



aerospațial

EXPLORĂRI SPAȚIALE



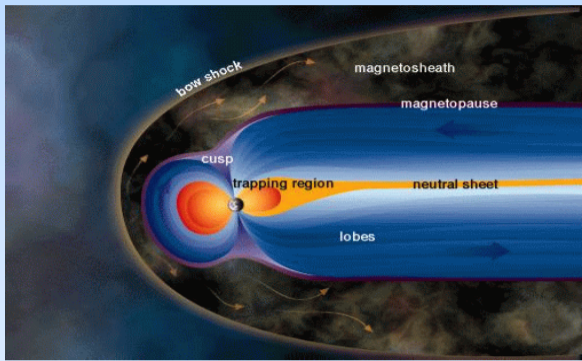
Fizica Plasmei Spațiale din Date Satelitare (FIRE)

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

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

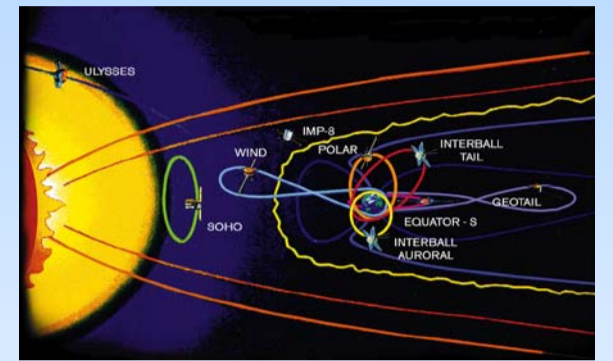


COD PROIECT: 11054



1. Obiective

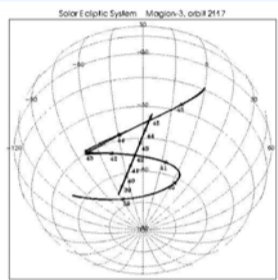
- Contribuție la exploatarea științifică a datelor achiziționate de misiunile spațiale:
CLUSTER — sci.esa.int/cluster
INTERBALL — www.iki.rssi.ru/interball
FAST — plasma2.ssl.berkeley.edu/fast
EQUATOR-S — www.mpe.mpg.de/EQS
- Investigarea sistemului vânt solar – magnetosferă – ionosferă.
- Pregătire pentru participarea la programul PECS al ESA.



2. Tematici

2a. Metode de determinare a orientății satelitare

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

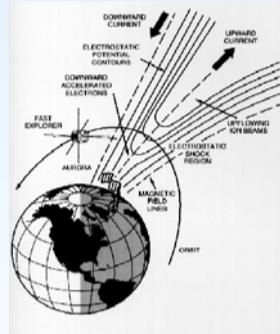


Caracter de nouitate:

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

2b. Fascicule de ioni energetici de origine terestră

- Extrase din ionosferă de câmpul electric paralel din Regiunea de Accelerare Aurorală (RAA), ~70° lat., ~0.5-2R_E alt.

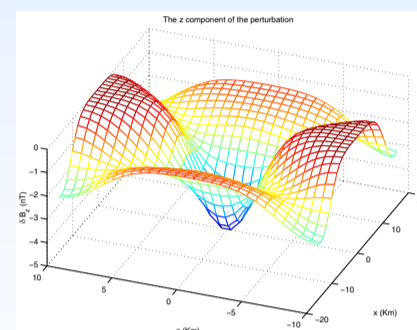


<http://www-ssc.igpp.ucla.edu/fast>

- Investigarea câmpului electric paralel prin compararea datelor de spectrometria plasmei cu datele de câmp electric.
- Examinarea relației existente între datele măsurate de FAST, la o altitudine de ~0.5R_E, și CLUSTER, la ~10R_E.
- Caracter de nouitate:
- 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

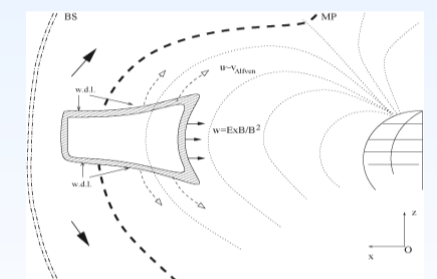
- Identificată în magnetosfera terestră și în spațiul interplanetar.
- A fost elaborat un model care descrie geometria 3D a OM.



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

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

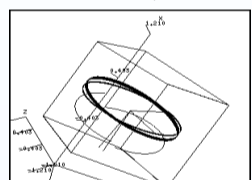
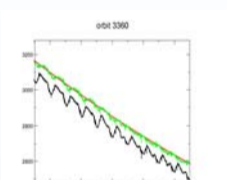
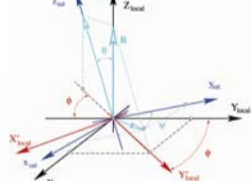
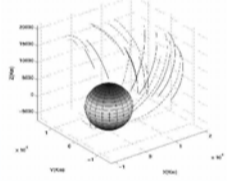
- Modele propuse: reconexiune magnetică, instabilitate Kelvin-Helmholtz, difuzie perpendiculară pe câmpul magnetic, pulsuri de presiune, pătrundere impulsivă.
- Rolul proceselor colective în propagarea unei neomogenități de plasmă (plasmoid) din vântul solar.



