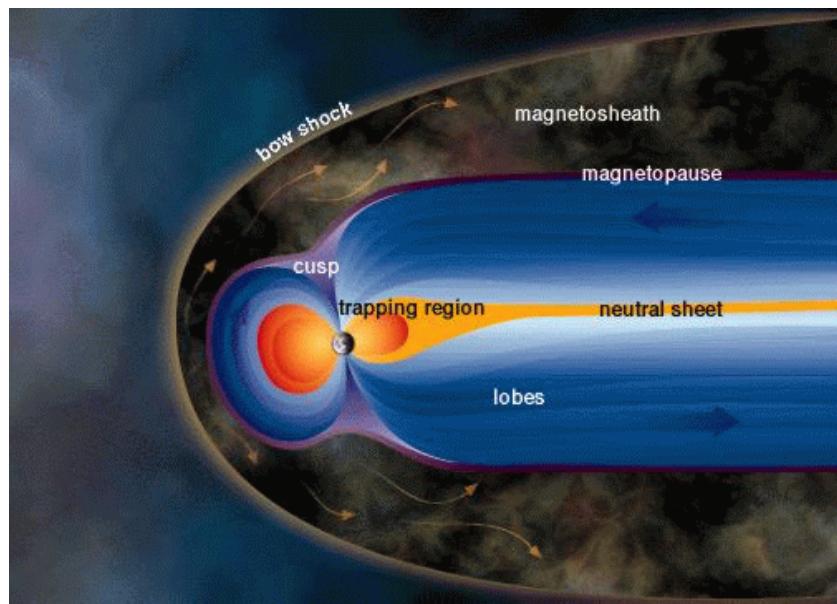


Fizica Plasmei Spațiale din Date SatelităRE (FIRE)

O. Marghitu, H. Comișel, M. Echim,
D. Constantinescu, A. Blăgău, M. Ciobanu

Institutul Național pentru Fizica Laserilor
Plasmei și Radiației
Institutul de Științe Spațiale

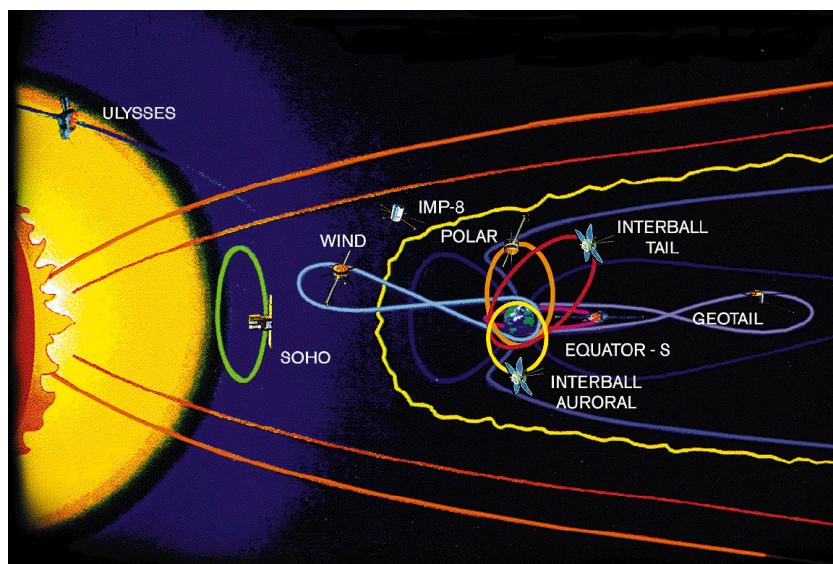


Program Aero spațial
Subprogram Explorari Spațiale
27–28 Iunie, 2002

1. Objective

1. Contribuție la exploatarea științifică a datelor achiziționate de misiunile spațiale:

- CLUSTER — sci.esa.int/cluster
- INTERBALL — www.iki.rssi.ru/interball
- FAST — plasma2.ssl.berkeley.edu/fast
- EQUATOR-S — www.mpe.mpg.de/EQS



2. Investigarea sistemului *vânt solar – magnetosferă – ionosferă*.
3. Pregatire pentru participarea la programul PECS al ESA

