



**INSTITUTUL DE STIINTE
SPATIALE**

Program STAR
Contract Nr. 11 / 19.11.2012

**Calibrarea magnetometrului flux gate Cluster si
exploatarea stiintifica a datelor
(Cluster Flux Gate Magnetometer Daily
Calibration and Scientific Data Exploitation)
TUNED**

ETAPA 1

**Calibrare, software design si implementare,
testare cod PIC**

II. RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

Dragoș Constantinescu, Horia Comișel, Mircea Ciobanu,
Costel Bunescu, Vlad Constantinescu, Gabi Voitcu, Costel Munteanu

GRUPUL DE PLASMĂ SPAȚIALĂ ȘI MAGNETOMETRIE

14 Decembrie 2012

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

1. Titlu proiect

Calibrarea magnetometrului flux gate Cluster si exploatarea stiintifica a datelor (Cluster Flux Gate Magnetometer Daily Calibration and Scientific Data Exploitation) (TUNED)

2. Obiective generale/specifice proiect

Conform sectiunii 1.1, "Concept si obiective" a Propunerii de proiect:

a) Dezvoltarea unui pachet software care sa faciliteze o utilizare automata a programelor de calibrare existente. Aceasta include selectia intervalelor, vizualizarea datelor, procesarea automata si arhivarea parametrilor de calibrare. Programele existente sint concepute pentru efectuarea calibrarii manuale, zi cu zi si necesita interventia unui operator pentru fiecare parametru de calibrare determinat.

b) Identificarea intervalelor de date potrivite pentru calibrare. Pentru cea mai joasa scala de functionare (r_2) va fi folosita o procedura de selectie automata. In mod optim acestea sint intervale in care intensitatea cimpului magnetic este joasa si in care cimpul magnetic prezinta cea mai mica varianta. Pentru scalele superioare vor fi folosite fie intervale adiacente momentului schimbarii scalei, fie intervale alese manual.

c) Efectuarea calibrarii FGM. Aceasta va fi facuta fie manual, fie in mod automat atunci cind pachetul de programe dedicat calibrarii automate va fi finalizat. In cazul calibrarii automate aceasta va fi urmata de o verificare a calitatii si validare rezultatelor. In cazul in care se va constata ca parametrii rezultati din calibrarea automata nu raspund standardelor de calitate, acestia vor fi determinati manual.

d) Aplicatie: Compararea rezultatelor teoretice pentru dinamica electronilor din socuri necolizionale quasi-perpendiculare la numar Mach inalt cu masuratorile FGM calibrate folosind simulari numerice.

3. Nr. etapa / Denumire etapa

ETAPA 1: Calibrare, software design si implementare, testare cod PIC (conform Planului de realizare)

4. Obiective etapa

Va fi elaborata o strategie pentru automatizarea calibrarii zilnice.

Calibrarea zilnica *in-flight* a instrumentului FGM va produce seturi de parametrii de calibrare pentru toate scalele instrumentelor si toti satelitul Cluster care vor fi valide pe parcursul unei intregi zile. Parametrii de calibrare vor fi produsi nu mai tirziu de trei luni dupa ce datele *raw* FGM vor fi facute disponibile de catre ESA.

Un program de simulare *particle in cell* PIC 1D va fi implementat, testat si optimizat.

5. Rezultate planificate etapa (conform Planului de realizare)

- | | |
|----------------|--|
| Activitate I.1 | Pachet de calibrare, concept si design (WP1, A1.1) |
| Activitate I.2 | Calibrare manuala FGM (WP2, A2.1) |
| Activitate I.3 | Implementare cod PIC. (WP3, A3.1.1) |
| Activitate I.4 | Testare, optimizare si rulare a codului PIC 1D (WP3, A3.1.2) |
| Activitate I.5 | Management si pregatire raport anual (WP4) |

6. RST - raport stiintific si tehnic in extenso - maxim 20 pagini pentru etapa intermediara

Raportul stiintific si tehnic trebuie sa cuprinda urmatoarele aspecte:

- Rezumatul etapei
- Descrierea stiintifica si tehnica, cu punerea in evidenta a rezultatelor etapei si a gradului de realizare a obiectivelor - se vor indica rezultatele si modul de diseminare a rezultatelor;

Raport stiintific si tehnic in extenso

Rezumatul Etapei

Etapa I a proiectului TUNED se concentreaza pe initierea instrumentelor software ce vor fi folosite pe parcursul derularii proiectului. In paralel se efectueaza calibrarea instrumentelor FGM aflate la bordul satelitilor Cluster folosind metodele de calibrare ne-optimizate.

