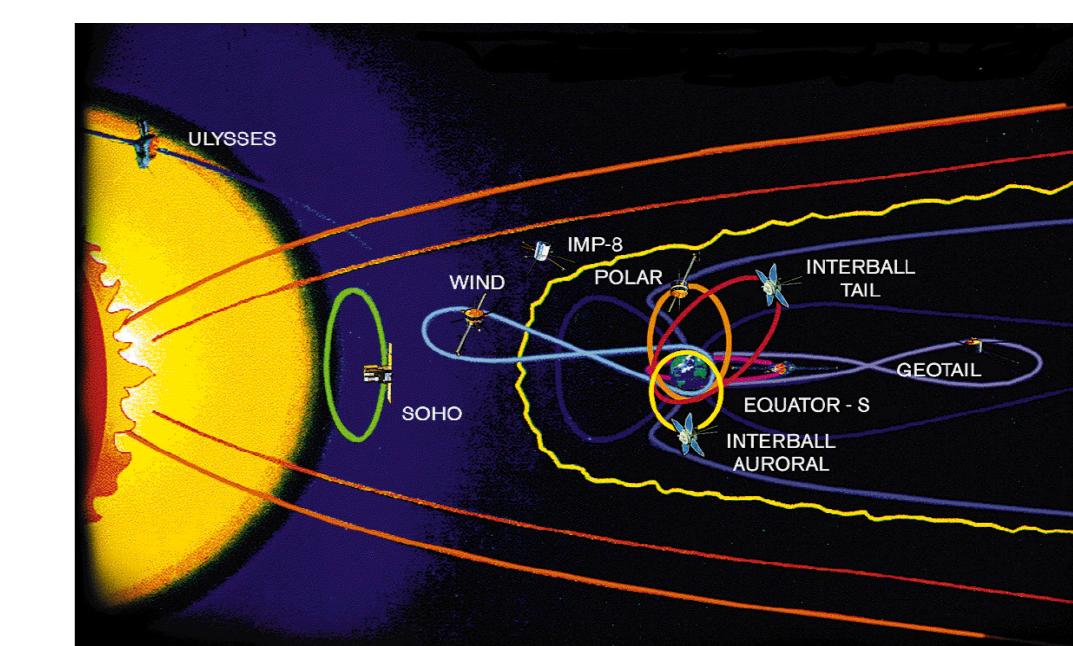
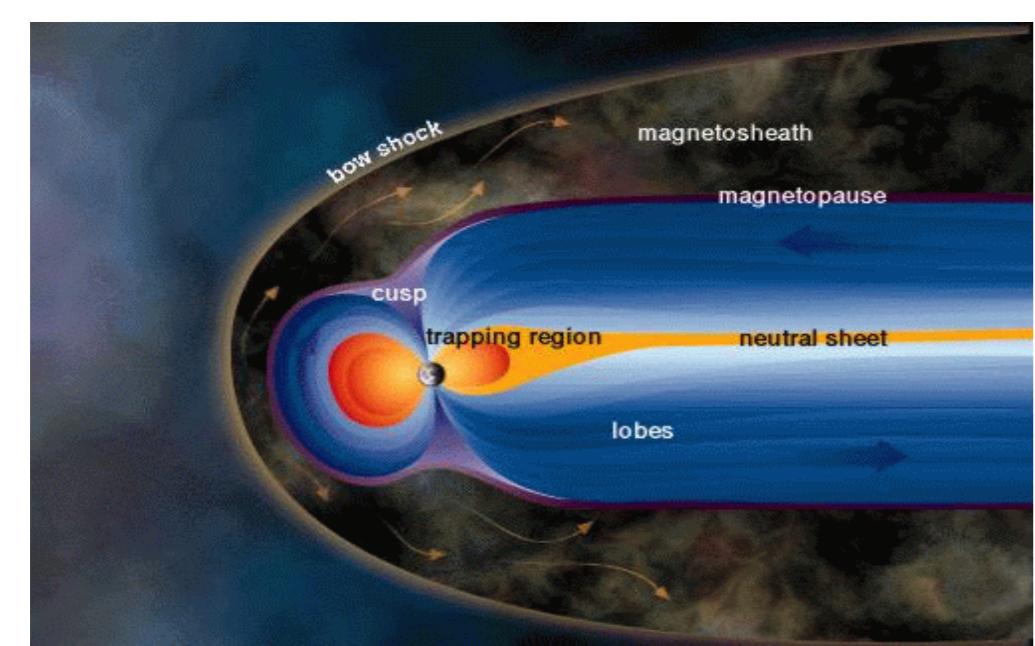