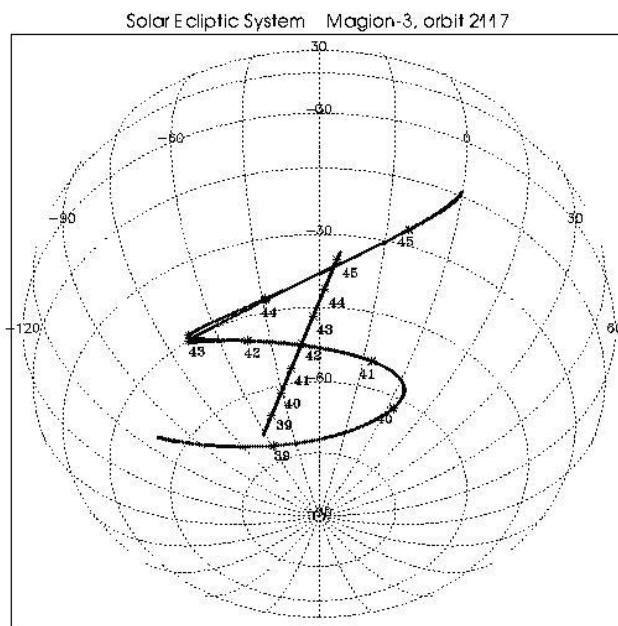
2. Descriere

Tematici științifice abordate de proiectul FIRE:

- Metode de determinare a orientației satelitare — date MAGION-5
- Fascicule de ioni energetici de origine terestră — date FAST, CLUSTER
- Instabilitatea de tip oglindă magnetică — date EQUATOR-S, CLUSTER
- Transferul de energie, impuls și masă între vîntul solar și magnetosferă — date CLUSTER, INTERBALL

2a. Metode de determinare a orientației satelitare

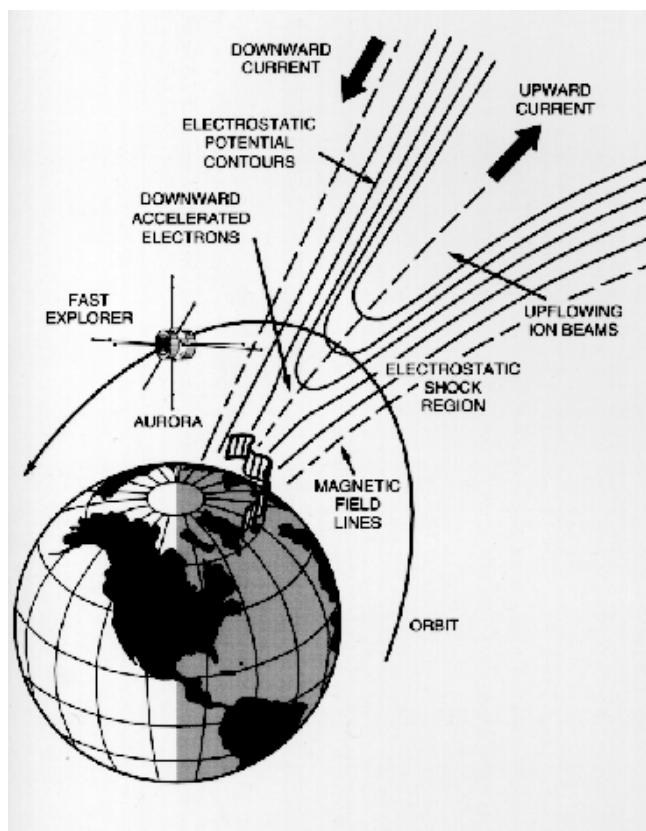
- Utilizează date de câmp magnetic și informație adiacentă produsă de senzori specializați (Soare, Pamânt)
- Atunci când factori perturbativi afectează informația adiacentă este necesară utilizarea de metode numerice speciale
- Folosind datele magnetometrului românesc SG-R7 și o metodă de modelare dinamică s-a determinat atitudinea sateliștilor MAGION-2 și MAGION-3, deși informația adiacentă a fost limitată.



- Caracter de noutate:
 - Condiții orbitale și dinamice diferite în cazul MAGION-5
 - În modelul de câmp magnetic trebuie inclusă și componenta externă (Tsyganenko) pe langă cea internă (IGRF)

2b. Fascicule de ioni energetici de origine terestră

- Extrase din ionosferă de câmpul electric paralel din Regiunea de Accelerare Aurorală (RAA), $\sim 70^\circ$ lat., $\sim 0.5 - 2R_E$ alt.

