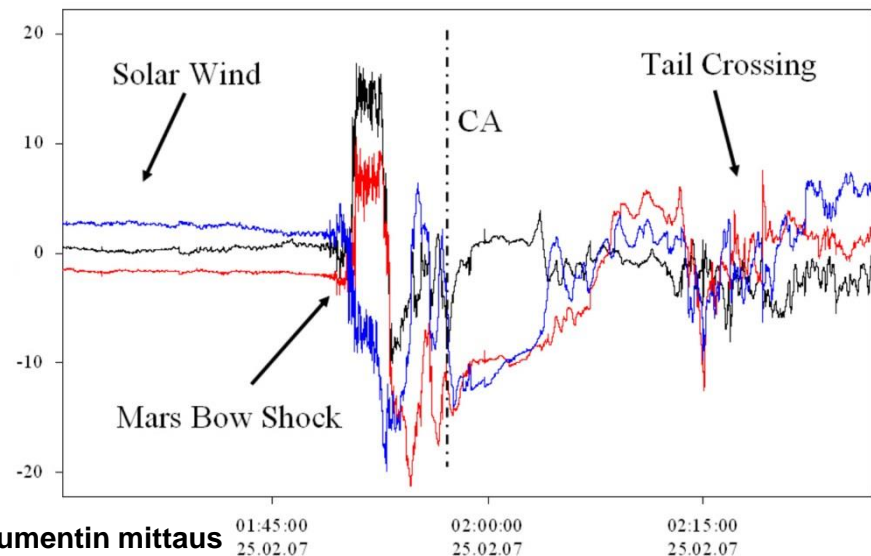


Marsin ohilento vuonna 2007



Rosetta vierailu kerran Marsin tuntumassa. Tämä tapahtui vuonna 2007.

Kuvan on ottanut CIVA kuvauslaite joka sijaitsee Rosettan Philae-laskeutujassa. Kuva on otettu vain neljä minuuttia ennen kuin luotain oli lähimmällään Marsia, noin 1000 km etäisyydellä. Kuvassa näkyy vähän itse Rosettaa ja sen aurinkopaneelista näkyy paljon yksityiskohtia. Marsista näkyy Mawrth Vallis –aluetta.

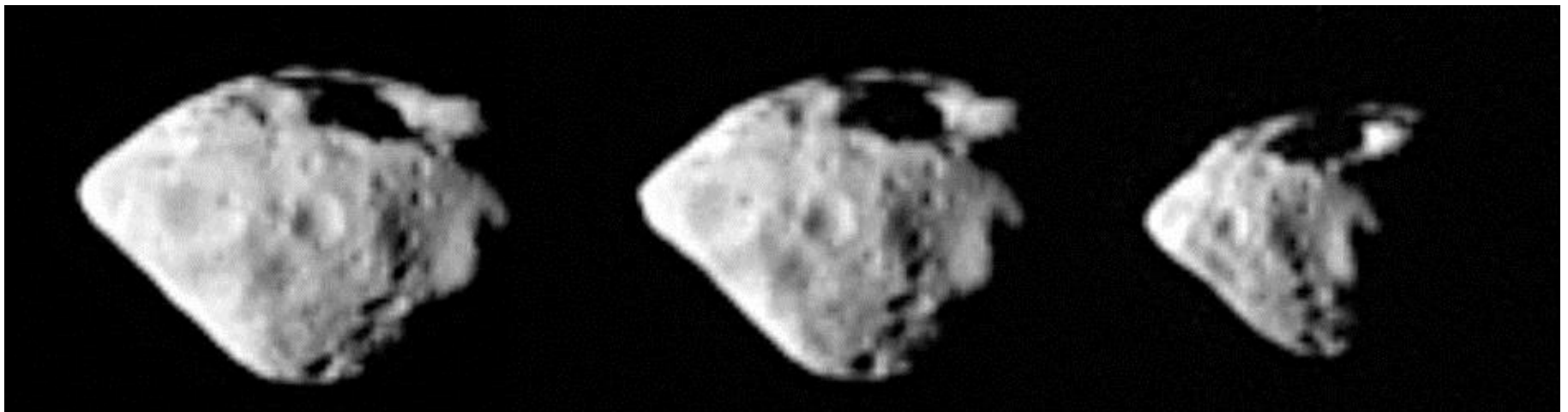




Steinsin ohilento vuonna 2008

Steins-asteroidilla vierailtiin pikaisesti 5. syyskuuta 2008. Oheinen kuva on otettu OSIRIS-kameralla noin 800 km etäisyydeltä. Koko asteroidilla on kuvien ja mittauksien mukaan noin 5 km, joka on hyvin linjassa ennakkoodotuksien kanssa.