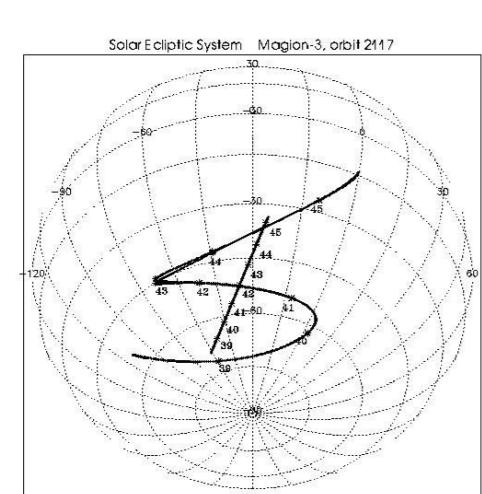
## FIzica Plasmei Spațiale din Date SatelităRE (FIRE)

O. Marghitu, M. Echim, O.D. Constantinescu, H. Comișel, A. Blăgău, C. Bunescu, M. Ciobanu  
 Institutul Național pentru Fizica Laserilor Plasmei și Radiației  
 Institutul de Științe Spațiale  
 Program Aero spațial, Subprogram Explorări Spațiale  
 3–4 Iulie, 2003



### 2a. Metode de determinare a orientației satelitare

- Utilizează date de câmp magnetic și informație adiacentă produsă de senzori specializați (Soare, Pământ).
- Atunci când factorii 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 altitudinea satelitilor MAGION-2 și MAGION-3, deși informația adiacentă a fost limitată.

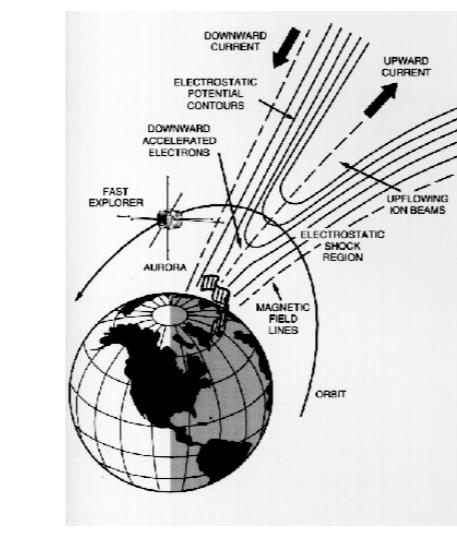


#### Caracter de noutate:

- Condiții orbitale și dinamice diferite în cazul MAGION-5.
- În modelul de câmp magnetic trebuie inclusă și componenta exterană (Tsyganenko) pe lângă cea internă (IGRF).

### 2b. Fascicule de ioni energetici de origine terestră

- Extrase din ionosferă de câmp electric paralel din Regiunea de Accelerare Aurorală (RAA), ~70° lat., ~0.5–2R<sub>E</sub> alt.

