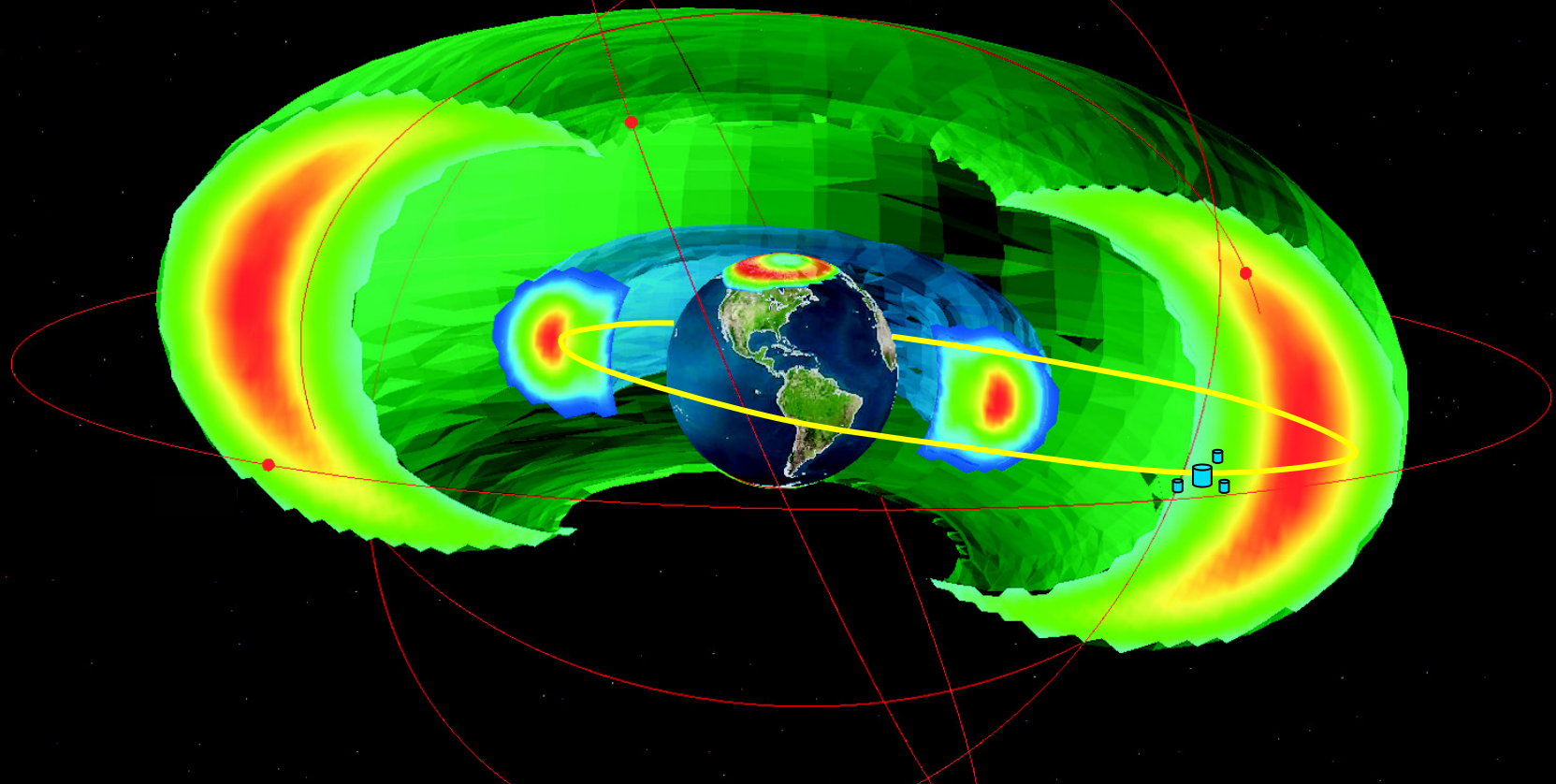


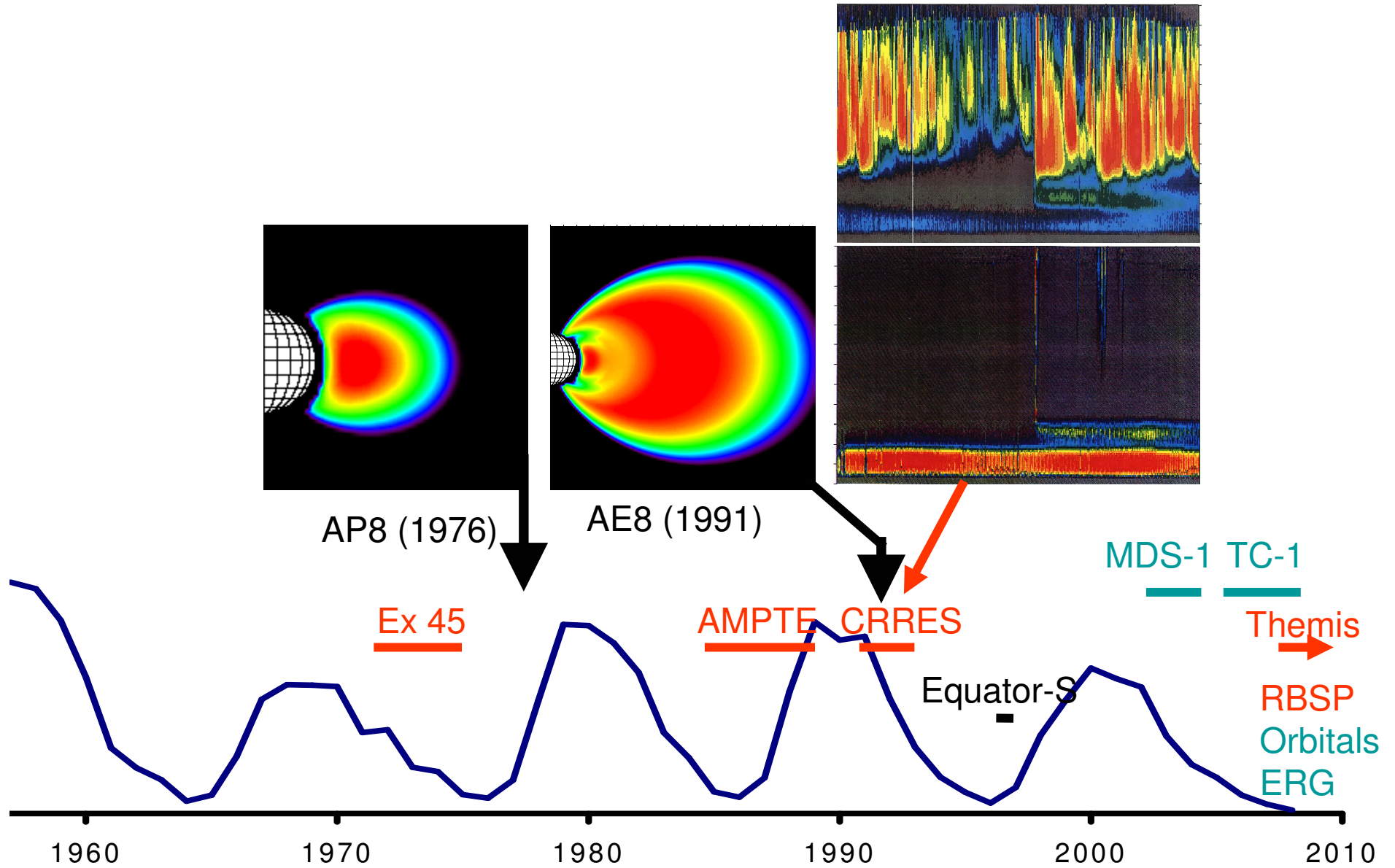
SEES



D Boscher (ONERA), I. Dandouras (CESR), V. Krasnosselskikh (LPCE)

Adaptée d'une image AF Geospace

Les missions importantes dans la magnétosphère interne et les étapes-clé pour les ceintures de radiation

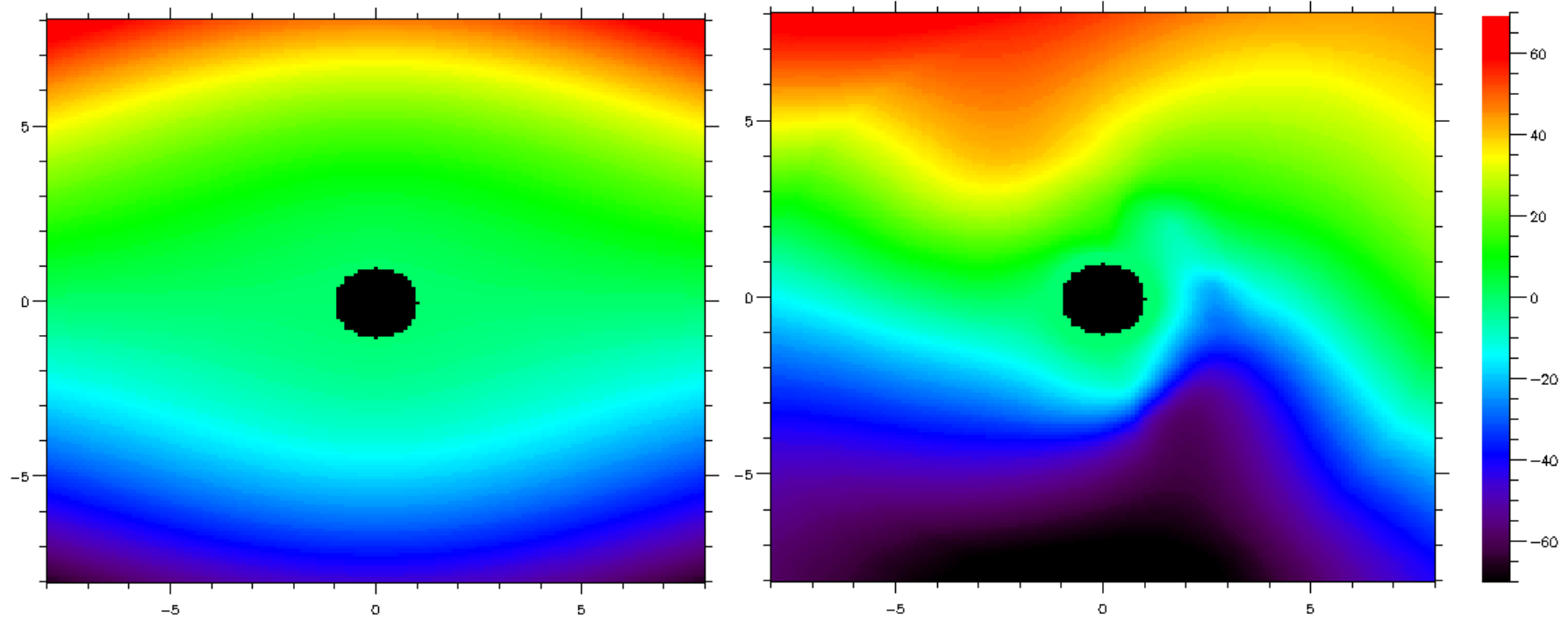


Ce qu'on connaît bien: le champ magnétique
Ce qu'on connaît mal: le reste

Le champ électrique
La plasmasphère et le « plasmatrough »
Le courant en anneau
Les ceintures de radiation
Les ondes (naturelles et artificielles)
L'exosphère
Les interactions entre toutes ces composantes

Et en particulier on connaît mal l'influence de **l'activité solaire** sur toutes ces composantes et leurs interactions (l'activité solaire a sûrement un impact aussi sur les magnétosphères des autres planètes)