Realizarea unui pachet software care sa automatizeze diversele etape ale procesului de calibrare este necesara datorita schimbarii orbitelor satelitilor care a dus la o dublare a numarului de parametri ce trebuie determinati. Etapa I a proiectului realizeaza primul pas in aceasta directie, si anume designul pachetului software.

Calibrarea datelor FGM pentru lunile August si Septembrie a fost facuta folosind o colectie de programe existente care necesita o interventie manuala extensiva.

S-a implementat deasemenea un cod de calcul unidimensional "full particle" destinat pentru simularea socurilor in plasmă necolizionale. Codul a fost instalat pe o masina multiprocesor in arhitectura de memorie distribuita si pregatit pentru a studia problema accelerarii si incalzirii electronilor in socuri necolizionale cuasi-perpendiculare.

Descrierea stiintifica si tehnica

Pachet de calibrare, concept si design

Plecind de la programele utilizate in prezent la calibrarea FGM s-a pus la punct o schema logica care va fi urmata pentru realizarea pachetului de calibrare automata.

1.1.a Software existent

- ddscut* – produce date *raw* de telemetrie pentru un interval specificat
- ddsmrg* – produce un fisier de date *raw* de telemetrie ordonat cronologic punind impreuna fisierele primite ca input
- fgmcut* – produce un fisier de date FGM pentru un interval specificat
- fgmpos* – primeste ca input vectori FGM si produce un fisier continind datele FGM si pozitia satelitului in formatul utilizat de TUBS
- fgmspdb* – genereaza un fisier de interfata (IFF) pentru *CSDS Prime Parameter Data Base* care contine mediile de spin pentru cimpul magnetic
- fgmppdb* – genereaza un fisier de interfata (IFF) pentru *CSDS Prime Parameter Data Base* care contine mediile pe un minut ale cimpului magnetic
- mrgorb* – Produce un fisier continind reuniunea datelor continute in fisierele orbitale de input

<i>putstof</i>	– Produce un fisier continind reuniunea datelor orbitale de atitudine (<i>short term</i>) continute in fisierele de input
<i>putltof</i>	– Produce un fisier continind reuniunea datelor orbitale de atitudine (<i>long term</i>) continute in fisierele de input
<i>putsatt</i>	– Produce un fisier continind reuniunea datelor orbitale de atitudine continute in fisierele de input
<i>ddshrm</i>	– indeparteaza headerele DDS din datele de telemetrie
<i>fgmav</i>	– calculeaza medii ale datelor FGM de inalta rezolutie
<i>fgmdp</i>	– genereaza date FGM de inalta rezolutie sau mediate
<i>fgmiff</i>	– produce date FGM in formatul <i>file interface</i> (IFF) folosit pentru bazele de date primare
<i>fgmtel</i>	– extrage datele FGM din datele de telemetrie
<i>igmvec</i>	– genereaza datele FGM in formatul ASCII IGM
<i>ddsIs</i>	– decodifica headerele DDS din pachetele de telemetrie
<i>fgmcal</i>	– foloseste datele <i>raw</i> FGM si parametrii de calibrare pentru a produce date FGM calibrate
<i>fgmhrt</i>	– aplica transformari de coordonate datelor FGM de inalta rezolutie
<i>fgmls</i>	– produce datele de <i>house keeping</i> ale instrumentelor FGM
<i>fgmvec</i>	– produce datele FGM impreuna cu date aditionale in diverse formate ASCII
<i>cls.pro</i>	– interfata pentru determinarea manuala (interval cu interval) a parametrilor de calibrare pentru datele Cluster FGM

1.1.b Conceptul pachetului de calibrare automata

In figura 1. este reprezentata schema logica a procesului de calibrare FGM asa cum este practicata la momentul actual. Aceasta schema trebuie parcursa pentru fiecare satelit si pentru fiecare parametru de calibrare ce se doreste a fi determinat. Culoarea rosie marcheaza pasii care necesita interventia manuala (fie rularea codurilor din casute folosind optiunile potrivite, fie examinarea rezultatelor si decizii asupra calitatii acestora).

Pentru optimizarea si automatizarea procesului de calibrare este necesar un pachet de programe care sa grupeze operatiunile din figura 1. folosind optiunile potrivite pentru fiecare caz in parte. Este necesar ca pachetul de programe sa poata fi utilizat pentru o multime de sateliti si de intervale de timp decise de catre utilizator. Cu alte cuvinte, o singura executie a unuia dintre programe sa prelucreze de exemplu datele provenind de la toti cei patru sateliti pentru 30 de zile. Interventia manuala nu poate fi eliminata in faza de verificare a calitatii calibrarii. Graficele necesare verificarii (spectrograme si serii temporale) vor fi produse automat impreuna cu parametrii de calibrare. In cazurile in care se va constata o calibrare sub-optimala se va trece la calibrarea manuala pentru cazurile respective.