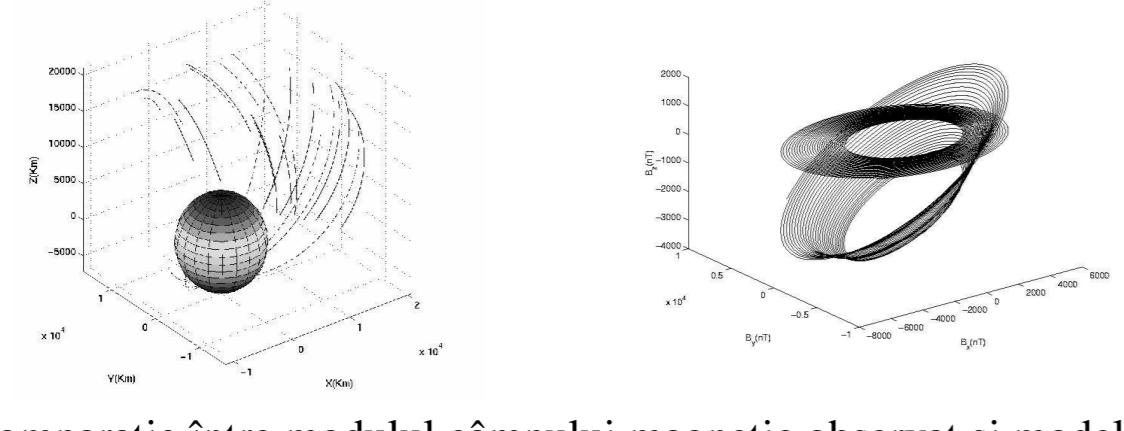


<http://www-ssc.igpp.ucla.edu/fast>

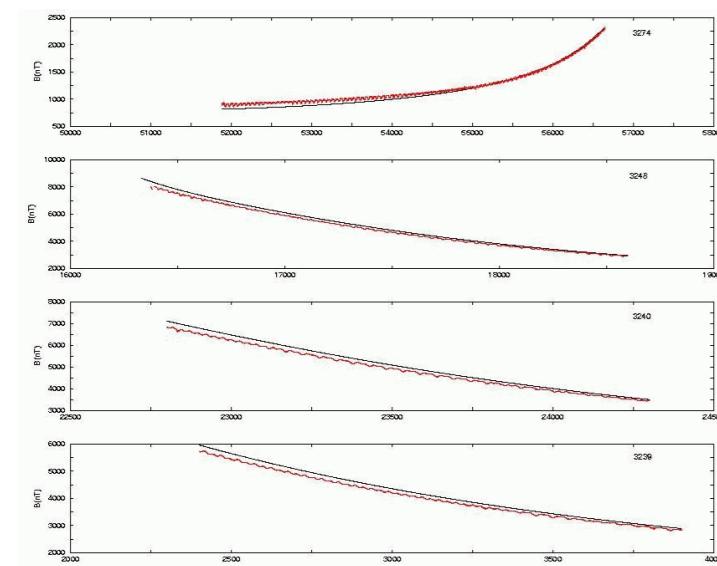
- Investigarea câmpului electric paralel prin compararea datelor de spectrometria plasmei cu datele de câmp electric.
- Examinarea relației existente între datele măsurate de FAST, la o altitudine de ~0.5R<sub>E</sub>, și CLUSTER, la ~10R<sub>E</sub>.
- Caracter de noutate:
  - Investigarea structurii interne a fasciculelor ionice.
  - Aplicarea de metode statistice în studiu de caz.
  - Studiul conjugat al datelor FAST și CLUSTER.

### 3a. Metode de determinare a orientației satelitare

- Evaluări balistice ale traiectoriei MAGION 5
- Câmpul magnetic în sistemul satelitului, Orbita 3240