Le champ électrique



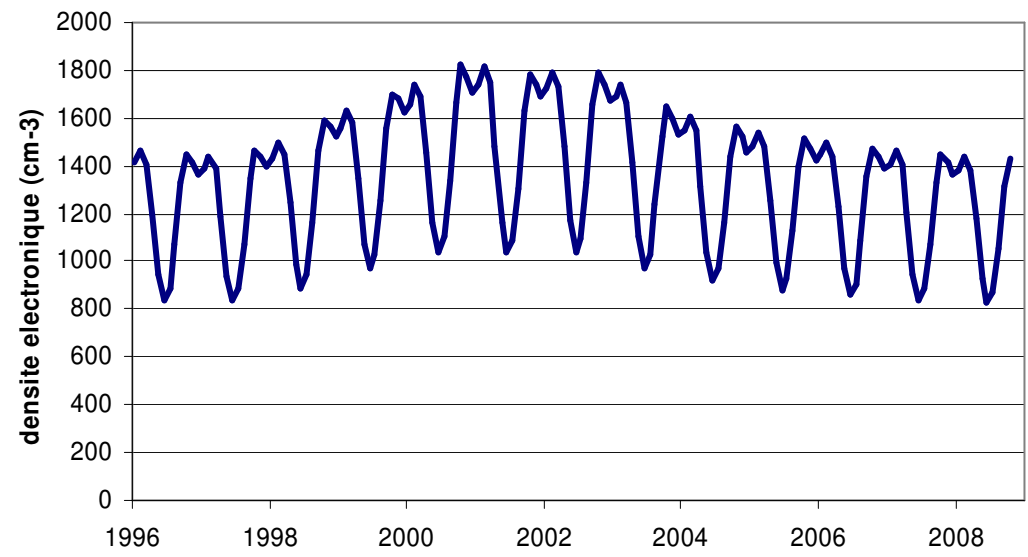
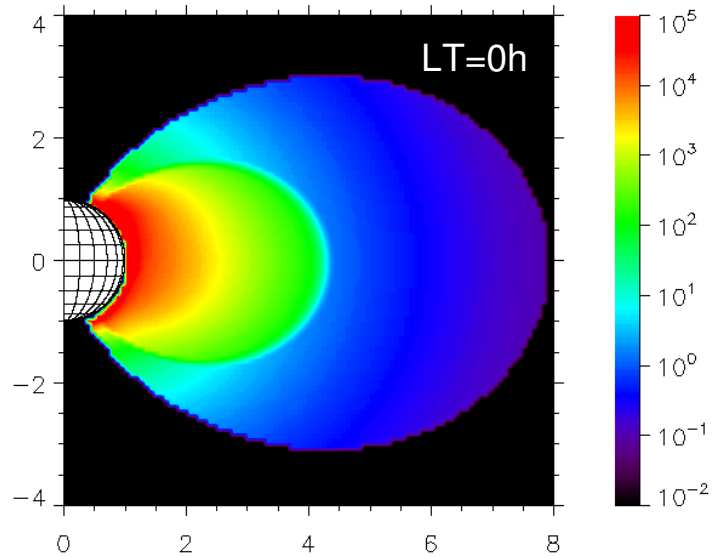
Volland-Stern Kp=6- (Maynard-Chen)

Liemohn, 2008 (U. Michigan, BATSRUS)

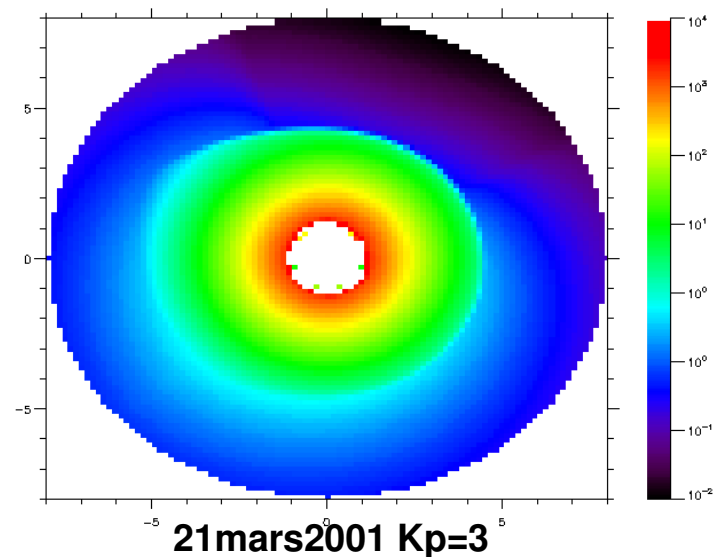
Potentiel (kV) dû au champ de convection : orage du 18 April 2002