Figura 2. reprezinta schema logica a procesului de calibrare automat. Pasii pentru care nu este posibila eliminarea completa a interventiei manuale (si anume verificarea rezultatelor si recalibrarea pentru cazurile in care calibrarea automata nu atinge calitatea dorita) sint marcate cu

culoarea rosie. Culoarea verde marcheaza programele automatizate ce se vor realiza in etapa a doua a proiectului. Acestea sint:

- findr2* – acest program va identifica intervalele de timp potrivite pentru calibrarea datelor *range 2*. Pentru calibrare este necesar cite un interval in lungime de 5 minute pe zi pentru fiecare satelit. In cursul acestui interval cimpul magnetic trebuie sa fie sub valoarea de 64 nT si sa aiba varianta minima. Programe folosite: *ddsmrg, ddscut, fgmtel, fgmvec*.
- mkuncal* – acest program va folosi intervalele identificate de *findr2* si datele *raw* pentru a produce intervalele de date folosite pentru calibrarea *range 2*. Programe folosite: *ddsmrg, ddscut, fgmtel, fgmcut, fgmvec*
- listfgm* – acest program va folosi datele *raw* de telemetrie pentru a extrage informatii privind scala (*range*) folosita la achizitionare, perioadele de eclipsa, calitatea datelor si perioadele in care datele lipsesc. Acestea for fi folosite pentru identificarea schimbarilor de scala. Programe folosite: *ddsmrg, fgmtel, fgmls*.
- findRC* – acest program va identifica momentele in care instrumentul trece de la o scala la alta si va produce intervale de date in lungime de 5 minute inaintea, dupa, si pe parcursul schimbarii scalei. Programe folosite: *ddsmrg, ddscut, fgmtel, fgmcut, fgmvec*
- makecal* – folosind parametrii de calibrare obtinuti acest program va produce datele FGM calibrate pe intervale de o zi precum si spectrele corespunzatoare acestora. Programe folosite: *ddsmrg, ddscut, fgmtel, fgmcut, fgmvec*
- plotrc* – acest program va produce grafice pentru a fi examinate pentru fiecare schimbare de scala pe parcursul intervalului specificat. Programe folosite: *ddsmrg, ddscut, fgmtel, fgmcut, fgmvec*
- cls_ini.pro* – folosind intervalele r2 de 5 minute produse de *mkuncal* si parametrii de initializare acest program va realiza calibrarea automata pentru *range 2*.