#### Comparație între modulul câmpului magnetic observat și model



### 3b. Fascicule de ioni energetici de origine terestră

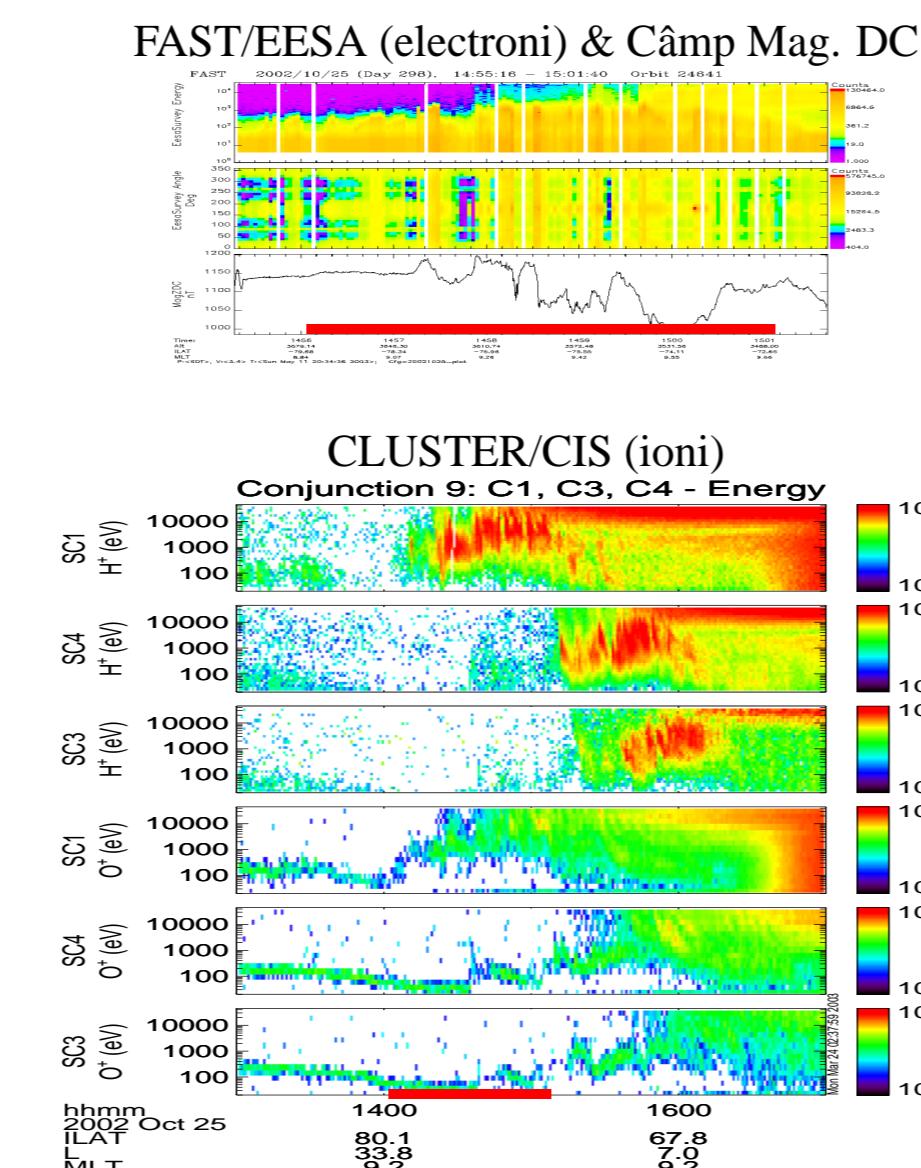
- Arcele aurorale sunt produse de electroni accelerati în RAA, care interacționează cu particulele din atmosferă.



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

- Același câmp electric acceleră electronii în jos, spre Pământ, și ionii în sus, îndepărându-i de Pământ.
- Măsurările de ioni de pe CLUSTER poartă informație despre procesele care au loc în RAA, asemănător modului în care observațiile optice de la sol permit caracterizarea electronilor accelerati.
- Examinarea conjugată a datelor FAST/EESA și CLUSTER/CIS (electroni, respectiv ioni) sugerează existența unei relații între structurile detectate de cele două misiuni, fapt notabil dată fiind diferența între scalele temporale: ~1min pentru FAST, respectiv ~1h pentru CLUSTER.