Asteroidin “päällä” (tässä kuvassa) on asteroidin kokoon nähden todella suuri kraateri, jolla on kokoa noin 1.5 km. Tutkijat olivat ihmeissään, kuinka Steins on voinut selvitä ehjänä iskusta joka on aiheuttanut kraaterin



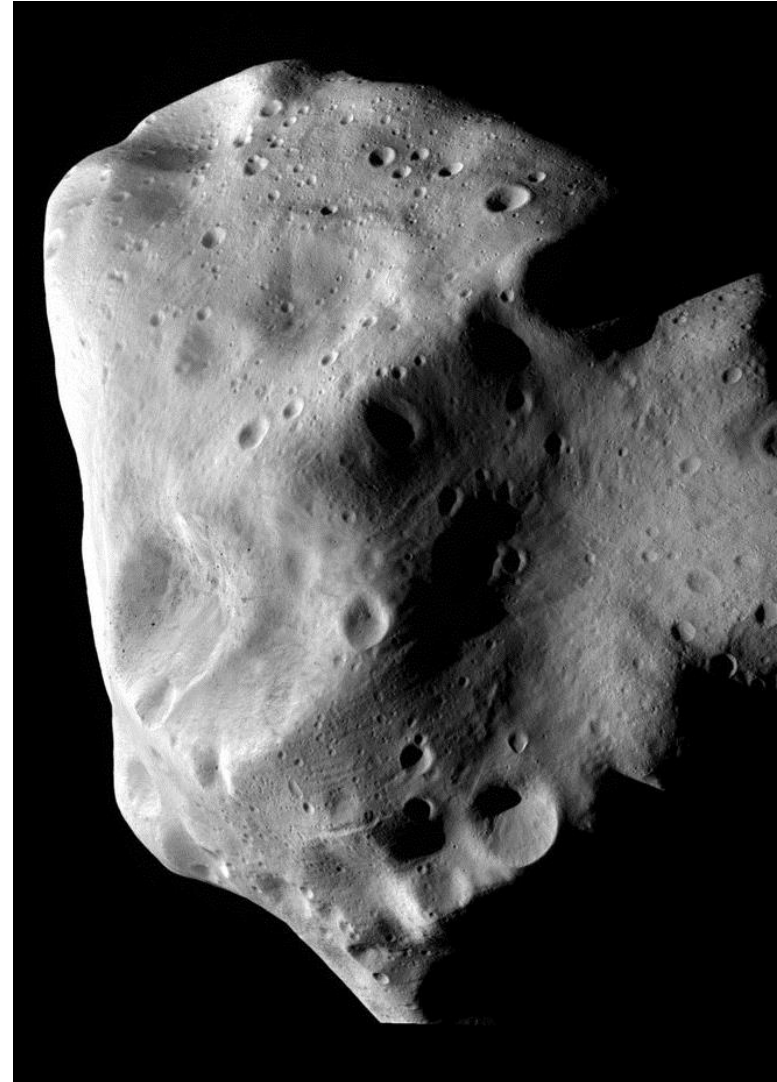


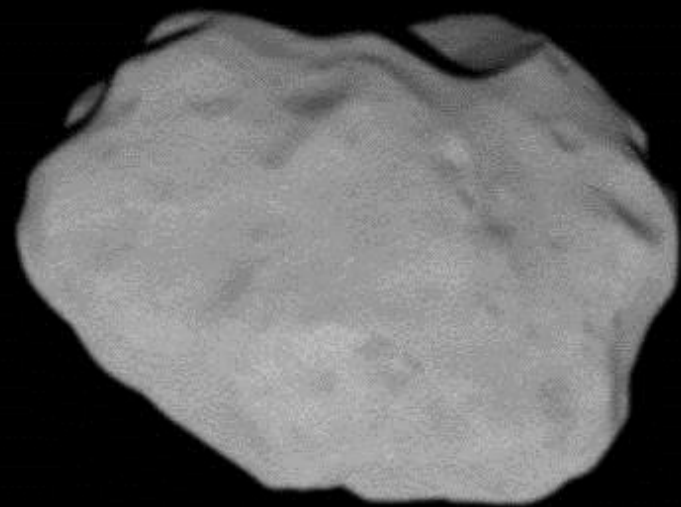
Lutetian ohilento vuonna 2010

Lutetian Rosetta saavutti 10. heinäkuuta 2010. Oheinen kuva on napattu silloin kun luotain oli lähimmillään asteroidia, noin 3100 km.

Lutetiasta ehdittiin havaita mm. jälkiä mahdollisista maanvyörymistä (iso kraateri vasemmalla). Lisäksi "pinnalla" havaittiin useita lohkareita.

Lutetian keskimääräinen läpimitta on noin 96 kilometriä niin sen pisin halkaisija on 134 km.







Ilmatieteen laitoksen kontribuutiot