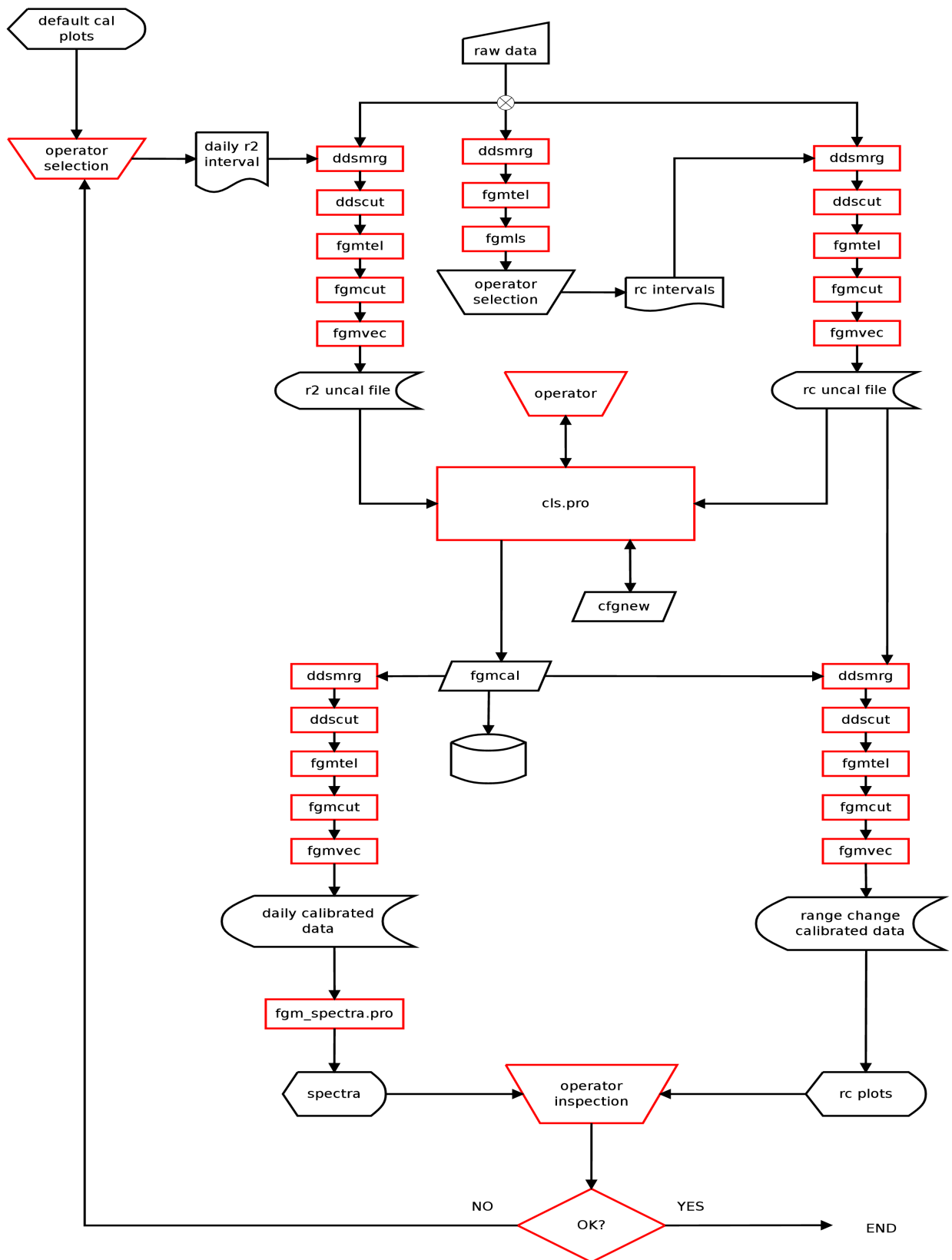


Fig.1 Schema logica a procesului standard de calibrare. Culoarea rosie reprezinta pasii care necesita interventie manuala. Ne-automatizat, acest proces trebuie parcurs pentru fiecare satelit si fiecare set de parametrii de calibrare in parte.