- Exemplu de date conjugate FAST-CLUSTER. Perioadele marcate acoperă aproximativ același interval de latitudine magnetică.



### 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 minimă, necesară menținerii și dezvoltării colaborațiilor internaționale ale GMPS:
  - Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching, Germania
  - Belgian Institute for Space Aeronomy, Bruxelles, Belgia
  - Institute of Atmospheric Physics, Praga, Cehia
  - Institut of Experimental Physics, Košice, Slovacia
  - Institut für Geophysik und Meteorologie, Braunschweig, Germania
  - Space Sciences Lab., Univ. of California, Berkeley, Statele Unite
- Consolidarea unui grup de cercetare apt să comunice eficient în cadrul comunității științelor spațiale, în condițiile în care informația spațială trebuie să intre în cotidian (space weather).
- Limitarea fenomenului de brain-drain, prin crearea unui cadru stabil și civilizat de lucru într-un institut românesc.

### 4. Contribuția FIRE la programul AEROSPAZIAL

- Investigarea de procese fundamentale în plasma spațială, 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. Expertiza 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 trebuie să intre în cotidian (space weather).
- Limitarea fenomenului de brain-drain, prin crearea unui cadru stabil și civilizat de lucru într-un institut românesc.

### 1. Obiective

- Contribuție la exploatarea științifică a datelor achiziționate de misiuni spațiale:

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

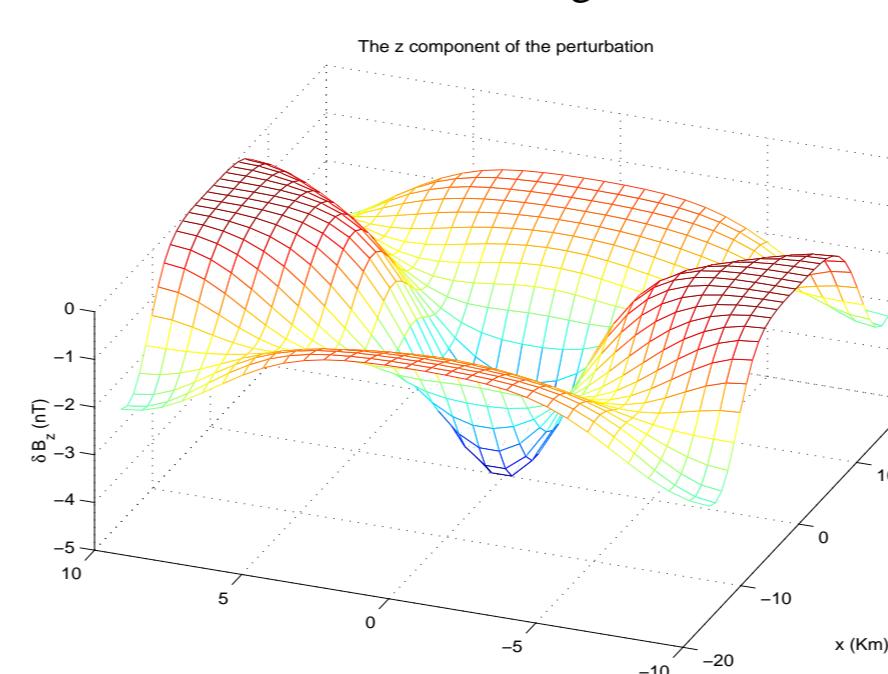
- Investigarea sistemului vânt solar – magnetosferă – ionosferă.

- Pregătire pentru participarea la programul PECS al ESA.

### 2. Descriere

#### 2c. Instabilitatea de tip oglindă magnetică (OM)

- Identificată în magnetosferă terestră și în spațiu interplanetar.
- A fost elaborat un model care descrie geometria 3D a OM.



- Dezvoltarea codului numeric destinat identificării amprentei OM.