Kiertolainen:

- RPC-ICA (DPU)
- RPC-LAP (DPU)
- RPC-MIP (EGSE)
- COSIMA (Softa, EGSE, Operaatio)

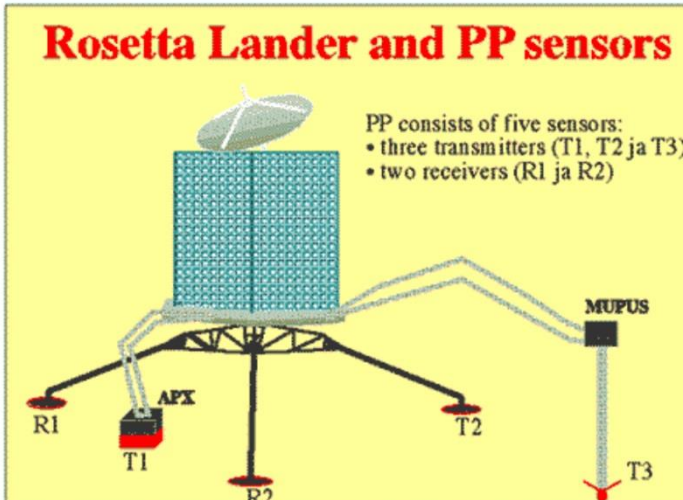
Philaen-laskeutuja:

- **PP (PI, electronics, software, operations)**
- **DPU Mass Memory**

Kokonaiskustannukset vuodesta 1995 vuoteen 2002 jolloin laitteet toimitettiin: noin 25 Mmark.



Permittivity Probe (PP)

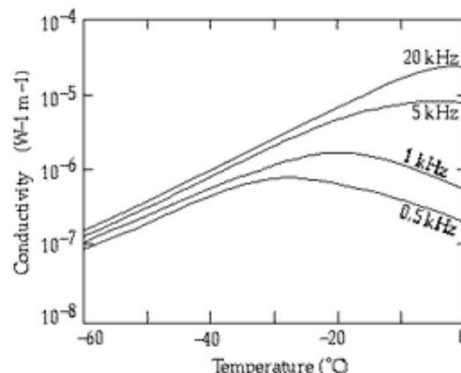
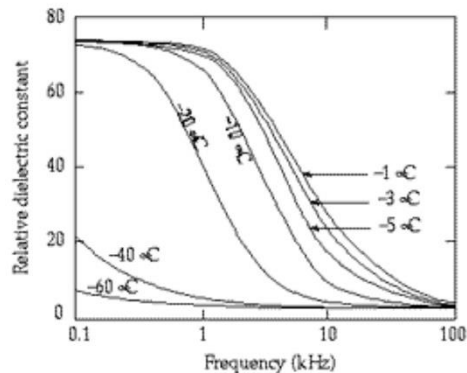


Complex Permittivity

The relative complex permittivity, ϵ , can be expressed in terms of conductivity, σ , and relative dielectric constant, ϵ_r , under the form

$$\epsilon = \epsilon_r - i \frac{\sigma}{2\pi \epsilon_0 f}$$

where ϵ_0 is the permittivity of vacuum, and f the working frequency.