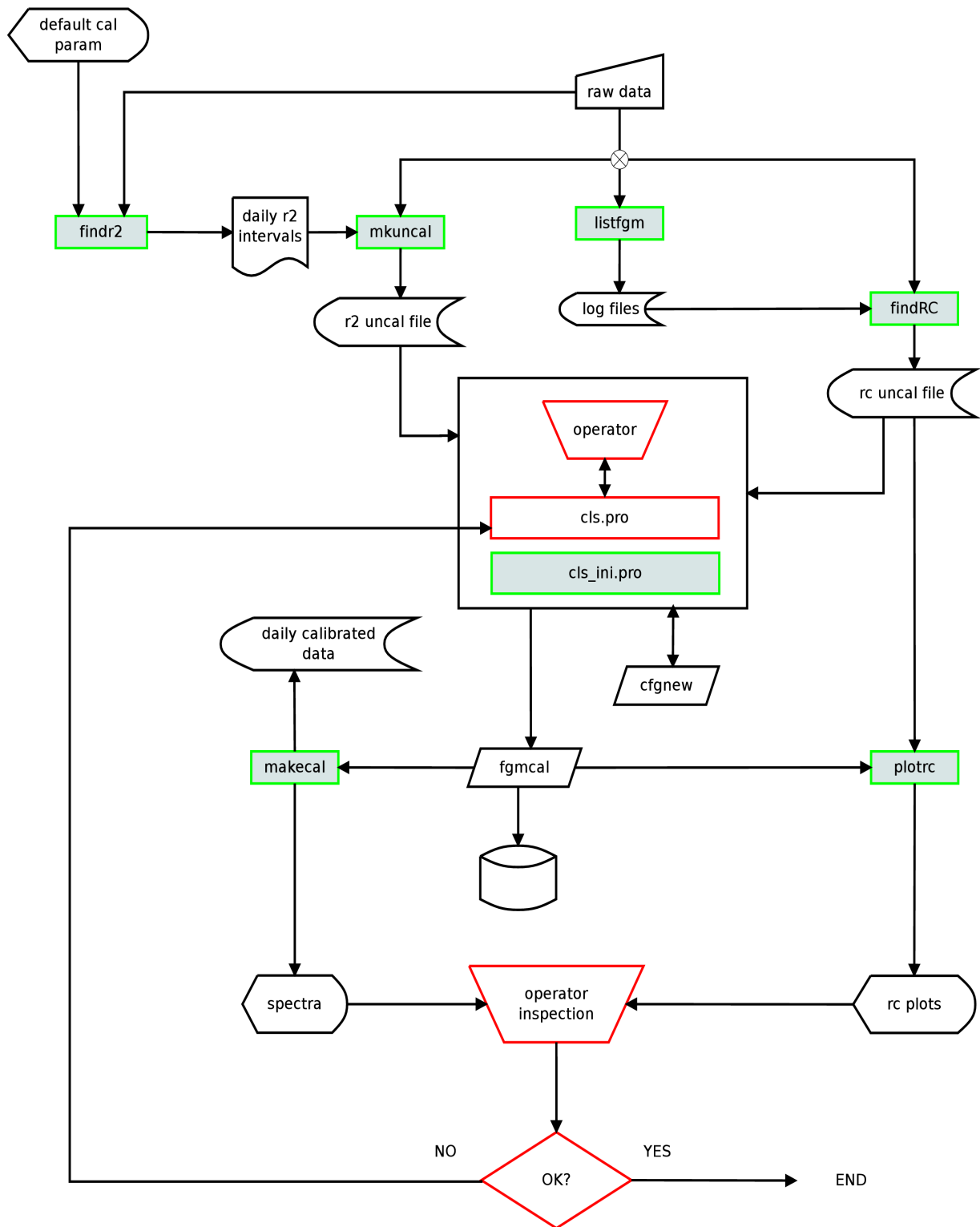


Fig.2 Schema logica a procesului de calibrare automata. Culoarea rosie reprezinta etapele in care interventia manuala este inca necesara, culoare verde reprezinta noile programe care vor fi capabile de prelucrarea datelor pentru mai multe intervale de timp si de la mai multi sateliti pe parcursul unei singure rulari.

Calibrare manuala FGM

Pe parcursul Etapei I a fost realizata calibrarea manuala a datelor FGM pentru cei patru sateliti Cluster pentru lunile August si Septembrie 2012. Parametrii obtinuti au fost arhivati pe serverul ftp ftp://geophys.nat.tu-bs.de/cluster_data/ aflat la dispozitia investigatorilor principali ai instrumentelor Cluster. Ca exemplu prezentam evolutia unuia dintre cei mai instabili parametri de calibrare, si anume offsetul datorat influentei satelitelui in lungul axei z in figura 3.

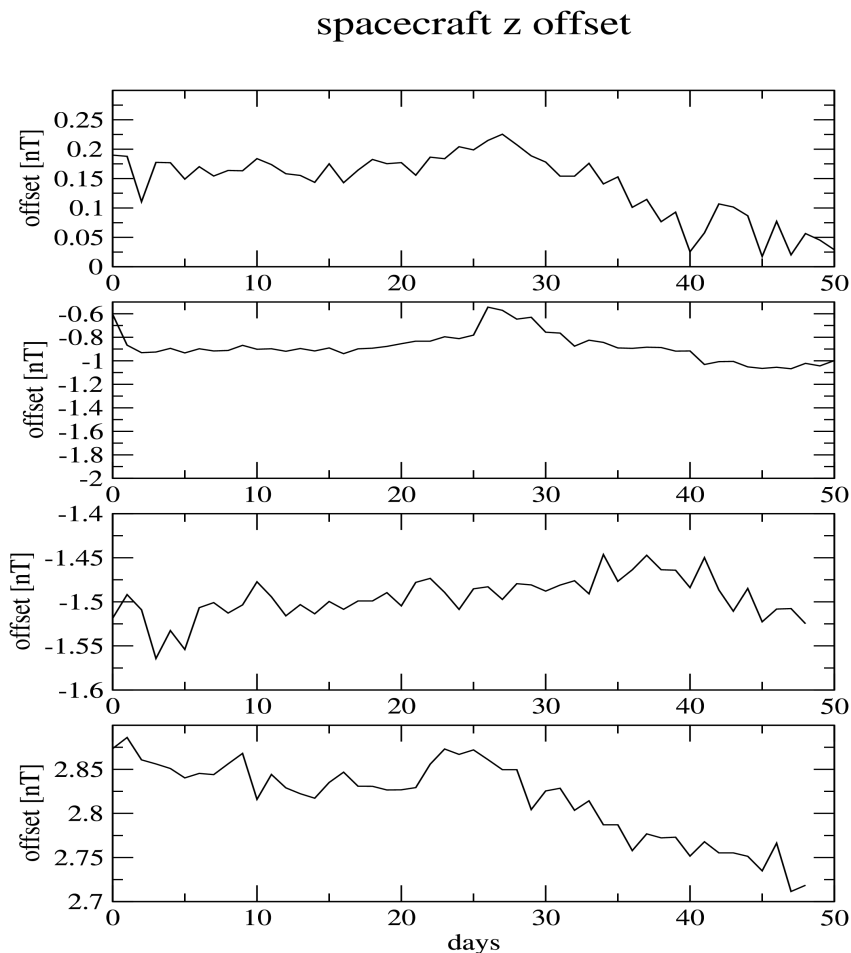


Fig. 3 Variatia offsetului pe axa z pe parcursul lunilor August si Septembrie 2012 pentru cei patru sateliti Cluster.