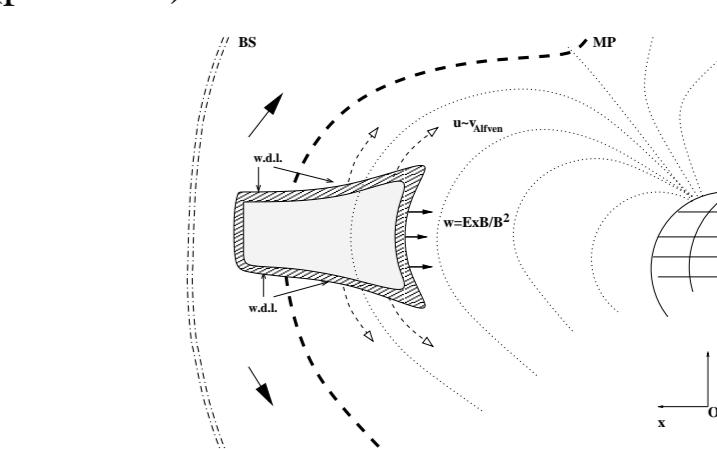
#### Caracter de noutate:

- Identificarea geometriei 3D a OM în datele experimentale. Studiile anterioare folosesc modele 1D.
- Determinarea anizotropiei și a parametrului  $\beta$  al plasmei din caracteristicile geometrice ale OM.

#### 2d. Transfer de masă, energie, impuls la magnetopauză

- Modelul propus: reconexiune magnetică, instabilitate Kelvin-Helmholtz, difuzie perpendiculară pe câmpul magnetic, pulsuri de presiune, pătrundere impulsivă.

- Rolul proceselor colective în propagarea unei neomogenități de plasmă (plasmoid) din vântul solar.



- Decuplarea mișcării plasmei de "mișcarea" linilor de câmp magnetic datorită câmpului electric paralel cu câmpul magnetic.

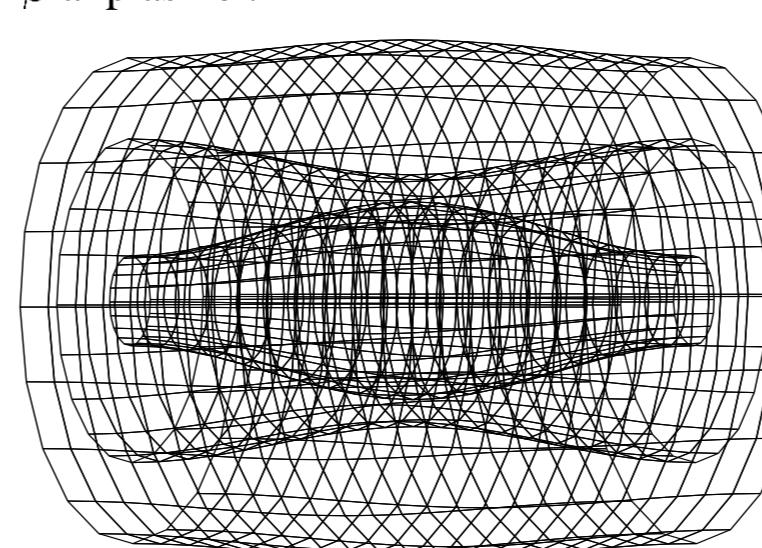
#### Caracter de noutate:

- Demonstrarea teoretică și experimentală a existenței câmpului electric paralel la frontieră plasmoidală.
- Discriminarea între fenomenele temporale și cele spațiale posibilă datorită misiunii CLUSTER.

### 3. Stadiu de realizare

#### 3c. Instabilitatea de tip oglindă magnetică

- Modelul teoretic al oglindilor magnetice prezice o structură geometrică complexă, care depinde în principal de anizotropie și de parametrul  $\beta$  al plasmei.