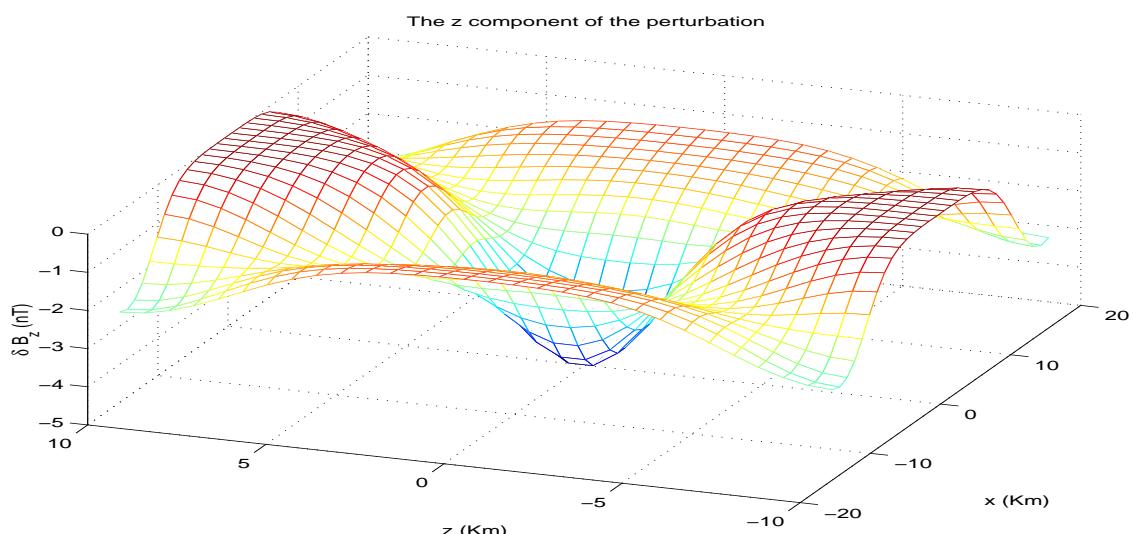


<http://www-ssc.igpp.ucla.edu/fast>

- Investigarea câmpului electric paralel prin compararea datelor de spectrometria plasmei cu datele de câmp electric.
- Rezoluția temporală a spectrometrului de ioni de pe FAST permite obținerea a 100–200 puncte de masură per fascicul ionic.
- Caracter de noutate:
 - Investigarea structurii interne a fasciculelor ionice
 - Aplicarea de metode statistice în studii de caz
 - Studiul conjugat al datelor FAST și CLUSTER

2c. Instabilitatea de tip oglindă magnetică (OM)

- Identificată în magnetosfera terestră și în spațiul interplanetar.
- A fost elaborat un model teoretic care descrie geometria 3D a OM



- Elaborarea codului numeric destinat identificării amprentei OM.
- Caracter de noutate:
 - Identificarea geometriei 3D a OM în datele experimentale. Studiile anterioare folosesc modele 1D.
 - Determinarea anizotropiei și a parametrului β al plasmei din caracteristicile geometrice ale OM.

2d. Transferul de energie, impuls si masă intre vântul solar si magnetosferă

- Modele propuse: reconexiune magnetică, instabilitate Kelvin-Helmholtz, difuzie perpendicular pe câmpul magnetic, pulsuri de presiune, penetrare impulsiva.
- Rolul proceselor colective în propagarea unei neomogenități de plasmă (plasmoid) din vântul solar.
- Decuplarea mișcării plasmei de “mișcarea” liniilor de câmp magnetic datorită câmpului electric paralel cu câmpul magnetic.
- Caracter de noutate:
 - Demonstrarea teoretică și experimentală a existenței câmpului electric paralel la frontieră plasmoidului.
 - Discriminare între fenomenele temporale și cele spațiale posibilă datorită misiunii CLUSTER.

3. Stadiu de realizare

- **Metode de determinare a orientației satelitare**

Realizat:

- Determinari ale câmpului magnetic observat și de model pentru satelitul MAGION 5
- Modelarea dinamică a mișcării satelitului MAGION 5

În pregatire:

- Determinarea orientației triaxiale a satelitului MAGION 5

- **Fascicule de ioni energetici de origine terestră**

Realizat:

- Definirea metodologiei de investigare a structurii interne a fascicolelor ionice

În pregatire:

- Studiul corelației între seturile de date FAST și CLUSTER

- **Instabilitatea de tip oglindă magnetică**

În desfasurare:

- Identificarea structurilor de tip OM în datele experimentale

În pregatire:

- Identificarea structurilor de tip OM în datele experimentale utilizând măsuratori simultane în puncte separate spațial

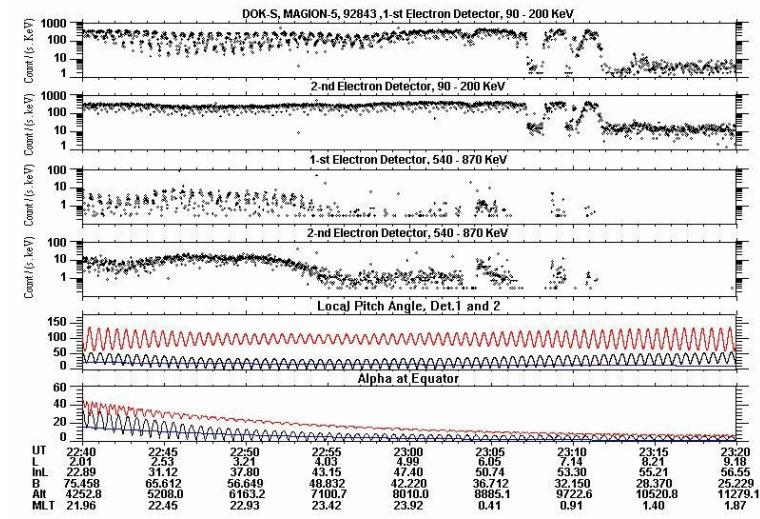
- **Cuplajul vânt solar – magnetosferă**