Implementare cod PIC

Programul de calcul "em1D" trateaza unidimensional in o configuratie "Particle in Cell" (PIC) problema electromagnetica a unui soc necolizional produs intr-o incinta de lungime L in care se injecteaza o plasma constituita din electroni si protoni prin asa numita "metoda de injectie". Plasma se gaseste intr-un camp magnetic uniform iar unda de soc se propaga in directia -x catre peretele dinspre care se emit particulele ($x=0$) dupa ce acestea se reflecta specular de celalalt capat al incintei ($x=L$). In acest mod, sistemul de simulare al socului coincide cu sistemul de repauz al plasmiei din regiunea downstream.

Programul de calcul scris initial pentru masini uniprosesor a fost ulterior dezvoltat pentru a fi utilizat pe masini multiprosesor in regimul de acces comun la memorie cu ajutorul directivelor de compilare de tip OMP. Apoi, codul a suferit alte modificari pentru a fi rulat pe clusterelor de calculatoare cu acces distribuit al memoriei folosind biblioteca MPI.

In aceasta lucrare, programul de calcul "em1D" a fost ajustat pentru a permite o folosire mai eficienta a metodelor post-simulare in problema accelerarii si incalzirii electronilor in socurile necolizionale cuasi-perpendiculare. Aceste metode post-calcul se bazeaza fie pe strategia "particulelor test", fie pe strategia "traietoriei particulelor preselectate (PTT)". Tehnica PTT de urmarire a particulelor in sistemul de simulare a fost aplicata nu numai unui colectiv limitat de particule ci tuturor particulelor injectate in incinta care abordeaza frontul de soc. Drept urmare, codul nu trebuie rulat inca odata asa cum este procedura standard PTT, ceea ce conduce la economii considerabile de timp de calcul, de pana la ordinul saptamanilor sau mai mult. Ulterior, in procedurile de analiza post calcul, scrise in limbajul IDL, particulele pot fi selectate functie de pozitie sau de viteza si urmarite de la momentul introducerii lor in sistem pana la penetrarea stratului de soc si sosirea acestora in regiunea downstream a socului. Din punct de vedere computational, modificarea programului de calcul implica un acces sporit la memoria sistemului, prin definirea unui bloc nou common intitulat "/mapare/" in care se stocheaza informatii suplimentare despre adresa particulelor, indexul si iteratia la care se realizeaza marcarea particulei, etc. Problema urmaririi particulelor in sistemul de simulare nu este total triviala, deoarece la fiecare iteratie sau avansare in timp, un numar de particule parasesc sistemul iar restul particulelor primesc noi adrese. In subrutina "nstep" responsabila pentru avansarea in timp a particulelor, s-au introdus instructiuni suplimentare pentru a tine cont de modificarile indicilor particulelor de la o iteratie la alta. Astfel, programul de prelucrare post-simulare, pe baza informatiilor stocate in subrutina 'nstep', va fi in masura sa urmareasca istoria fiecărei particule de interes, spre exemplu a electronului in studiul maparii Liouville sau a protonului in studiul reflexiei speculare. Intrucat studiul energizarii particulelor se bazeaza pe tehnica maparii Liouville, tehnica ce presupune construirea unor functii de distributie a caror acuratete depinde de numarul de particule existente in sistem, o densitate marita de particule este esentiala. Rulari ale codului "em1D" cu o densitate de particule mai mare de 100 de particule in sfera Debye nu sunt posibile decat pe sisteme de operare pe 64 de biti. Ca urmare, codul de calcul a fost portat pe un sistem pe 64 de biti si compilat impreuna cu biblioteca MPI. Toate rularile necesare indeplinirii obiectivelor propuse in proiectul TUNED urmeaza sa fie realizate pe acest sistem de operare pe 64 de biti. Fisierul Makefile necesar compilarii programului em1d modificat potrivit descrierii de mai sus este prezentat in Anexa 1.

Testare, optimizare si rulare cod PIC

Masina multiprosesor utilizata pentru rulara codului "em1D" este un cluster HPC Dell cu 128 de nuclee si 4 GB memorie RAM pe nucleu. Cele 16 computere biprosesor din care este alcatuit sistemul de calcul comunica intre ele printr-un sistem performant InfiniBand care asigura o latenta si o largime de banda superioare retelelor de tip ethernet. Intrucat programul de calcul "em1D" este doar partial paralelizat, sunt necesare o serie de teste pentru identificarea unei configuratii optime a nodurilor de calcul. Problema este complexa neexistand o reteta prestabilita, deoarece gradul de incarcare pe nucleu depinde de parametrii fizici care descriu

socul necolizional (vezi spre exemplu Anexa 2) precum si de numarul de particule si dimensiunea gridului. Am identificat un set de configurari pentru care rulara programului este optimizata, (vezi Tabel 1). Mentionam ca timpul de rulare pentru un sistem de peste 10 milioane de particule poate depasi in anumite conditii cateva saptamani de zile sau chiar mai mult iar o estimare mai exacta a duratei de rulare se obtine odata cu rulara codului si obtinerea unor rezultate intermediare.