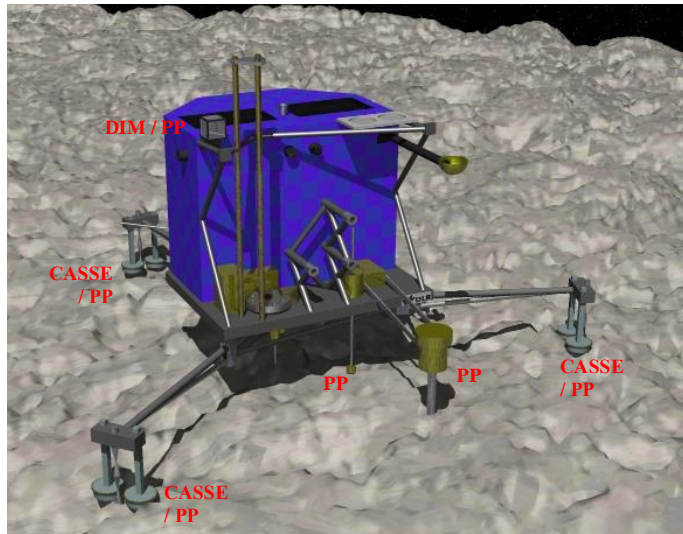


Kvadrupolianturi jossa on kaksi kiinteää vastaanotinta differentiaalisille potentiaaleille ja kolme lähetintä joista kaksi on käytössä.

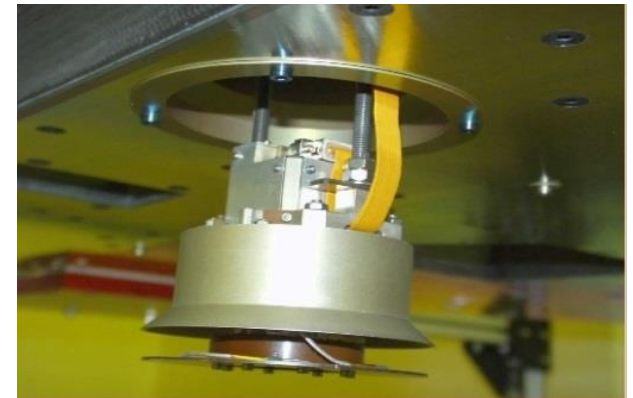
PP mittaa komeetan pintakerroksen kompleksista permittiivisyyttä (ϵ) syöttämällä vaihtovirtaa kahden navan välille ja mittaamalla indusoituneen potentiaalieron ja sen vaiheen kanden muun navan avulla.



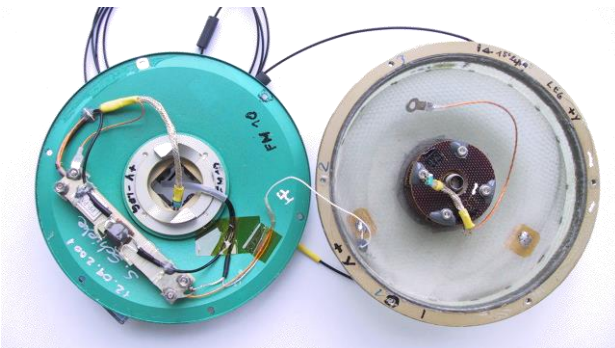
Permittivity Probe (PP)