Interactions avec le courant en anneau et la plasmasphère

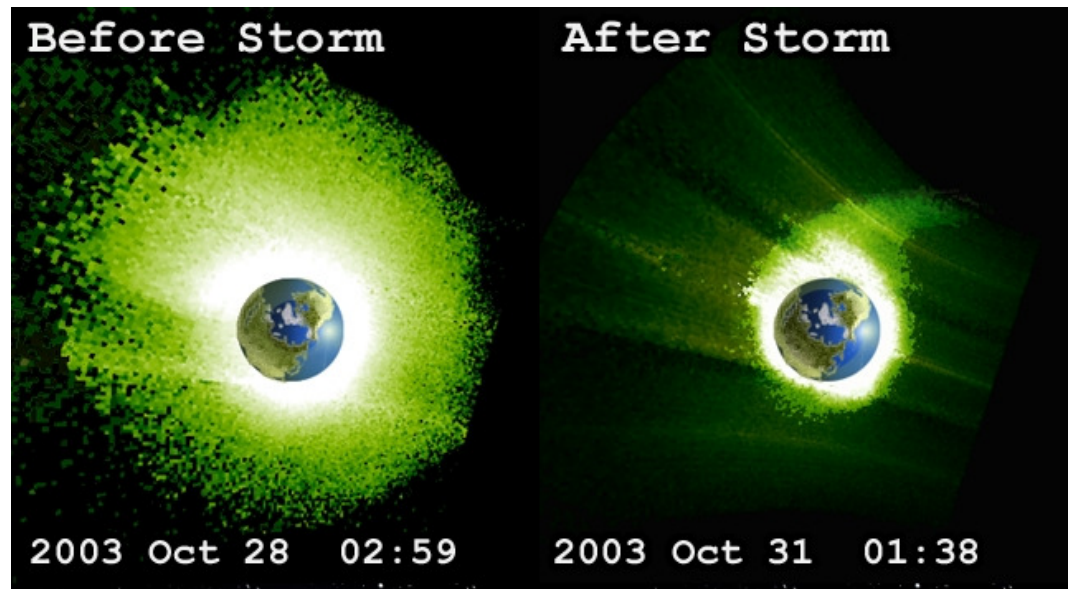
La plasmasphère



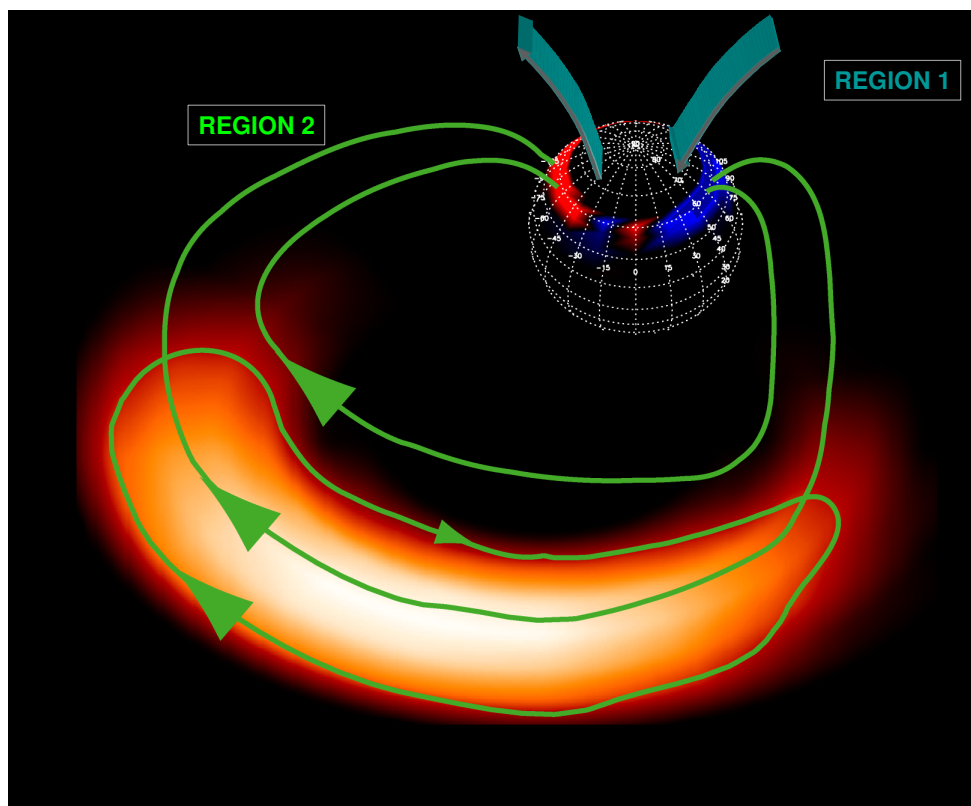
D'après Carpenter et Anderson ^{date} L=2.5, 1991



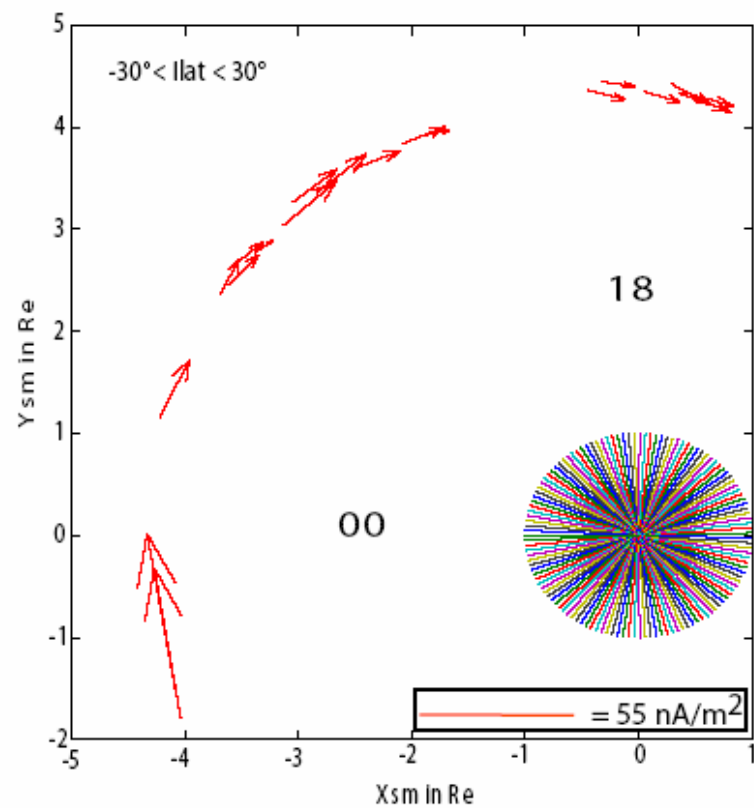
GCPM v2.2, D. Gallagher, 2007



Le courant en anneau

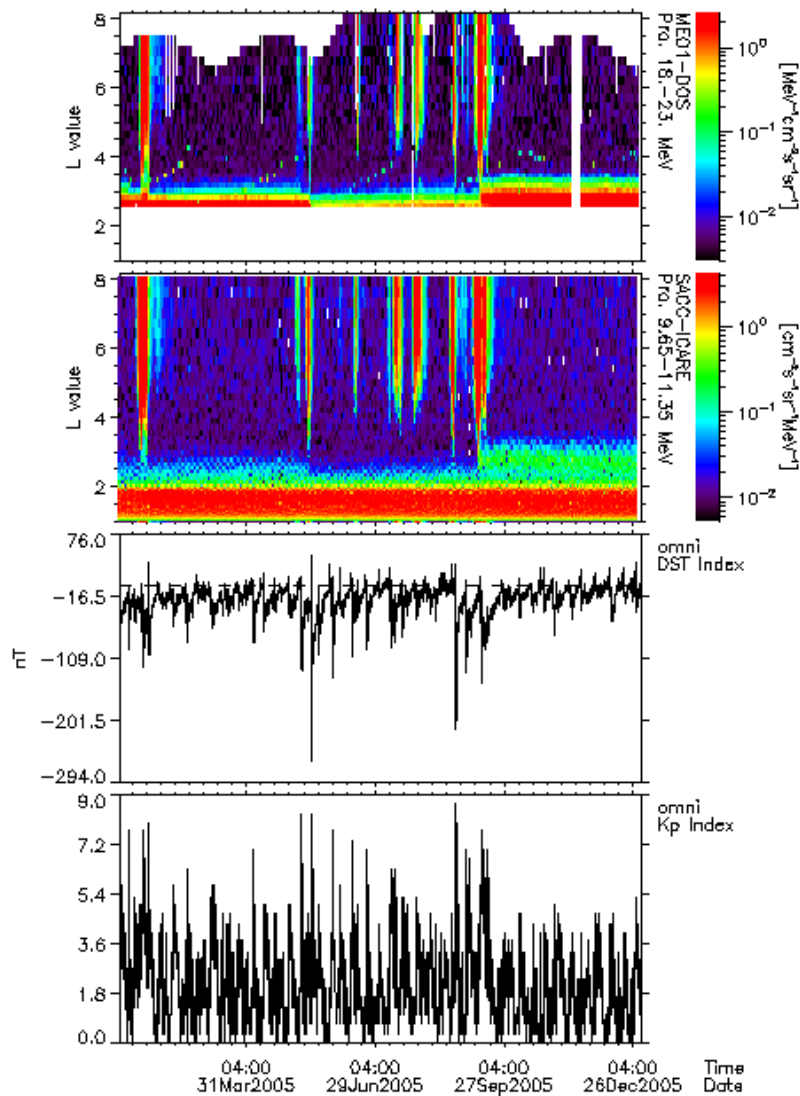


Interaction du courant en anneau et de l'ionosphère

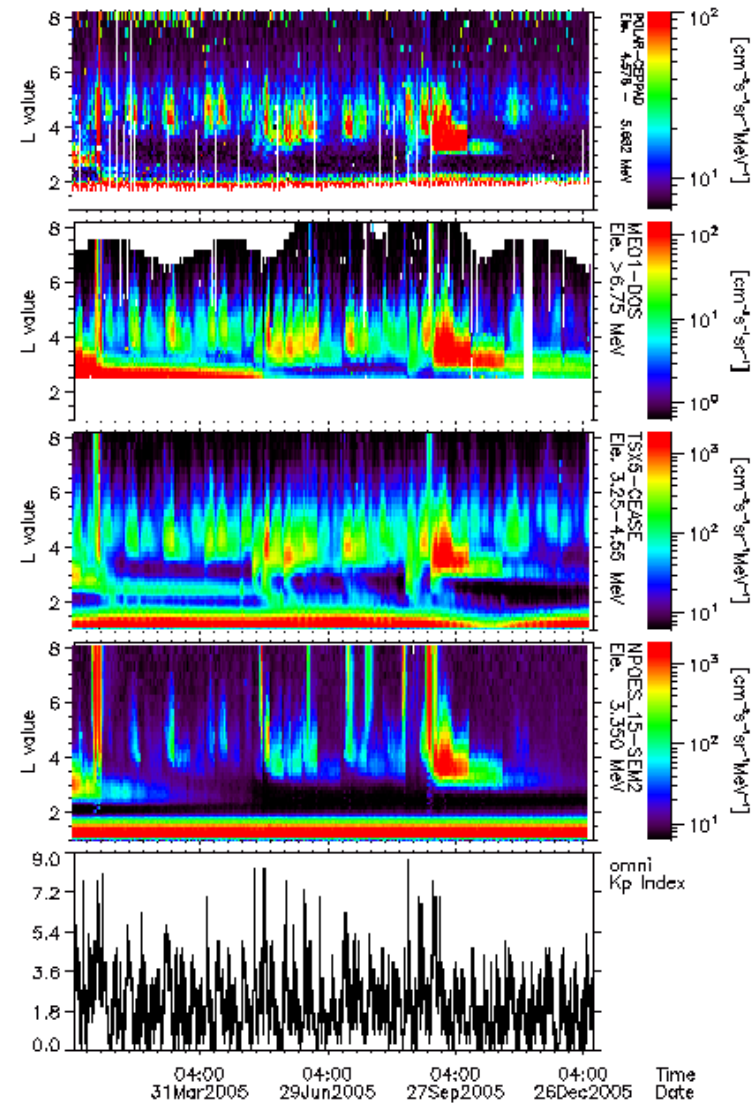


Mesure par Cluster du courant en anneau par la méthode du curlomètre (Vallat, 2005)

Les ceintures de radiation

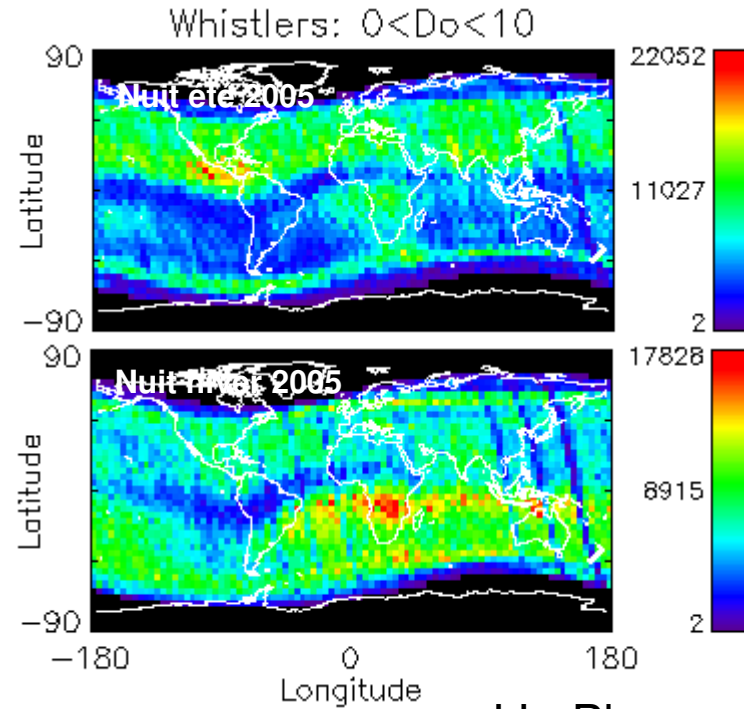
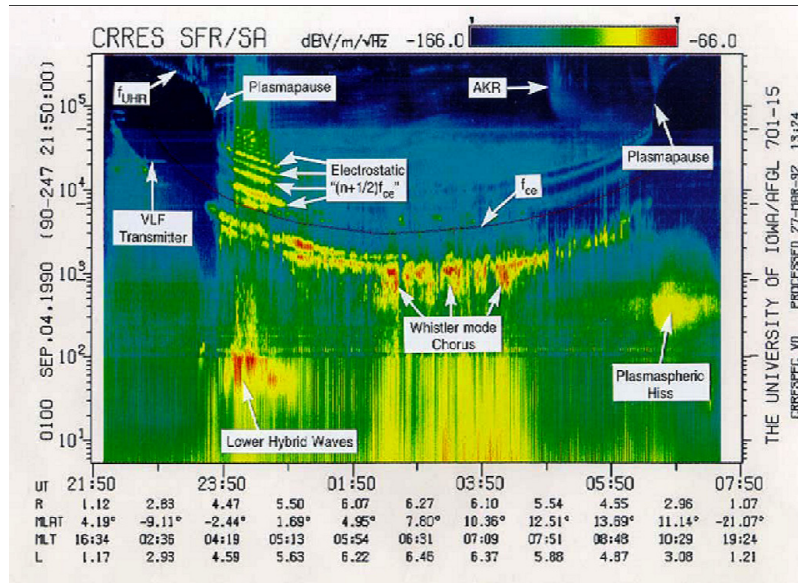


Protons des éruptions solaires ou des ceintures de radiation

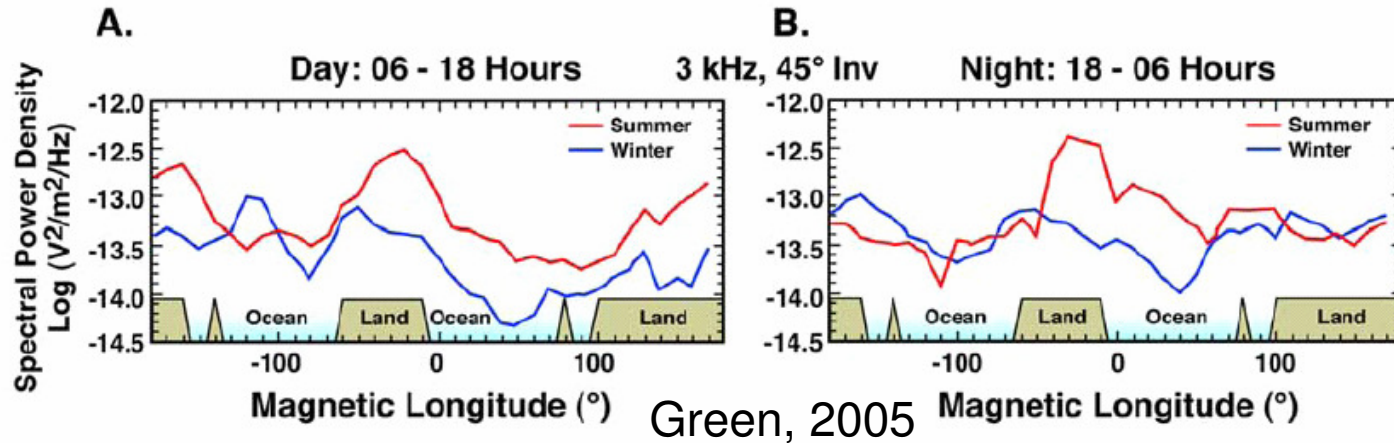


Electrons: accélération à des énergies de plusieurs MeV

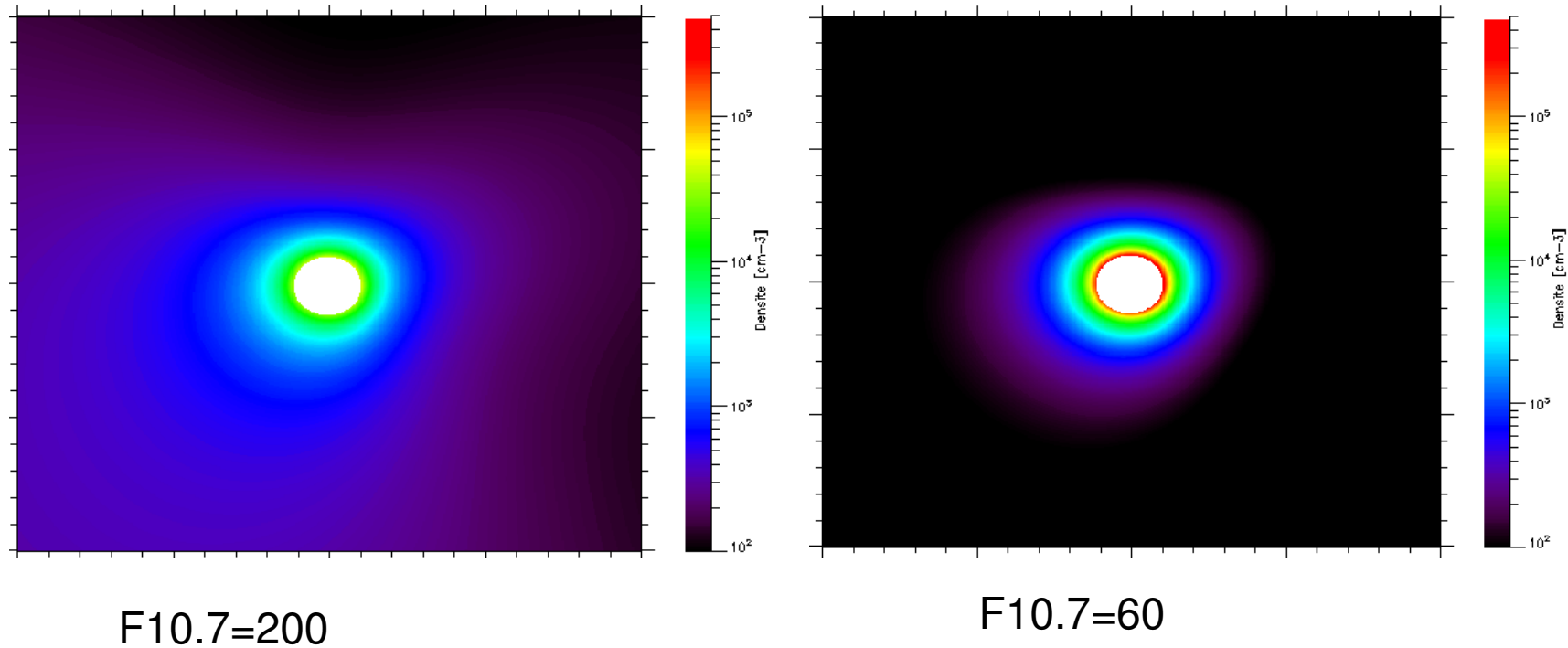
Les ondes



J.L. Pinçon



L'exosphère: extrapolation de MSIS



1 seule mesure sérieuse: Rairden (1986) 14 Octobre 1981 LT = 9:24 Ap=73, F107 =256

MSIS : variations de densités sous-estimées d'un facteur 2 pour les activités magnétiques intenses (Chantal Lathuillère, Obernai, 2008)

Ce qu'on propose

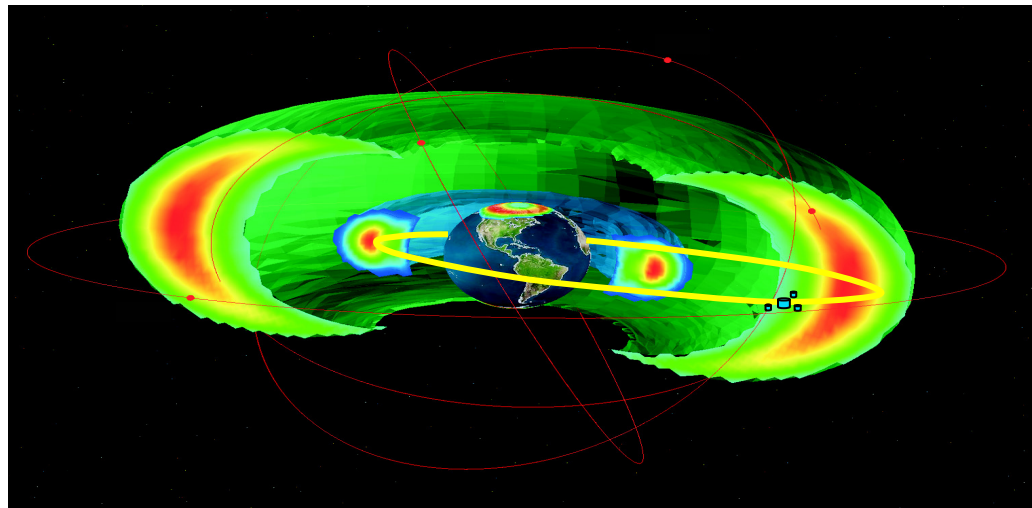
SEES = mission de 4 satellites (1 micro + 3 nanos)

1 micro = mesure locale de l'environnement (plasma, courant en anneau, ceintures, champs magnétique, ondes, exosphère)+ 1 émetteur VLF

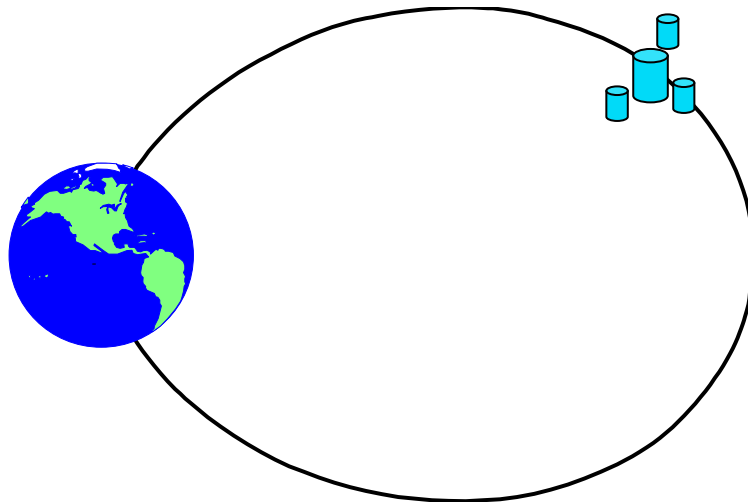
3 nanos = mesure du champ magnétique → courant (curlomètre)
mesure des électrons : interactions ondes (émetteur)-particules

Orbite: équatoriale $2R_e \times 5R_e$ (6000x25000km)

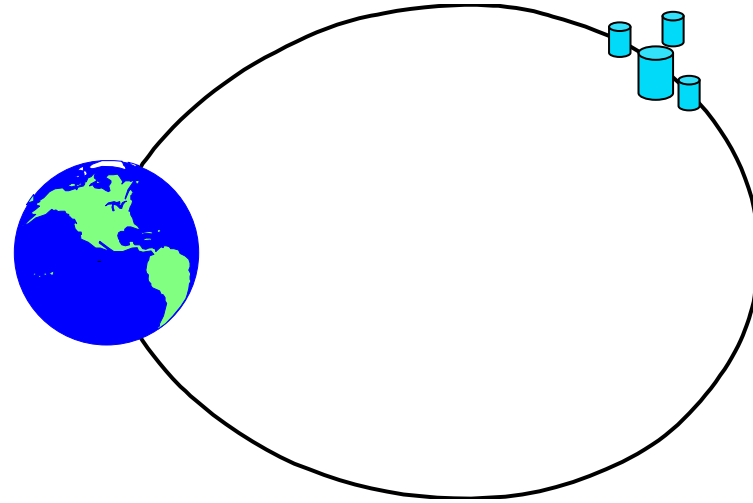
Compromis: étude magnétosphère interne-durée de vie du satellite



Configurations



Configuration curlomètre:
Pratiquement tout le temps,
Orbites libres réajustées (type Cluster)



Configuration mesure des interactions
ondes-particules:
De temps en temps (coïncident avec
émetteur)
Orbites telles que 3 satellites sur la
même ligne de champ

Caractéristiques scientifiques des instruments

Instrument	Gamme	Précision	Cadence	Laboratoires
DC magnétomètre (fluxgate)	0.05nT - 5000nT	0.05nT 1° direction	10 vecteurs/s ??	Il me semble que seuls les danois (DMI : Oersted, SAC-C, SWARM) sachent faire cet instrument en Europe ou A. Balogh (Imperial College, voir Cluster)
AC magnétomètre (searchcoil)	0.1Hz - 50kHz	10^{-5} nT/?Hz	100000/s	CETP-LPCE
DC et AC champ électrique (Langmuir probes)	0.1-100Hz 0.1-600kHz (128pas)	???	100/s (DC), 20000/s (AC)	CETP-LPCE (Interball), IRFUppsala, Suède(Cluster)
Électrons basse énergie (electrostatic analyser)	~1eV-30keV	11°	4s	CESR (Interball-T, STEREO), MSSL (Cluster)
Ions basse énergie	~1eV-40keV	22°	4s	CESR (Cluster, Double Star), IRF Kiruna, Suede (Interball-T)
Électrons moyenne énergie	20keV-500keV	22°	4s	CESR (Demeter, XMM), MPS (Cluster)
Ions moyenne énergie	20keV-1MeV	22°	4s	MPS, Allemagne (CRRES, Cluster), IEP (Kudela, Slovaquie) (Interball), RAL (Angleterre), Duth (Grèce)
Électrons haute énergie	200keV-5MeV	30°	4s	MPS, Allemagne (Cassini), CNES (SAC-C, JASON2),
Protons haute énergie	1MeV-50MeV	30°	4s	MPS, Allemagne (Cassini)CNES (SAC-C, JASON2),
Spectromètre de masse d'atomes exosphériques	~1eV	20°	4s	Rajouté à la proposition sur le s/c central
Émetteur VLF	1-50kHz (porteuse)+1-100Hz (modulation)		Non continu	U Massachusettets-Lowell (IMAGE)

Caractéristiques techniques des instruments

Instrument	Caractéristiques	Masse, puissance	Puissance	Héritage	Remarques
DC magnétomètre	Flux-gate + boom	2.2kg (300g senseur, 300g électronique, bras 1.5kg) ;1W	1W	Beaucoup de s/c (Oersted, SAC-C, Proba-2, SWARM ou Cluster)	x4 (sur les 3 petits satellites, le bras peut être plus court)
AC magnétomètre	(+bras)	2.9kg (500g senseur, 2kg électronique, câbles 400g, bras 1.5kg)	1W	Demeter, fusées sonde, Cluster, propositions Solar Orbiter, Taranis	
DC et AC champ électrique	(+bras)	8kg (senseurs et électronique 2kg, bras 6kg)	1W	Themis	
DPU (Data Processing Unit) commune champs		2.5 kg (2 kg DPU + 0.5 kg écran radiation)	4 W	LPCE / Meudon / Sheffield University / Czech Republic Cluster, Demeter	
Électrons basse énergie	(~1eV-30keV)	3kg	2W	Cluster, STEREO	x4
Ions basse énergie	(~1eV-40keV)	5kg	4W	Cluster, Double Star	x4
Électrons moyenne énergie	(~20keV-500keV)	3kg	2W	DEMETER, Cluster	x4
Ions moyenne énergie	(~20keV-1MeV)	6kg	6W	Cluster, AMPTE	x1
Électrons haute énergie	(~200keV-5MeV)	3kg	4W	Cassini, JASON2	x4
Protons haute énergie	(~1MeV-50MeV)	3kg	4W	Cassini, JASON2	x1
Spectromètre de masse d'atomes exosphériques	~1eV	2kg	5W		Rajouté à la proposition sur le s/c central
Émetteur VLF		48kg ? (RPI/IMAGE)	31W ? (RPI/IMAGE)		

Total charge utile micro

89kg

65W

Total charge utile nano

16kg

13W

Coopérations

WARP:

- Finnish Meteorological Institute,
- Swedish Institute for Space Physics,
- National Observatory of Athens,
- University of Wales,
- Belgian Institute of Space Aeronomy,
- Technische Universität Braunschweig,
- Rutherford Appleton Laboratory,
- British Antarctic Survey,
- Swedish Royal Institute of Technology,
- Czech Charles University,
- Austrian Academy of Science,
- Danish National Space Center),
- [CESR](#),
- [LPCE](#),
- [ONERA](#)

•SEES:

- Ondrej Santolik, Institute of Atmospheric Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic,
- Natalia Ganushkina, Finnish Meteorological Institute, Space Research,
- Matatoshi Yamauchi, Swedish Institute of Space Physics, Kiruna, Sweden

Etudiants de l'ISAE (Supaero):
Etude du dimensionnement de SEES

Positionnement

Par rapport a RBSP:

Etude fine des interactions ondes-particules

Mesure du courant en anneau (curlomètre) vers l'équateur sur une longue période

Mesure de l'exosphère

Autre phase du cycle (analogies-différences)

ILWS

PNST

Météorologie de l'espace