Intr-un cod PIC sunt importanti din punctul de vedere al timpului de calcul doi parametri de intrare: raportul maselor electron – ion si raportul frecventelor plasmei electronice si a girofrecventei electronice. In vantul solar ultimul parametru este estimat langa Pamant la valori intre $\Omega=100-200$. Utilizarea concomitenta a valorilor fizice pentru cei doi parametri este practic imposibila. De regula, pentru obtinerea unor timpi de calcul rezonabili, rularile se efectueaza cu unul dintre parametri semnificativ redus. In calculele noastre, am optat pentru valori $\Omega > 8$ in timp ce raportul maselor a fost mentinut la valoarea fizica ($r_{mass} \sim 1840$). S-au efectuat teste numerice variind urmatorii parametri de intrare:

- densitatea de particule: $nden=70, 100, 200, 400, 1000$.
- numarul de procese: $nprs=10,20,25,50,100,125$.
- densitatea de particule/nucleu: $iden=1,2,4,5,8,10,16,20,25,40,50,100$.
- numar de sloturi/computere: 1-16.

In tabelul de mai jos sunt prezentate rezultatele obtinute pentru un grid format din $n_x=40000$ celule intr-o configuratie multiprocesor variabila. Calculele s-au realizat pentru un numar fixat de iteratii ($it=5000$) si au presupus determinarea unei configuratii optime functie de incarcarea cu particule a sistemului de simulare ($nden=100,200,400,1000$).

Densitate de particule	100	200	400	1000
Nr total de particule	4×10^6	8×10^6	16×10^6	40×10^6
Nr particule injectate	3×10^4	6×10^4	12×10^4	30×10^4
Timp rulare minim (min)	4	5	7	12

Tabel 1. Determinari ale timpului minim de calcul pentru avansul a 5000 iteratii in mai multe scheme de incarcare sistemului de simulare cu particule.

Anexa 1 Fisierul Makefile utilizat pentru compilarea programului em1D in versiunea modificata "particle tracer"

```
HEADER = param.par param.inc common.inc
all:    new_em1d12deb.exe
new_em1d12deb.exe:    $(HEADER) $(OBJS) new_main64rngenodebio.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -o new_em1d12deb.exe
new_main64rngenodebio.f90 $(OBJS) $(LIBS)
new_calcjo.o:    $(HEADER) new_calcjo.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_calcjo.f90
calcn.o: $(HEADER) calcn.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c calcn.f90
new_calmm.o:    $(HEADER) new_calmm.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_calmm.f90
cgmb.o:    $(HEADER) cgmb.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c cgmb.f90
new_check.o:    $(HEADER) new_check.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_check.f90
energ.o: $(HEADER) energ.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c energ.f90
new_initp.o:    $(HEADER) new_initp.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_initp.f90
new_injct64.o:    $(HEADER) new_injct64.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_injct64.f90
new_loadpdebio.o: $(HEADER) new_loadpdebio.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_loadpdebio.f90
new_nstepdebv2io.o:    $(HEADER) new_nstepdebv2io.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_nstepdebv2io.f90
outfd.o: $(HEADER) outfd.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c outfd.f90
outfn.o: $(HEADER) outfn.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c outfn.f90
pushb.o: $(HEADER) pushb.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c pushb.f90
pushpdebio.o:    $(HEADER) pushpdebio.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c pushpdebio.f90
rndfx64.o:    $(HEADER) rndfx64.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c rndfx64.f90
utils.o: $(HEADER) utils.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c utils.f90
new_savep.o:    $(HEADER) new_savep.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_savep.f90
new_savepdebiov2.o:    $(HEADER) new_savepdebiov2.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c new_savepdebiov2.f90
ranu2.o:    $(HEADER) ranu2.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c ranu2.f90
rann2.o:    $(HEADER) rann2.f90
    $(FC) $(FFLAGS) -c rann2.f90
clean:
    rm -f *.o
allclean:
    rm -f *.o new_em1d12deb.exe
```

Anexa 2 Parametri de intrare cod em1D

Input parameters

$$r_{\text{mass}} = m_e/m_p, m_e = 1, \beta_e, \beta_i, \tau = \frac{\omega_{pe}^2}{\Omega_{ce}^2}, \theta, M_A$$