În pregatire:

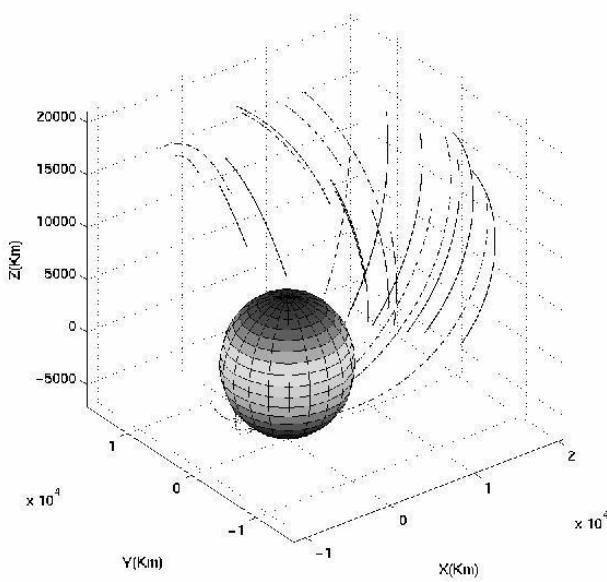
- Rolul proceselor colective în propagarea unei neomogenități de plasmă din vântul solar

3a. Metode de determinare a orientației satelitare

- Câmpul magnetic în sistemul satelitului și unghiul de înclinare al electronilor măsurați de spectrometrul DOK-S – studiu anterior proiectului FIRE (Kudela et al., 2000)