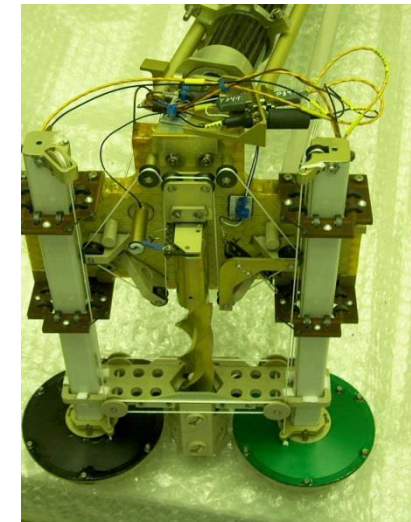
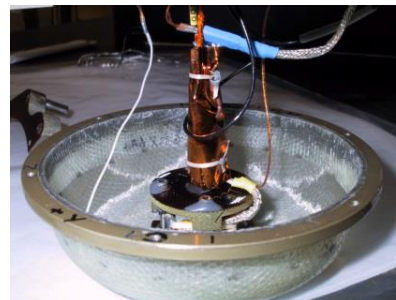
MUPUS PEN



APXS:n kannessa

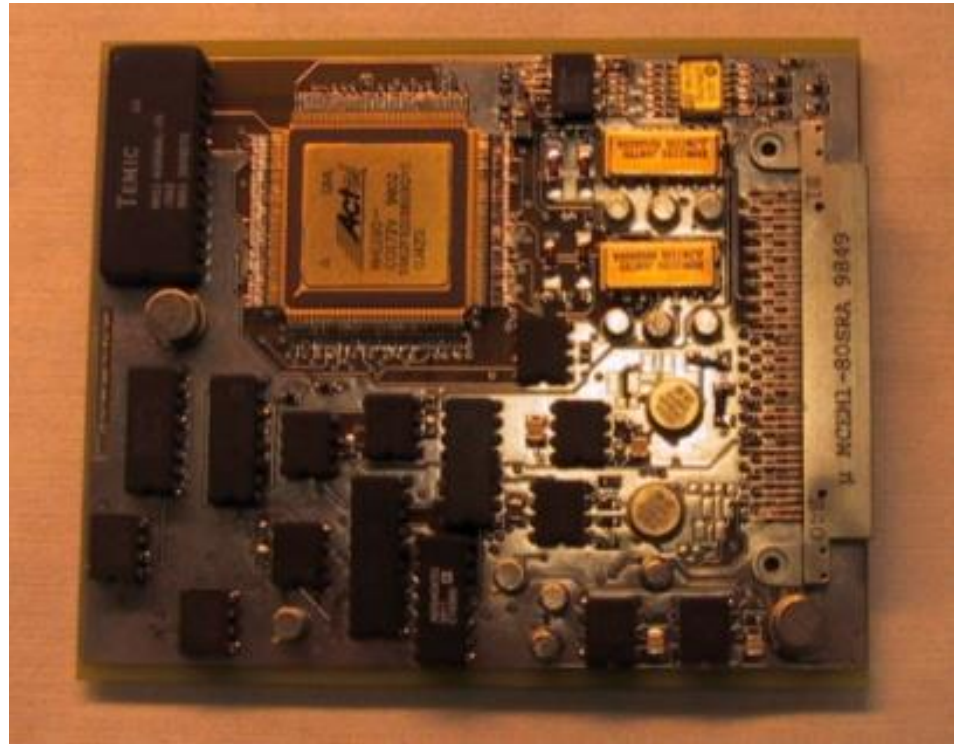


Philaen jaloissa olevat PP:t avattuna.





Permittivity Probe (PP)



Permittivity Probe elektroniikka

Yksi osa Philaen SESAME mittalaitepakettia

Tekniikkaan liittyviä yksityiskohtia:

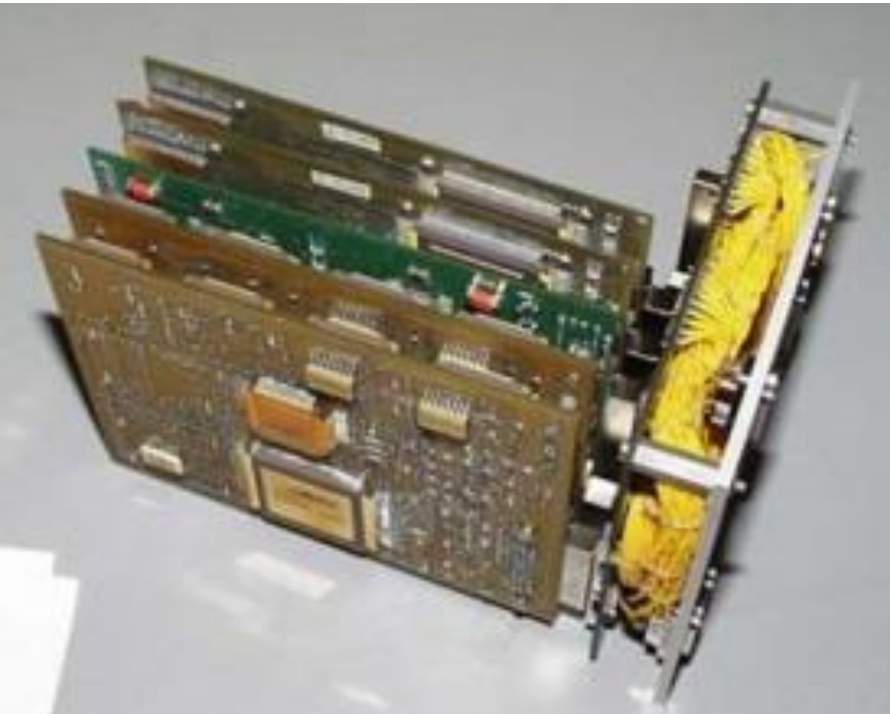
- Kello voidaan ottaa pois päältä, jos sitä ei tarvita → energiansäästöä mm.
- Erilliset tehonsyötöt kullekin moduulille. Aktivoidaan vain se mitä tarvitaan kulloinkin:
 - Täysin digitaalinen 10 Hz – 20 Hz lähetin
 - 2-kanavainen vastaanotin synkronisoidulla lähetin virralla
 - Differentialiinen vastaanotin jännite
 - Vaiheensiirron monitorointi
- Kehitetty ja rakennettu IL:n ja Environics Oy:n (Mikkeli) toimesta



Philaen massamuisti

Innovatiivista teknologiaa. Esimmäinen FGPA-pohjainen järjestelmä avaruudessa.

- Itsenäinen tiedonsiirronhallinta telemetrialähttimelle
- Automaattinen uudelleenlähetys virhetilatapauksessa
- Virransäästötila automaattisesti kytkee pois kellon, jos sitä ei tarvita
- Kehitetty ja rakennettu Ilmatieteen laitoksella



Itsenäinen Philaen massamuisti (14.6 Mbyte SRAM ja EEPROM)



Ilmatieteen laitoksen kontribuutiot

Kiertolainen:

- **RPC-ICA (DPU)**
- **RPC-LAP (DPU)**
- **RPC-MIP (EGSE)**
- **COSIMA (Softa, EGSE, Operaatio)**

Philaen-laskeutuja:

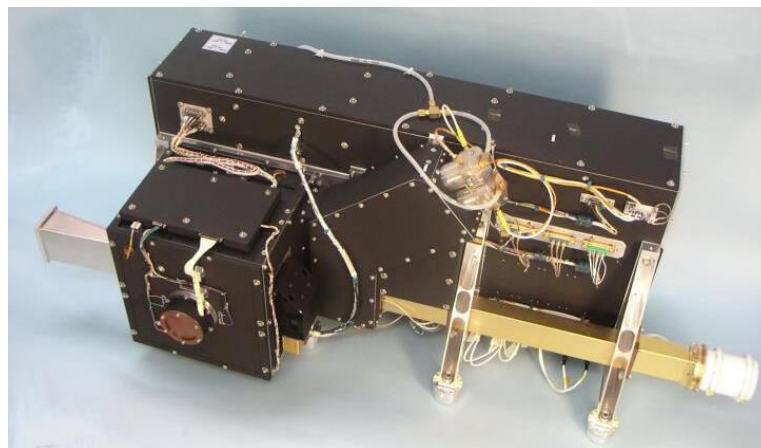
- PP (PI, electronics, software, operations)
- DPU Mass Memory