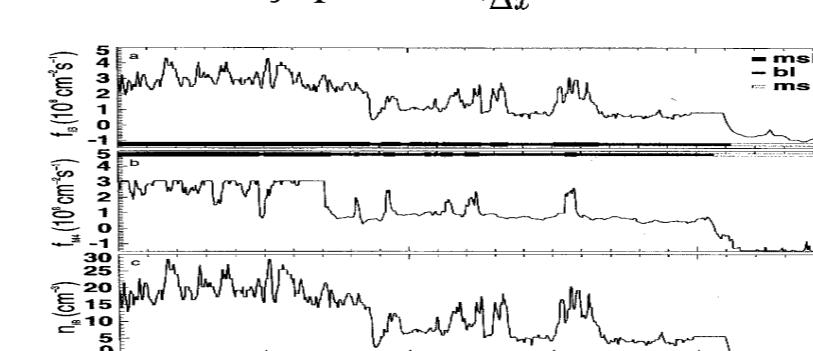
- În realizarea fitului trebuie să se ia seama de poziția și orientarea structurii în raport cu traiectoria satelitului, de parametrii geometrici ai structurii, precum și de caracteristicile plasmei. Numărul mare de parametri liberi rezultați conduce la dificultăți tehnice și tehnice.

- Utilizarea măsurătorilor multisatelit elimină o parte din dificultăți amintite la punctul precedent și mărește confidența în rezultatele fitului.

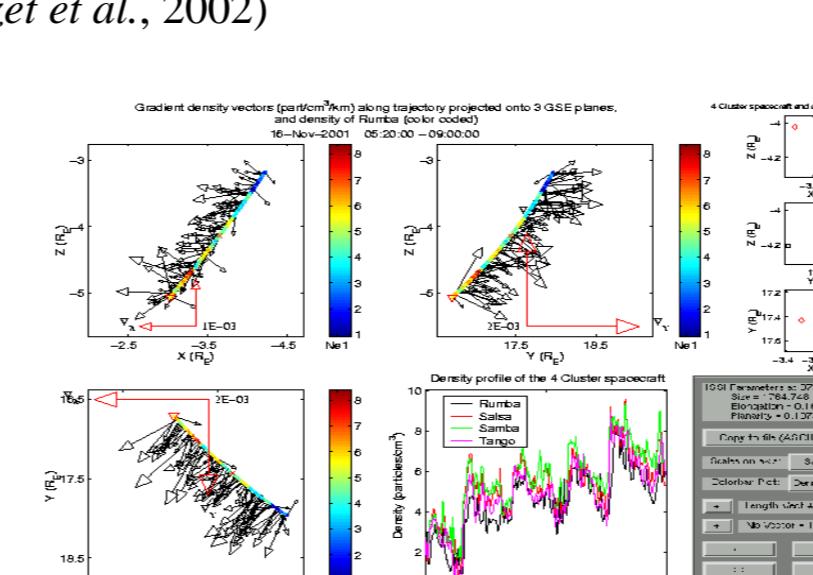
#### 3d. Transfer de masă, energie, impuls la magnetopauză

- Dovezi experimentale pentru existența gradienților pozitivi ai densității plasmei în regiunile adiacente magnetopauzei:

- INTERBALL - diferențe pozitive ( $\frac{\Delta \rho}{\rho} > 0$ , Sibeck et al., 2000)



- CLUSTER - gradienți pozitivi ( $\nabla \rho > 0$ , Decréau et al., 2001, Darrouzet et al., 2002)