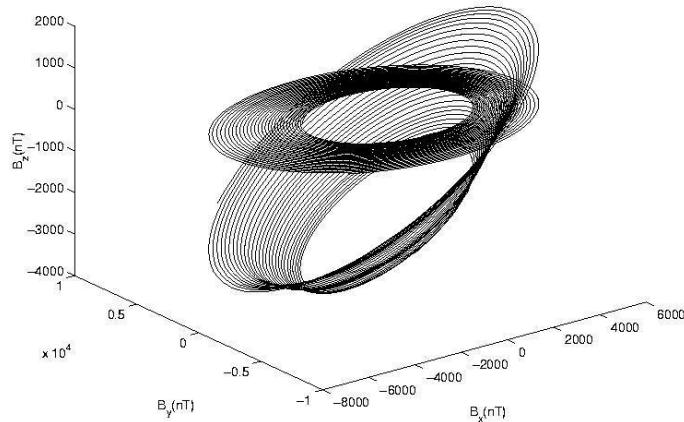


- Evaluări balistice ale traiectoriei MAGION 5

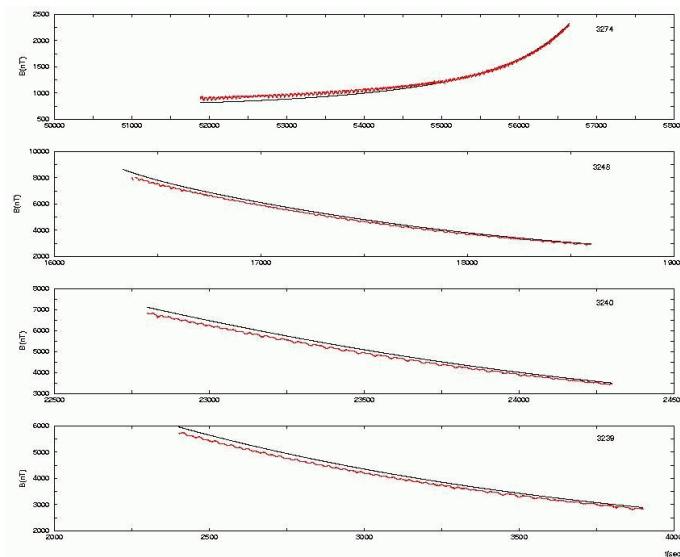


3a. Metode de determinare a orientației satelitare

- Câmpul magnetic în sistemul satelitului, Orbita 3240

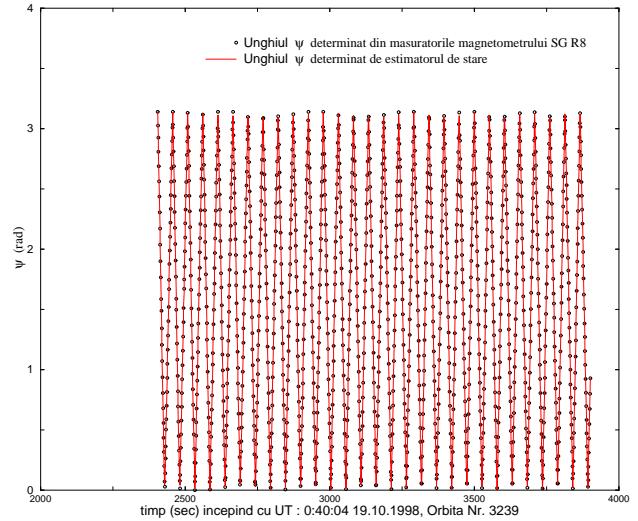
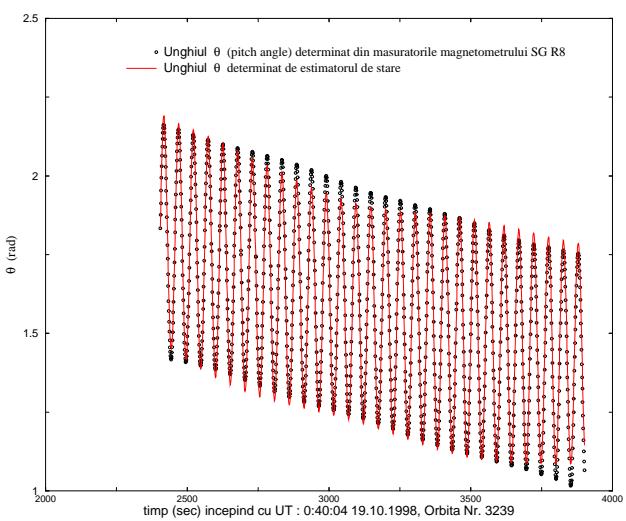


- Comparație între modulul câmpului magnetic observat și model (Ciobanu et al., 2002)



3a. Metode de determinare a orientației satelitare

- **Estimatorul de stare batch**
- Vectori de Stare: 4 quaternioni, 3 viteze unghiulare, 4 momente de inerție, 1 coeficient de vîscozitate
Măsurări : date magnetometrice triaxiale
Integrator: metoda Runge Kutta de ordin 4
Modele teoretice folosite pentru observabile: câmpul geomagnetic IGRF 1995 (pîna la a 10-a armonică sferică)
- Unghurile Euler calculate direct din datele magnetometrice și valoările obținute de estimatorul batch pentru orbita 3239 (Comisel, 2002).



3b. Fascicule de ioni energetici de origine terestră

- Arcele aurorale sunt produse de electroni accelerati in RAA, care interactioneaza cu particulele din atmosfera.