- Decuplarea mișcării plasmei de "mișcarea" liniilor de câmp magnetic datorită câmpului electric paralel cu câmpul magnetic.
- Caracter de nouitate:
- Demonstrarea teoretică și experimentală a existenței câmpului electric paralel la frontiera plasmoidului.
- Discriminarea între fenomenele temporale și cele spațiale posibilă datorită misiunii CLUSTER.

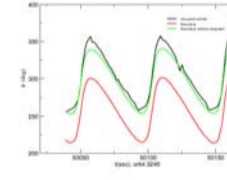
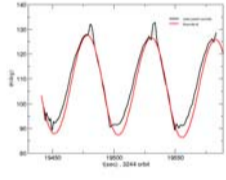
3a. Metode de determinare a orientății satelitare

- Evaluări balistice ale traiectoriei MAGION 5
- Parametrizarea orientății: transformări Euler 313.
- Calibrare câmp magnetic pentru orbita 3360.
- Rotăția sateliților, fără "coning", în sistemul GSE (3243, 3244)



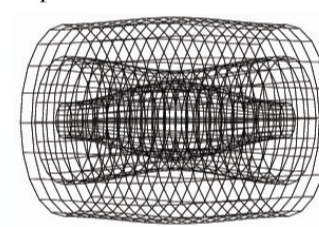
Estimatorul de stare batch:

- Vectori de stare: 4 quaternioni, 3 viteze unghiulare, 4 momente de inerție, 1 coeficient de vâscozitate
- Măsurări: date magnetometrice triaxiale
- Integrator: metoda Runge Kutta de ordin 4
- Modele teoretice folosite pentru observabile: câmpul geomagnetic IGRF 1995 (până la a 10-a armonică sferică)
- Estimarea unghiului Φ utilizând date de câmp magnetic la început și pentru întreaga sedință telemetrică (orbite 3244, 3245).



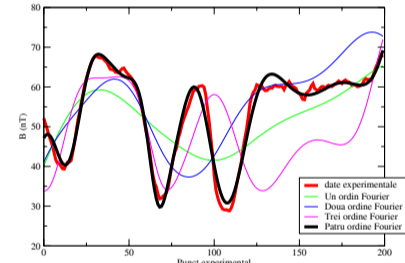
3c. Instabilitatea de tip oglindă magnetică

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



- În realizarea fitului trebuie ținut seama de poziția și orientarea structurii în raport cu traiectoria sateliților, de caracteristicile plasmei.
- Numărul mare de parametri liberi rezultă din dificultățile teoretice și tehnice.
- Utilizarea măsurătorilor multisatelit elimină o parte din dificultățile amintite la punctul precedent și mărește confidența în rezultatele fitului.

- Luarea în considerare a ordinilor Fourier superioare conduce la îmbunătățirea rezultatelor.



- Structura identificată:
- Locație: partea de seară a teei magnetice (magnetosheath)
- Lungime: 4778km
- Rază: 2510km

3b. Fascicule de ioni energetici de origine terestră

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

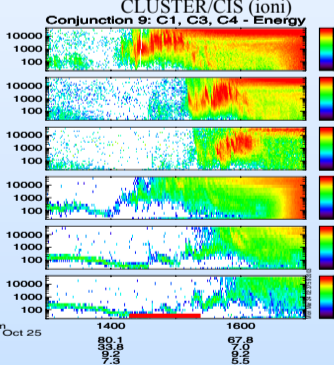
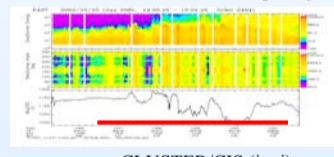


<http://www.geo.mtu.edu/weather/aurora>

- Același câmp electric accelerează electronii în jos, spre Pământ, și ionii în sus, îndepărtându-i de Pământ.
- Măsurătorile 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 accelerați.
- 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 dat 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.

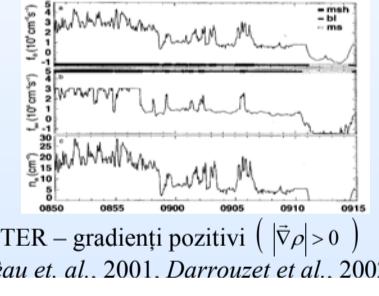
FAST/EESA (electroni) & Câmp Mag. DC



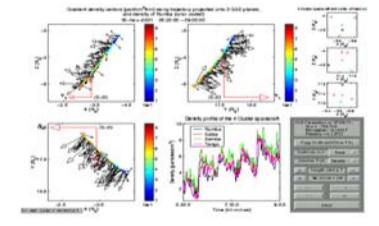
3d. Transfer de masă, energie, impuls la magnetopauză