#### Modelul Pătrunderii Impulsivă:

- Magnetopauza este o suprafață 3D de echilibru al presiunii totale

$$\vec{N}_n \cdot (\bar{P} + \bar{T}) = 0$$

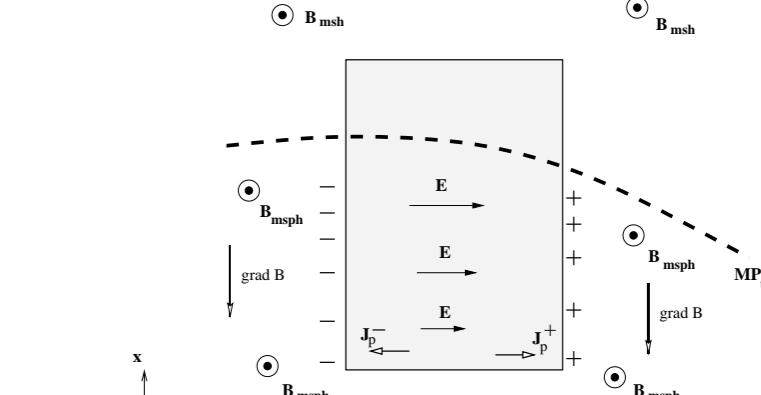
- $\bar{N}_n$  este derivată în direcția normală,  $P_{ij} = nmw_j + p_{ij}$  tensorul flux de impuls cinetic și  $T_{ij}$  tensorul stress electromagnetic.

- Neomogenitate din vântul solar au un exces de impuls

$$\Delta \bar{P} = \sum_{\alpha} [(\Delta n_{\alpha}) m_{\alpha} (\mathbf{u}_{\alpha} \mathbf{u}_{\alpha} + 2 \mathbf{u}_{\alpha} \Delta \mathbf{u}_{\alpha})]$$

și nu satisfac condiția de mai sus.

- Driftul diferențial al ionilor și electronilor produce sarcini spațiale care autosușin convecția plasmoidală, după cum se prezintă schematic în diagrama de mai jos:



### Rezultate științifice

- Ciobanu, M., H. Comișel, et al., *Magnetic field data bases: Magion 2, 3, 4 & satellites*, COSPAR Colloq. Interball and beyond, Sofia, Februarie 2002.
- Constantinescu, O.D., *Self-consistent model of mirror structures*, J. Atm. Sol-Terr. Phys., 64, 645-649, 2002.
- Constantinescu, O.D., et al., *Modeling the structure of magnetic mirrors using Cluster data*, AGU Fall Meeting, San Francisco, Decembrie 2002.
- Constantinescu, O.D., et al., *Magnetic mirror geometry using Cluster data: case study*, STAMMS Conf., Orleans, Mai 2003.
- Echim, M. et J. Lemaire, *Positive density gradients at the magnetopause: interpretation in the framework of the impulsive penetration mechanism*, J. Atm. Sol-Terr. Phys., 64, 2019-2028, 2002.
- Echim, M. et J. Lemaire, *Advances in the kinetic treatment of the solar wind-magnetosphere interaction: the impulsive penetration mechanism*, in AGU's Geophysical Monograph 133 Earth's Low Latitude Boundary Layer, p. 169-179, eds. P. Newell and T. Onsager, Washington, 2002.
- Echim, M., *Cross-field propagation of plasma irregularities: numerical results relevant for magnetopause investigation*, Int. Conf. on Auroral Phenomena and Solar-Terrestrial Relations, Moscova, Februarie 2003.
- Lemaire, J., V. Pierrard, M. Echim, et al., *Recent progress in modeling the plasma-sphere, energetic particles, as well as the interaction between the solar wind and the magnetosphere*, Space Scientific Research in Belgium – Space Sciences, part 2, p. 27-34, 2001.
- Marghitu, O., et al., *FAST – CLUSTER conjunctions above the auroral oval*, STAMMS Conf., Orleans, Mai 2003.
- Marghitu, O., et al., *A new method to investigate arc electrodynamics*, EGS-AGU Joint Assembly, Nice, Aprilie 2003.
- Marghitu, O., et al., *3D current topology in the vicinity of an evening arc*, EGS-AGU Joint Assembly, Nice, Aprilie 2003.
- Marghitu, O., *Auroral arc electrodynamics with FAST satellite and optical data*, Ph.D. Thesis, Naturwissenschaftliche Fakultät der TU Braunschweig, Mai 2003.