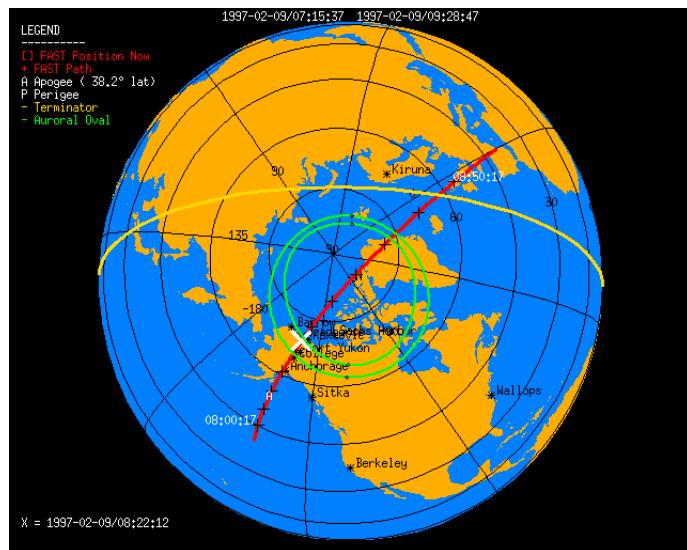


<http://www.geo.mtu.edu/weather/aurora>

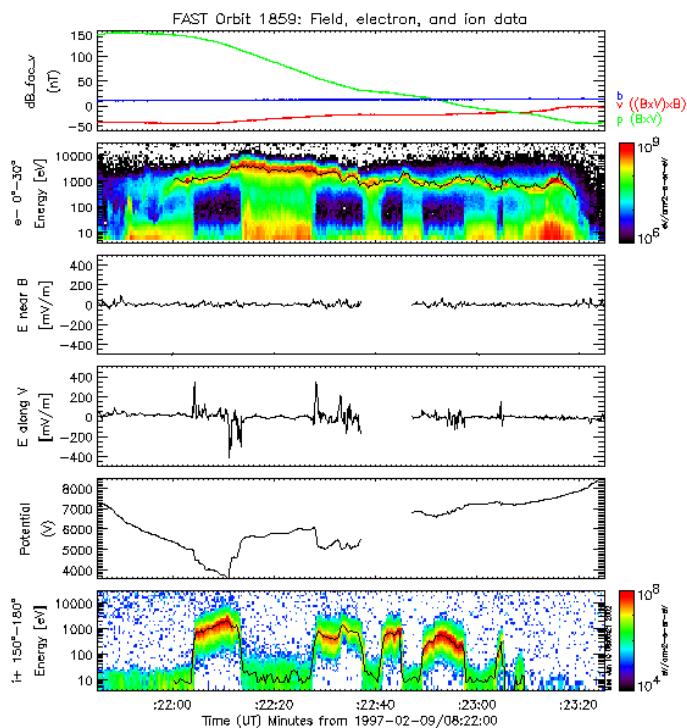
- Acelasi camp electric care accelereaza electronii spre Pamant, accelereaza ionii in sus, indepartandu-i de Pamant.
- Deși nu există o legătură directă între aurore și fascicule, datele experimentale sugerează asocierea fasciculelor la altitudini mai joase cu dezvoltarea arcelor aurorale (Marghitu et al., 2001).
- Tinând cont de faptul că arcele au de multe ori o structură a carei scală poate coborî sub 1km, problema structurii interne a fasciculelor de ioni are sens.

3b. Fascicule de ioni energetici de origine terestră

- Definirea metodologiei de investigare a structurii interne a fasciculelor ionice s-a făcut pe orbita FAST 1859, pentru care există și date optice, măsurate la sol.

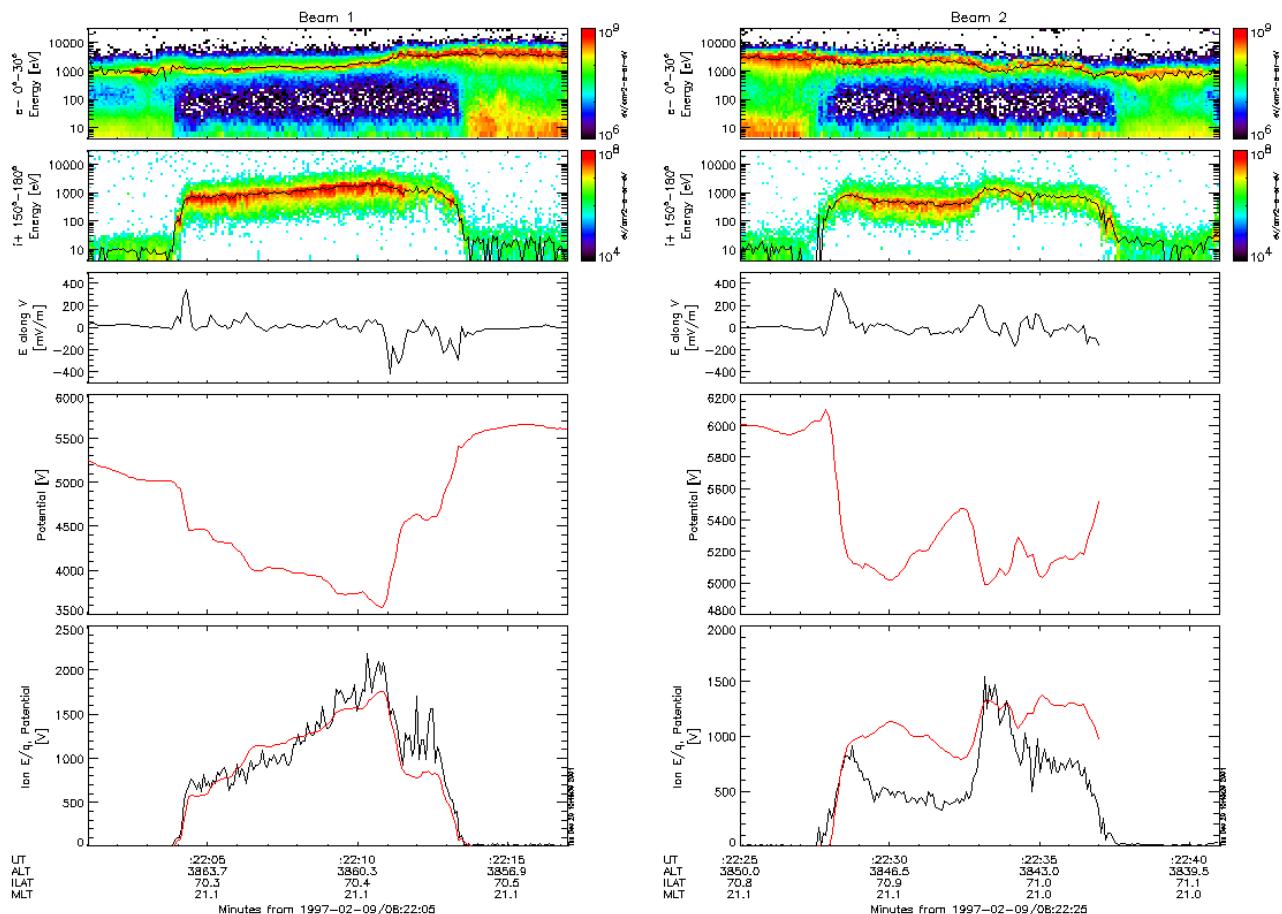


- Setul de date FAST cuprinde măsuratori de: câmp magnetic, electroni, câmp electric, ioni.



3b. Fascicule de ioni energetici de origine terestră

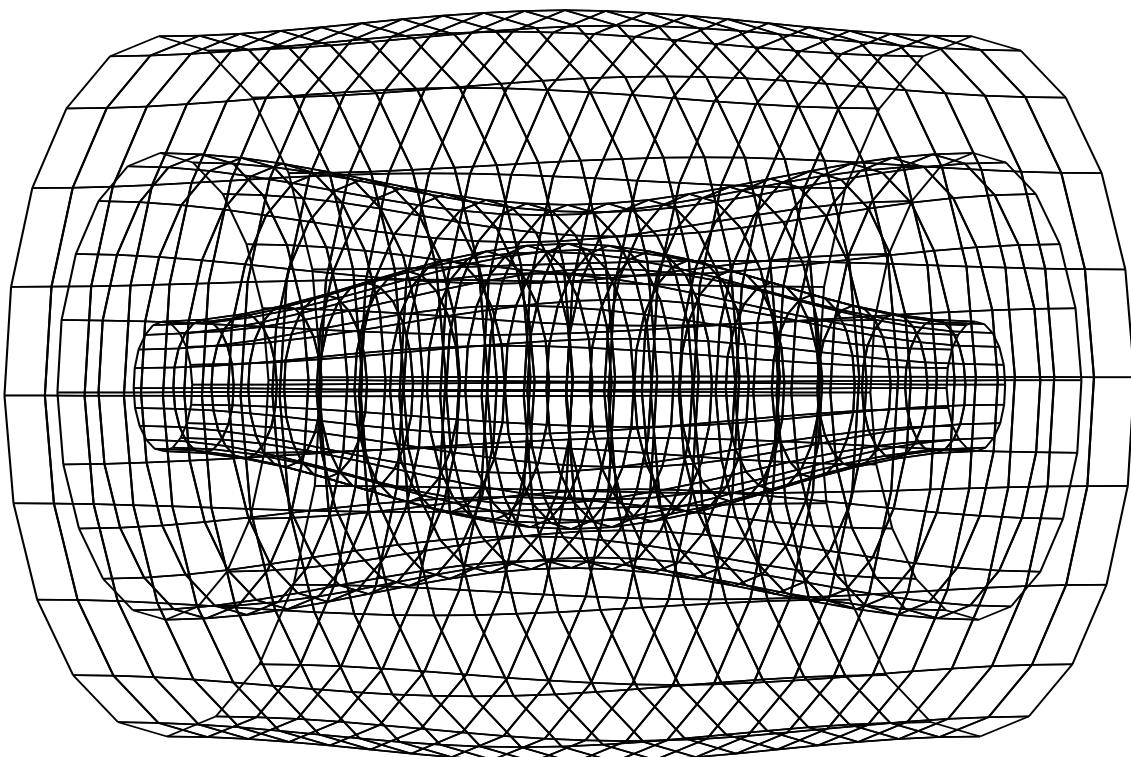
- Au fost analizate in detaliu două fascicule ionice.



- Deși energia cinetică a ionilor este în acord rezonabil cu potențialul, apar și diferențe.
- Analiza de corelație, posibilă datorită statisticii bune de masură, permite sistematizarea observației calitative și exprimarea ei în formă cantitativă.
- Studiul calitativ împreună cu analiza cantitativă a fost repetat pentru mai multe orbite FAST.

3c. Instabilitatea de tip oglindă magnetică

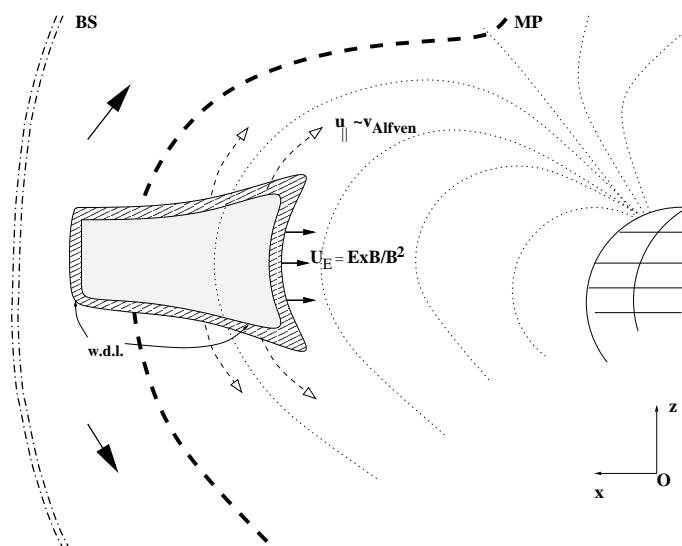
- Modelul teoretic al oglinzilor magnetice prezice o structură geometrică complexă care depinde în principal de anizotropie și parametrul β al plasmei (D. Constantinescu, 2001)



- În realizarea fitului trebuie ținut seama de poziția și orientarea structurii în raport cu traекторia satelitului, de parametrii geometrici ai structurii precum și de caracteristicile plasmei. Numarul mare de parametrii liberi rezultați conduce la dificultăți teoretice și tehnice.
- Utilizarea masurătorilor multisatelit elimină o parte din dificultățile amintite la punctul precedent și mărește confidența în rezultatele fitului.

3d. Cuplajul vânt solar – magnetosferă

- Observarea sistematică (Sibeck et al., 2000) a unei diferențe pozitive a densității plasmei ($\frac{\Delta\rho}{\Delta x_{GSE}} > 0$) în regiuni magnetosferice adiacente magnetopauzei.
- Model teoretic pentru expansiunea neomogenităților penetrante din vântul solar: propagarea straturilor duble de pe frontieră cu o viteza mai mică sau egală cu viteza Alfvén (Echim și Lemaire, 2001)



4. Contribuția FIRE la programul AEROSPATIAL

- Investigarea de procese fundamentale în plasma spatială, care nu pot fi reproduse în condiții de laborator.
- Participare nemijlocită la exploatarea științifică a datelor obținute în cadrul programului internațional IASTP (Inter-Agency Solar Terrestrial Program).
- Acces la instrumente hard și soft de ultimă generație. Experțiza în domeniul calculului numeric și al simulărilor orientate spre aplicații spațiale.
- Consolidarea unui grup de cercetare apt să comunice eficient în cadrul comunității științelor spațiale, în condițiile în care informația spațială tinde să intre tot mai mult în cotidian (space weather).
- Limitarea fenomenului de brain-drain, prin crearea unui cadru stabil și civilizat de lucru într-un institut românesc.

5. Perspective

- Realizarea obiectivelor proiectului FIRE va permite o mai bună integrare a grupului de magnetometrie și plasmă spațială (GMPS) din cadrul ISS în comunitatea științelor spațiale
- Proiectul FIRE este o componentă importantă în susținerea logistică minimală, necesară menținerii și dezvoltării colaborărilor internaționale ale GMPS:
 - Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching, Germania
 - Belgian Institute for Space Aeronomy, Bruxelles, Belgia
 - Institute of Atmospheric Physics, Praga, Cehia
 - Institute of Experimental Physics, Košice, Slovacia
 - Institut für Geophysik und Meteorologie, Braunschweig, Germania
 - University of California, Berkeley, Statele Unite
- Derularea cu succes a proiectului FIRE poate conduce la inițierea unor acțiuni comune de Cercetare–Învățământ cu Facultatea de Fizică a Universității București

Bibliografie

1. Ciobanu, M. et al., *Magnetic field data bases: Magion 2, 3, 4 & 5 satellites*, COSPAR Interball Colloquium, Sofia, Februarie 2002.
2. Comisel, H., *Modelarea dinamica a miscarii satelitului Magion 5*, Raport FIRE, Februarie 2002.
3. Constantinescu, D., *Self-consistent model of mirror structures*, J. Atm. Sol.-Terr. Phys., 64, 645-649, 2002.
4. Echim, M. et Lemaire, J., *Advances in the kinetic treatment of the Solar Wind Magnetosphere Interaction: the Impulsive Penetration Mechanism*, The AGU Chapman Conference on LLBL and its Interaction with the Solar Wind and Magnetosphere, New Orleans, Aprilie 2001.
5. Kudela, K. et al., *Angular distributions of high energy electrons on Magion 5*, 2000.
6. Marghitu, O. et al., *Observational evidence for a potential relationship between visible auroral arcs and ion beams – A case study*, Phys. Chem. Earth, 26, 223-228, 2001.
7. Sibeck, D.G. et al., *Two-point measurements of the magnetopause: Interball observations*, J. Geophys. Res., 105, 237, 2000.