- Dovezi experimentale pentru existența gradientilor pozitivi ai densității plasmei în regiunea adiacentă magnetopauzei:

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



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



Modelul Pătrunderii Impulsive:

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

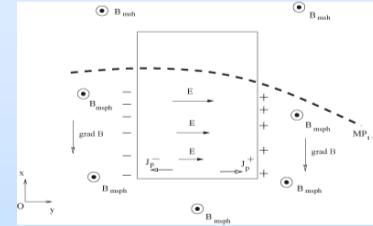
$$\nabla_n(\vec{P} + \vec{T}) = 0$$

- \vec{V}_n este derivata în direcția normală, $P_{ij} = nmv_i v_j + p_{ij}$ tensorul flux de impuls cinetic și T_{ij} tensorul stress electromagnetic
- Neomogenitățile din vântul solar au un exces de impuls

$$\Delta \vec{P} = \sum_{\alpha} [An_{\alpha}] m_{\alpha} (u_{\alpha} u_{\alpha} + 2u_{\alpha} \Delta u_{\alpha})$$

- și nu satisfac condiția de mai sus.

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



4. Rezultate

Articole în reviste străine cu referenți:

- O.D. Constantinescu, Self-consistent model of mirror structures, *J. Atm. Sol.-Terr. Phys.*, 64, 645-649, 2002
- M. Echim, Test-particle trajectories in "sheared" stationary field: Newton-Lorenz and first order drift numerical simulations, *Cosmic Research*, 40, 534-547, 2002
- M. Echim și 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
- O.D. Constantinescu, K.-H. Glassmeier, R. Treumann și K.-H. Fornacon, Magnetic mirrors observed by Cluster in the magnetosheath, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 1802-1805, 2003

Capitole în cărți:

- J. Lemaire, V. Pierrard, M. Echim, M. Cyamukungu și G. Grogioire, Recent progress in modeling the plasmasphere, 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
- M. Echim și J. Lemaire, Advances in the kinetic treatment of the solar wind magnetosphere interaction: the impulsive penetration mechanism, *Geophysical Monograph 133, Earth's Low Latitude Boundary Layer*, eds. P. Newell și T. Onsager, p. 169-179, AGU, Washington, 2002

Teze de doctorat:

- O. Marghitu, Auroral arc electrodynamics with FAST satellite and optical data, *Naturwissenschaftliche Fakultät der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina, Braunschweig, Germania, Mai 2003*, <http://www.biblio.tu-bs.de/ediss/data/20030606a/20030606a.html>. Publicată și ca MPE Report 284, ISSN 0178-0719.
- M. Echim, Kinetic aspects of the impulsive penetration of solar wind plasma elements into the Earth's magnetosphere, *Université catholique de Louvain, Belgia, susținere publică Iulie 2004*
- A. Blăgău – teza în curs de redactare la Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching, Germania.
- O.D. Constantinescu – teza în curs de redactare la Institut für Geophysik und Meteorologie, Braunschweig, Germania.

Comunicări la conferințe internaționale:

- M. Ciobanu, H. Comișel, et al., Magnetic field data bases: Magion 2, 3, 4 & 5 satellites, *COSPAR Colloquium Interball and beyond*, Sofia, Februarie 2002
- M. Echim, The penetrability of the magnetopause tested by numerical integration of single particle orbits, *COSPAR Colloquium Interball and beyond*, Sofia, Februarie 2002
- O.D. Constantinescu, et al., Modeling the structure of magnetic mirrors using Cluster data, *AGU Fall Meeting, San Francisco, Decembrie 2002*
- M. Echim, Cross-field propagation of plasma irregularities: numerical results relevant for magnetopause investigation, *Int. Conf. on Auroral Phenomena and Solar-Terrestrial Relations, Moscova, Februarie 2003*
- O. Marghitu, et al., A new method to investigate arc electrodynamics, *EGS-AGU Joint Assembly, Nice, Aprilie 2003*
- O. Marghitu, et al., 3D current topology in the vicinity of an evening evening arc, *EGS-AGU Joint Assembly, Nice, Aprilie 2003*
- O. Marghitu, A. Blăgău, et al., FAST – CLUSTER conjunctions above the auroral oval, *STAMMS Conference, Orleans, Mai 2003*
- O.D. Constantinescu, et al., Magnetic mirror geometry Using Cluster data: case study, *STAMMS Conference, Orleans, Mai 2003*
- O.D. Constantinescu, et al., Magnetic mirror geometry Using Cluster data: model and correlation technique, *IUGG General Assembly, Sapporo, Iulie 2003*
- H. Comișel, M. Ciobanu, A. Blăgău, et al., Attitude determination for Magion 5 satellite using magnetometer data only, *Int. Conf. on Magnetospheric Response to Solar Activity, Praga, Septembrie 2003*
- O. Marghitu, CLUSTER moments: Error analysis, *CIS Workshop, Paris, Septembrie 2003*