Thermal velocities

$$v_{Te} = \sqrt{\beta_e * 0.5/\tau} \quad v_{Ti} = \sqrt{\beta_i * 0.5/\tau}$$

Plasma frequencies

$$\omega_{pe} = v_{Te}/\lambda_D, \lambda_D = 1 - \text{Debye Length} \quad \omega_{pi} = v_{Ti}/\lambda_D$$

Gyro frequencies

$$\Omega_{ce} = \omega_{pe}/\sqrt{\tau} \quad \Omega_{ci} = \Omega_{ce} \times r_{\text{mass}}$$

Electron Charge

$$q_e = -\sqrt{m_e/(4\pi n)}\omega_{pe} \quad n = \text{density} \quad q_i = -q_e$$

Magnetic field,

$$b_0 = \Omega_{ce} m_e / q_e$$

mass : 1.00 1800.00
 thermal vel. : 0.115244 0.001614
 charge : -0.003284 0.003284
 plasma freq. : 0.115244 0.002716
 gyro freq. : 0.014406 0.000008
 gyro radius : 8.00 201.64
 inertia len. : 8.68 368.14

density : 98.00

Debye len. : 1.00

mag. field : 4.386600

Alfven speed : 0.002946

inflow speed : 0.017678

influx : 0.39 0.12

theta : 81.00

Management si pregatire raport annual

Membrii echipei TUNED s-au intrunit pentru a pune la punct strategia de realizare a proiectului luind in considerare diferenta dintre finantarea contractata si cea ceruta in Propunerea de proiect. De asemenea s-au discutat detaliile fiecarei activitati si sarcinile de realizare au fost distribuite intre membrii echipei TUNED.

D. Constantiescu a efectuat o deplasare in perioada 25 Noiembrie 2012 – 1 Decembrie 2012 la IGeP Braunschweig pentru a discuta cu echipa FGM germana detalii legate de designul pachetului de calibrare automata.

7. Contextul si contributia la programele ESA

Etapa I a proiectul TUNED a contribuit la misiunea ESA Cluster prin calibrarea datelor de cimp magnetic achizitionate de instrumentele FGM de la bordul satelitilor. De asemenea studiul de concept pentru automatizarea procedurii de calibrare realizat in cadrul Etapei va face posibila realizarea unui pachet de programe care va optimiza calibrarea FGM, obiectiv esential pentru continuarea in bune conditii a misiunii Cluster.

8. Concluzii

Etapa I a proiectului TUNED a atins in intregime obiectivele planificate: A fost pus la punct un concept ce va fi folosit pentru realizarea pachetului automat de calibrare Cluster FGM. A fost realizata calibrarea manuala a instrumentului FGM pentru lunile August si Septembrie 2012. S-a instalat si optimizat codul electromagnetic unidimensional "em1D". Acest cod de simulare urmeaza sa fie folosit pentru studiul incalzirii electronilor in socurile necolizionale cuasi-perpendiculare la numere Mach ridicate.

Indicatori de monitorizare/rezultat

Nr. crt.	Denumirea indicatorului	
1	sume atrase prin participarea la programele ESA (EURO)	
2	nr. de nișe CDI identificate	
3	nr. de programe opționale ESA la care se participă ¹	
4	nr. de misiuni spațiale ESA la care participă entitățile implicate în realizarea proiectului ²	1 Cluster
5	nr. de experimente și sarcini utile îmbarcabile la bordul misiunilor ESA	1 FGM
6	nr. de centre de profil nou înființate	
7	nr. de institute naționale de CDI / entități de CDI / universități participante la realizarea proiectului	1
8	nr. entități din industrie participante la realizarea proiectului	
9	nr. de companii naționale aflate în lanțul de furnizori pentru marii integratori de produse spațiale ³	
10	ponderea participării diverselor entități în cadrul proiectului (industrie, institute naționale de CDI, entități de CDI, universități) (%) (se raportează bugetul total alocat entității pe etapa la bugetul total al proiectului)	100% CDI
11	nr. de cursuri de instruire/perfecționare organizate	
12	nr. activități de diseminare organizate (workshopuri/seminarii/conferințe etc.)	
13	nr. cereri brevete depuse national/international	
14	nr. brevete înregistrate national/international	

15 nr. articole publicate sau acceptate spre publicare⁴

16 nr. cărți publicate sau acceptate spre publicare⁵

¹⁾ se vor preciza denumirile programelor optionale ale ESA la care se participă

²⁾ se vor preciza denumirile misiunilor spațiale ESA la care se participă

³⁾ se va preciza denumirea integratorului(lor) de produse spațiale

⁴⁾ se anexează lista articole

⁵⁾ se anexează lista cărți