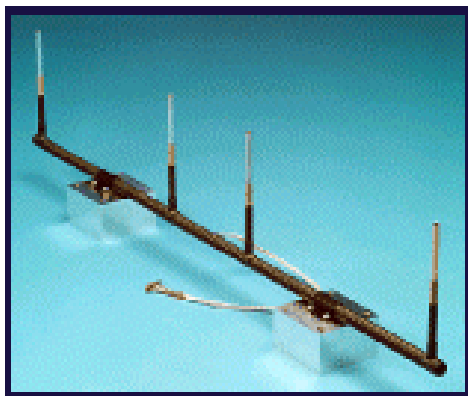
Muut mittalaitteet joihin IL on osallistunut

Dust Analyser COSIMA: **C**ometary
Secondary **I**on **M**ass **A**nalyzer

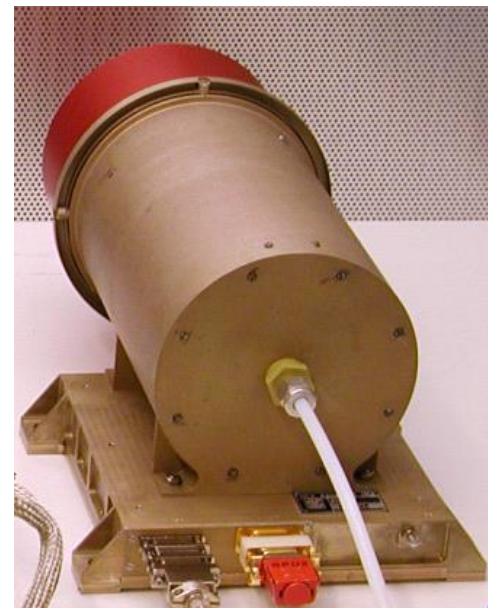
Langmuir **P**robe



Mutual **I**mpedance **P**robe

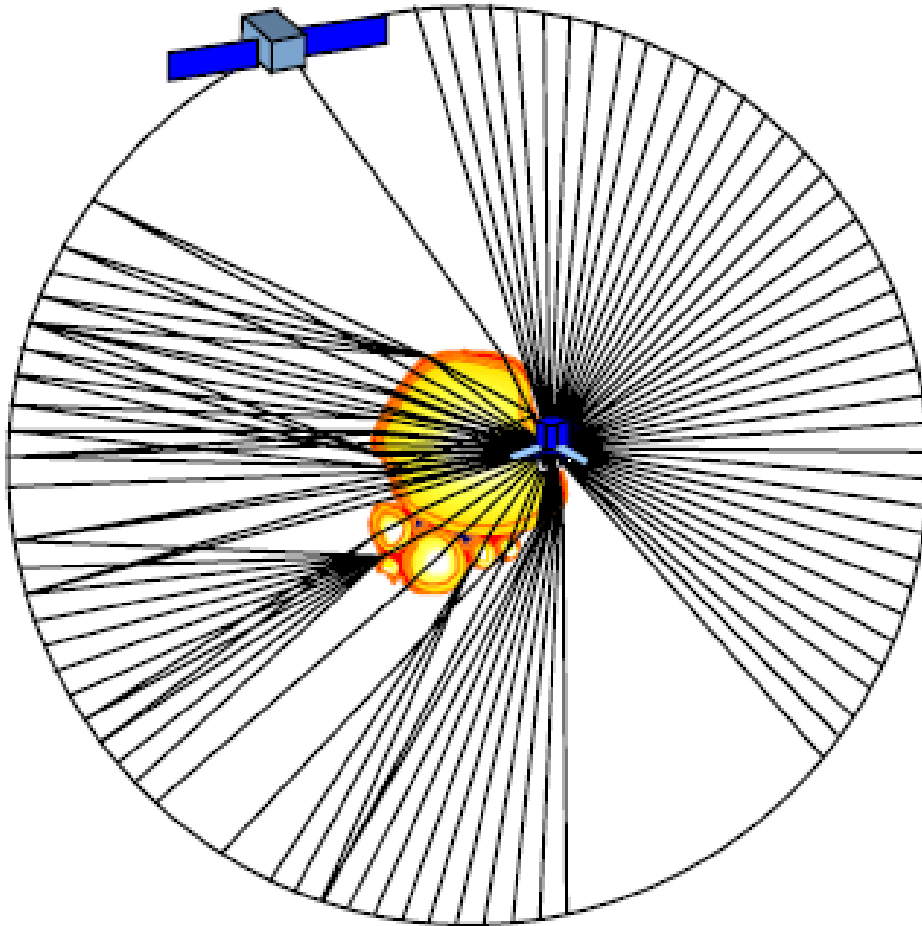


Ion
Composition
Analyzer





Tutkimus – Komeetan kerroskuvaus (CONSERT)



Comet Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission

- Kiertolainen lähettää 90 MHz:n 25 μ s radiopulsseja komeetan läpi Philaelle.
- Pulssi on vaihemoduloitu pseudokoodattua
- Philaen lähettää vastaanotetun signaalin takaisin kiertolaiselle
- Lisäksi Philae digitalisoi, kerää ja pakkaa signaalin
- Komeetan ytimen materiaali aiheuttaa vaihe ja amplitudi –muutoksia signaaliin
- “Avaruudellinen” resoluutio on noin 20 metriä

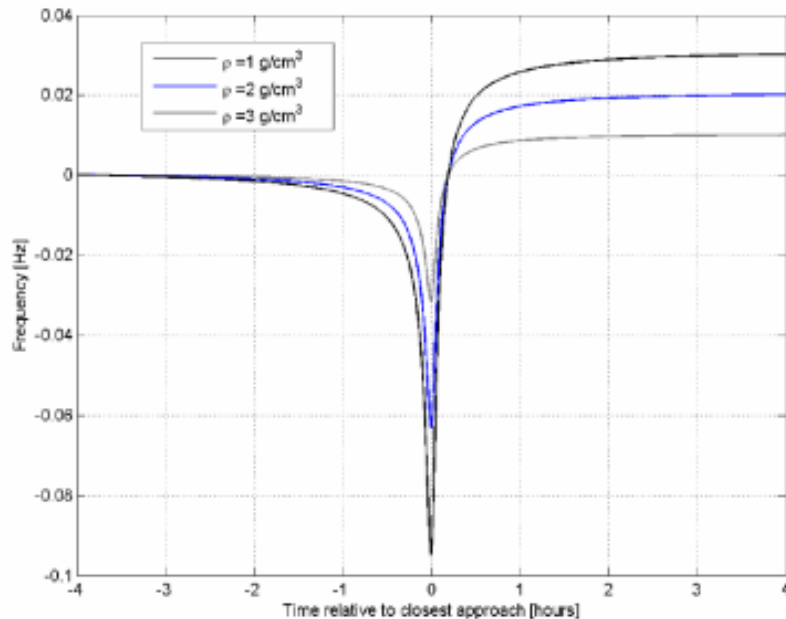


Tutkimus – Tarkka massamäärittäminen radiolla

RSI (Radio Science Investigation)

Mittalaite määrittää asteroidin tai komeetan massan, tiheyden ja painovoiman lyhyen matkan päästä lentäessään.

Simulation: dependence on mass



Taajuussiirtymät tietyille oletetuille tiheyksille.

Periaate:

- Asteroidin vetovoima (gravitaatio) häiritsee kiertolaisen liikettä
 - Häiriötä kiertolaisen nopeuteen
 - Häiriötä suhteelliseen nopeuteen
 - Häiriötä dopplertaajuuteen (taajuussiirtymää)
- Signaalia verrataan häiriöttömään simuloituun taajuussiirtymään
- “Resoluutio” noin 3% massavirhettä
- Perusedellytys: Ultra stabiili oskillaattori kiertolaisessa ja maassa. 10-100 sekuntin integrointiaika.



Yhteystiedot

- Harri Haukka
ERIK PALMÉNIN AUKIO 1
00560 HELSINKI
Puh. +358 44 340 6510
harri.haukka@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi