

Nanosatellites pour le PNST ?

B. Cecconi, C. Briand



Nanosats - Petits Rappels

Classification des petits satellites

- Femtosatellite : masse < 100 g.
- Picosatellite : masse < 1 kg
- **Nanosatellite** : masse < 10 kg (CubeSat)
- Microsatellite : masse < 100–150 kg (NASA < 100 kg)
- Minisatellite : masse < 500 kg (NASA small satellite < 180 kg)

Cubesats

<http://cubesat.org>

1U = 10x10x10 cm / ~1 kg / ~1W

Modulaire: 1U, 2U, 3U...6U... 12U...



Projet QB-50



QB50, an FP7 Project



Nouveau type de plateforme

- Petite plateforme: penser autrement!
 - peu d'instruments par satellite (1 seul ?)
 - instruments miniaturisés
 - essaim/groupe de satellite (redondance, replication)
 - multi-point
- Plateforme "low-cost" (?)
 - orbite basse (jetable...)
- Filière de développement rapide possible
- Lancement facilité (Pod de lancement standard)

Campus Spatiaux

- Chaque ComUE, Super-U et autre Idex veut avoir son campus spatial
- Formation des étudiants à travers projets nanosats: développement de projets, instrumentation...
- Programme JANUS du CNES

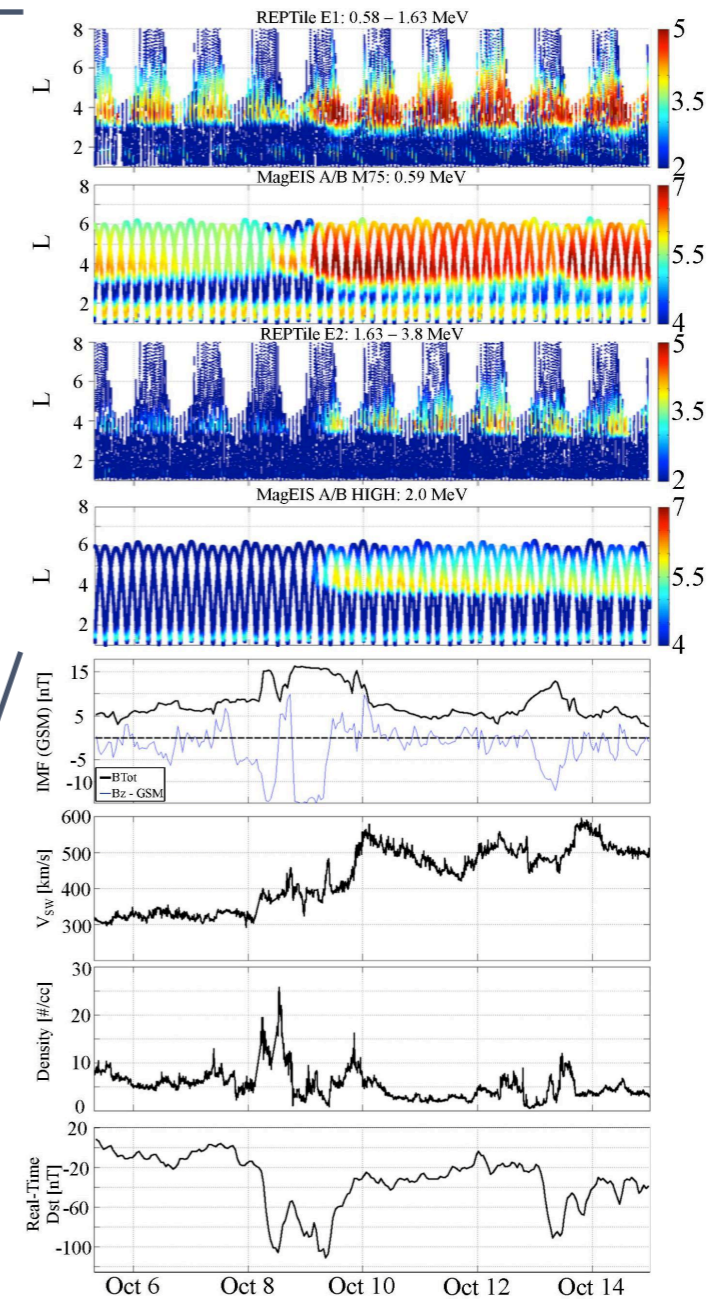
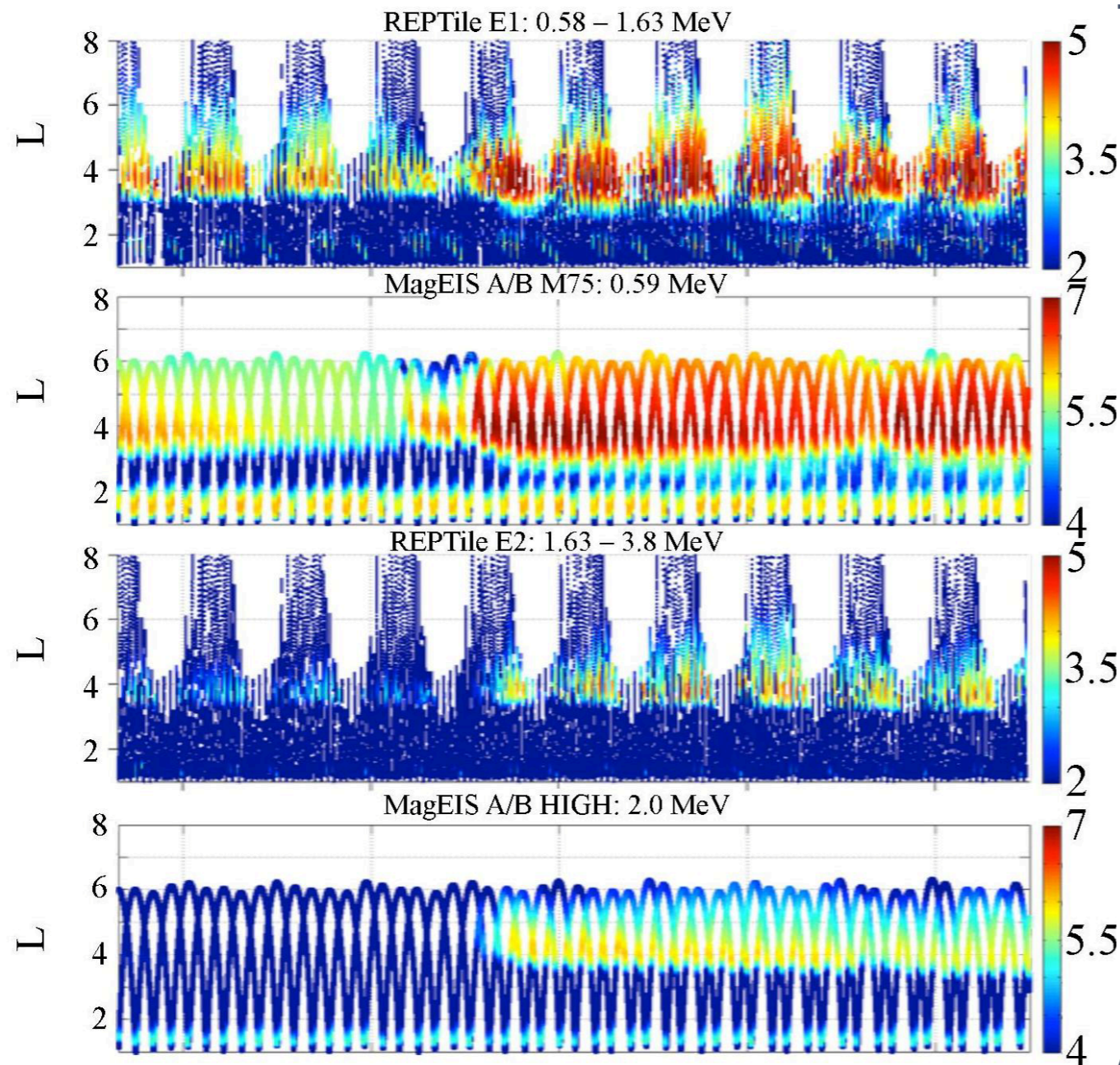
Missions nanosat

CSSWE (Univ. Colorado)

- Relativistic Electron and Proton Telescope integrated little experiment (REPTile) sur le cubesat Colorado Student Space Weather Experiment (CSSWE)
- Low Earth Orbit (latitude 65°)
- Comparaison avec mesures Relativistic Electron and Proton Telescope (REPT) et Magnetic Electron Ion Spectrometer (MagEIS) à bord de RBSP (Van Allen Probes)
- Objectif: compléter les mesures équatoriales de RBSP par des mesures aux pieds des lignes de champs magnétiques.
- Publication:
Li, X., et al. (2013), First results from CSSWE CubeSat: Characteristics of relativistic electrons in the near-Earth environment during the October 2012 magnetic storms, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, 6489–6499, doi: 10.1002/2013JA019342.

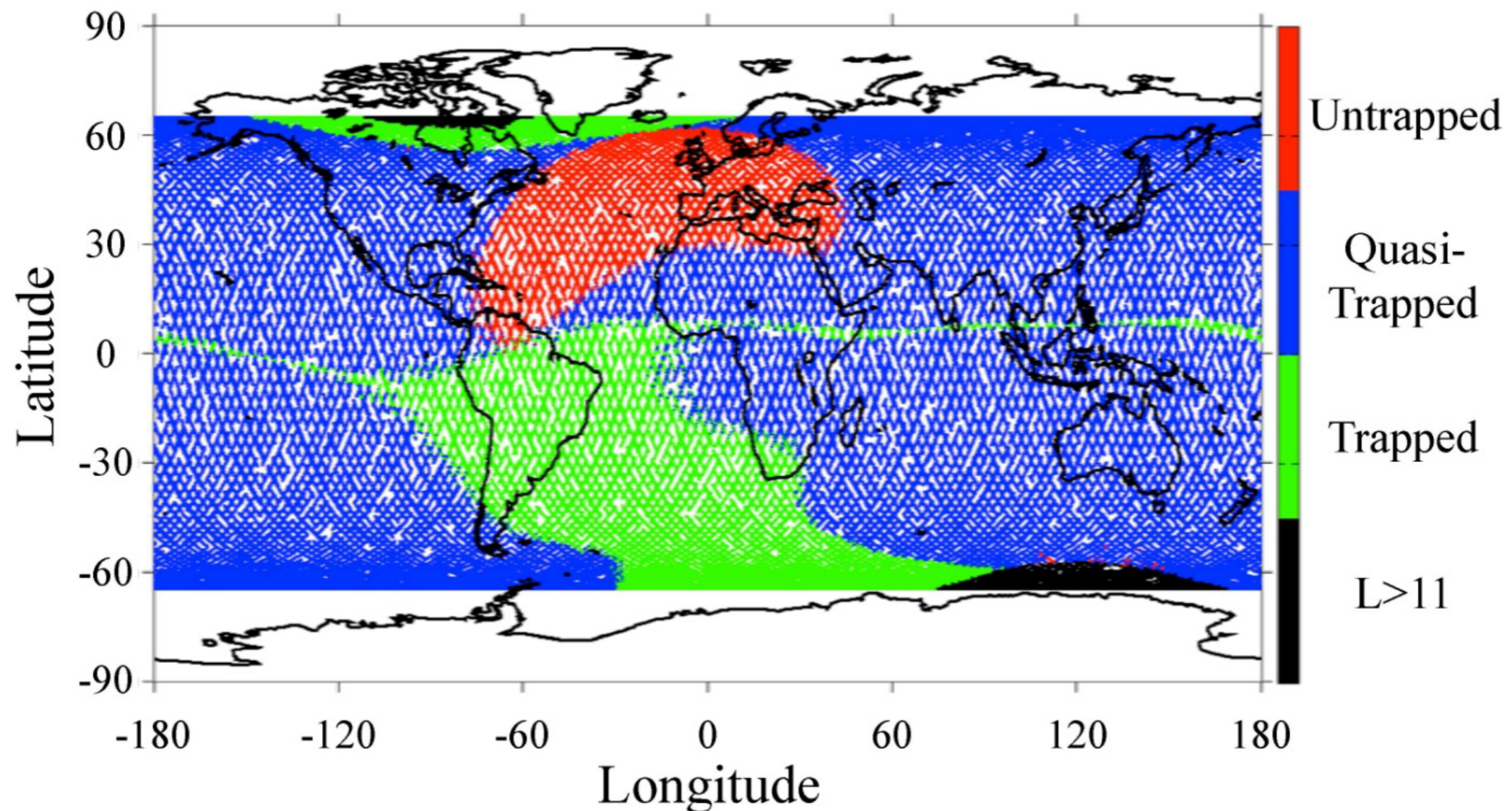
CSSWE

Comparaison avec RBSP



CSSWE

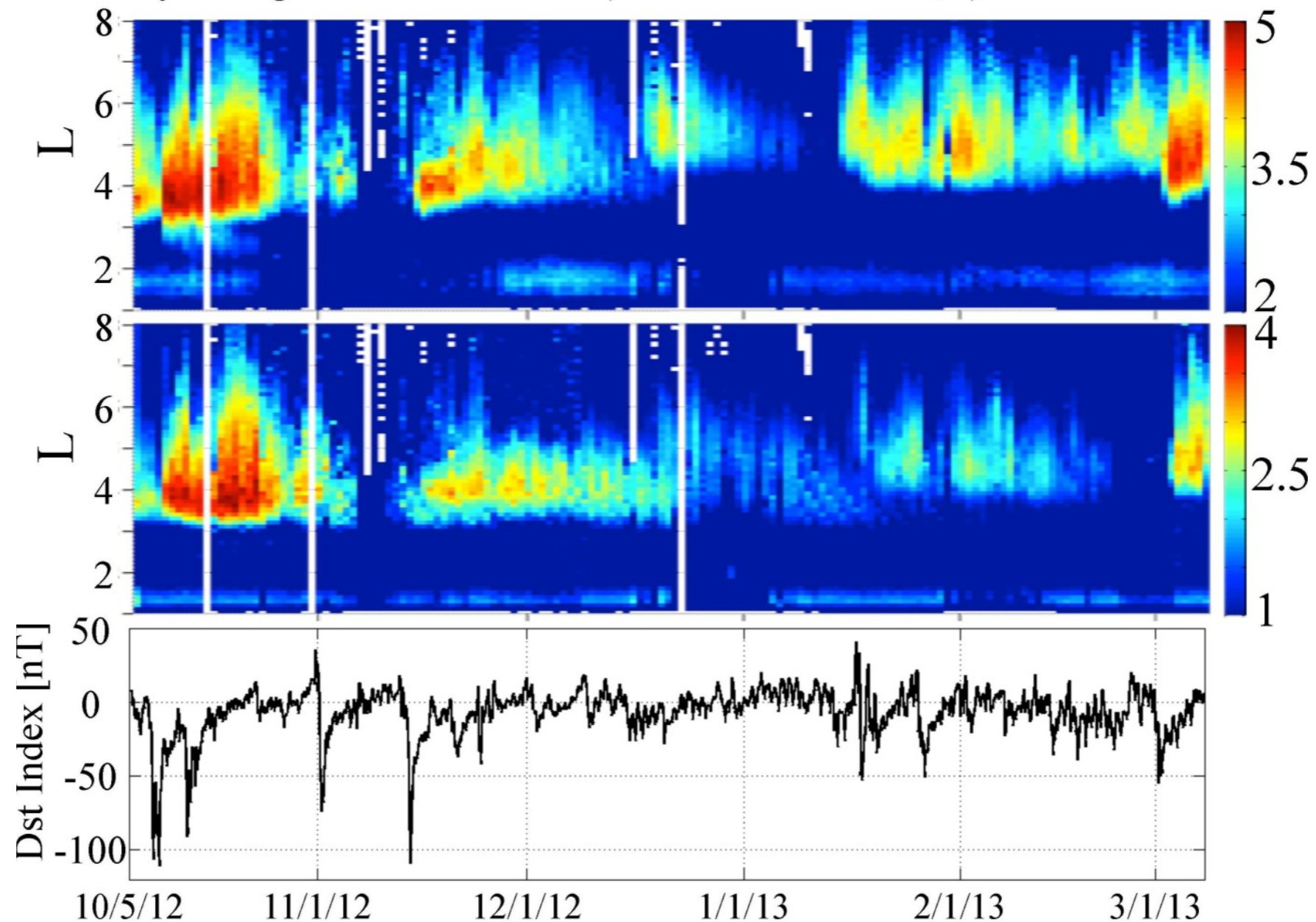
Cartographie des particules



CSSWE Meteo Spatiale

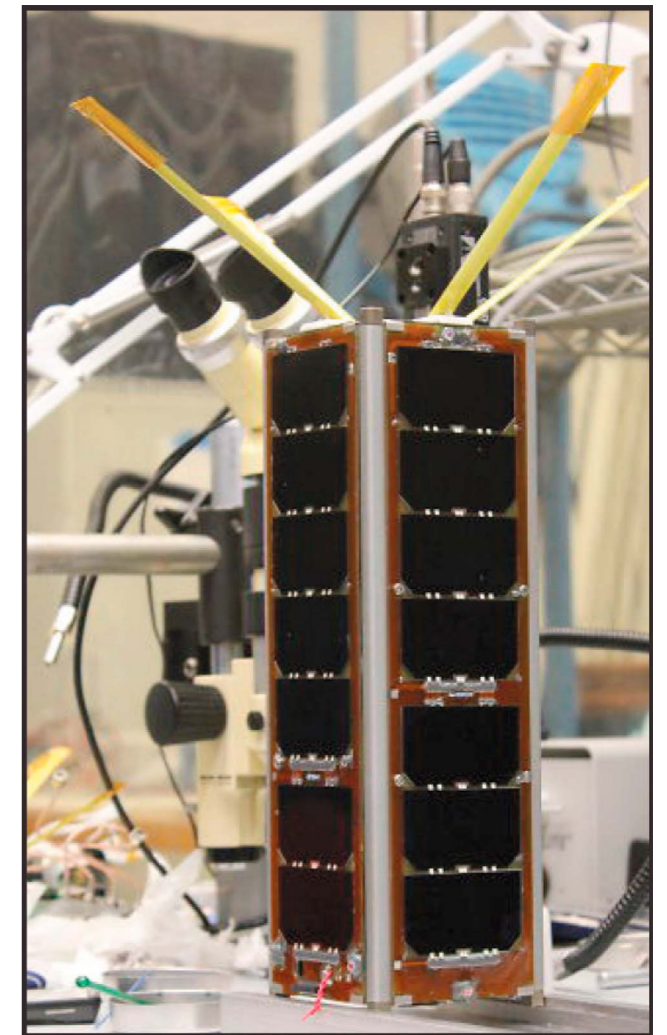
Surveillance des Ceintures de Radiations

Daily Averaged Electron Flux for a) $E = 0.58 - 1.63$ MeV, b) $E = 1.63 - 3.8$ MeV



Missions nanosat RAX (Univ. Michigan)

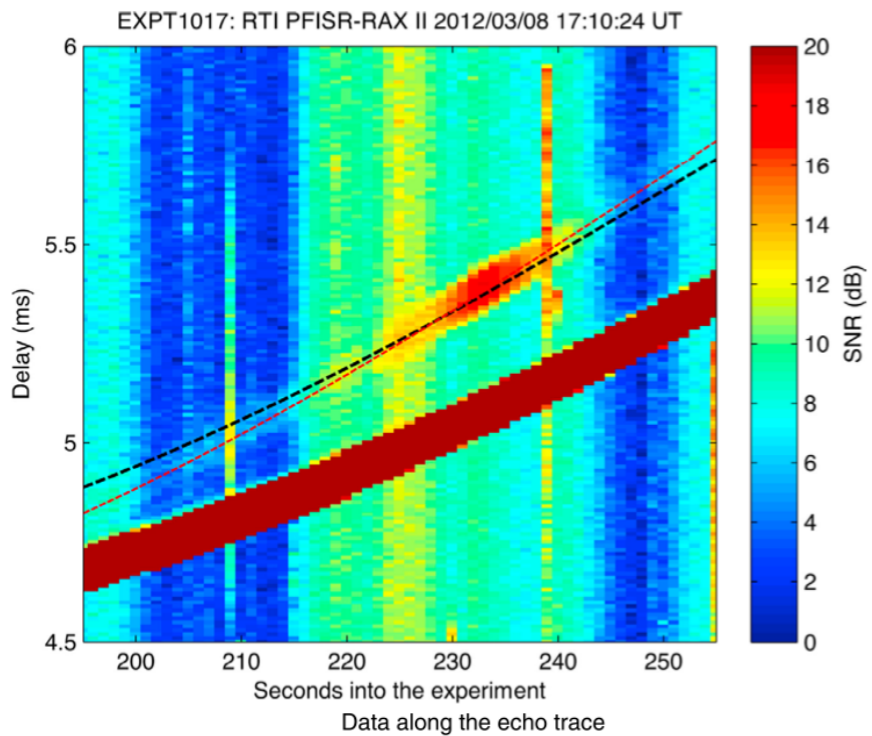
- Radio Explorer CubSat (RAX) développé avec la NSF, et l'Université du Michigan.
- Mesures in situ en UHF (450 MHz) des signaux du radar ionosphérique de PFISR (Poker Flat, Alaska)
- Publications:
Bahcivan, H., J. W. et al. (2012), First measurements of radar coherent scatter by the Radio Aurora Explorer CubeSat, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L14101, doi:10.1029/2012GL052249.
Bahcivan, H., and J. W. Cutler (2012), Radio Aurora Explorer: Mission science and radar system, *Radio Sci.*, 47, RS2012, doi: 10.1029/2011RS004817.



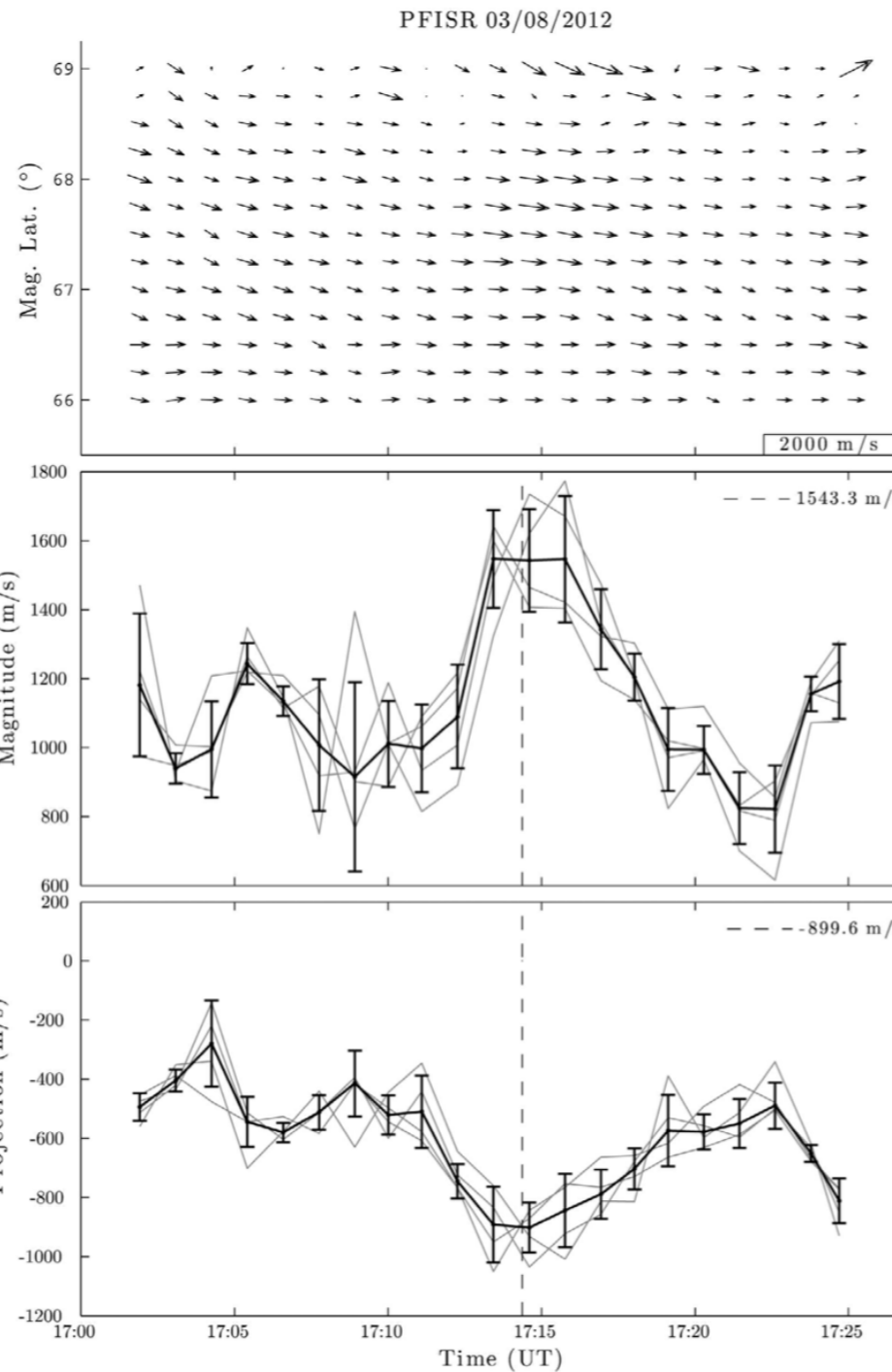
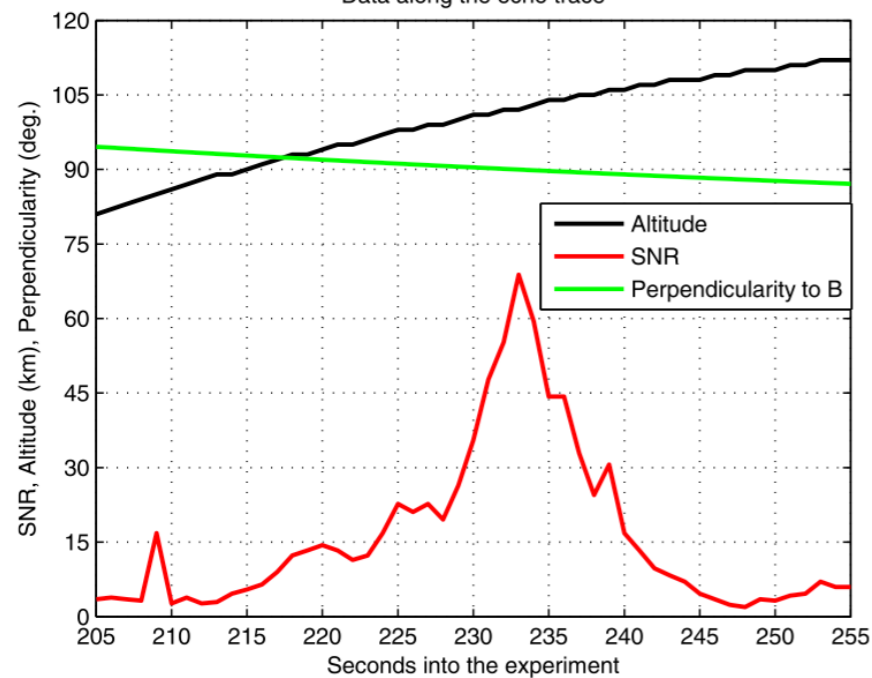
RAX

Mesures du signal radar

Signal radar



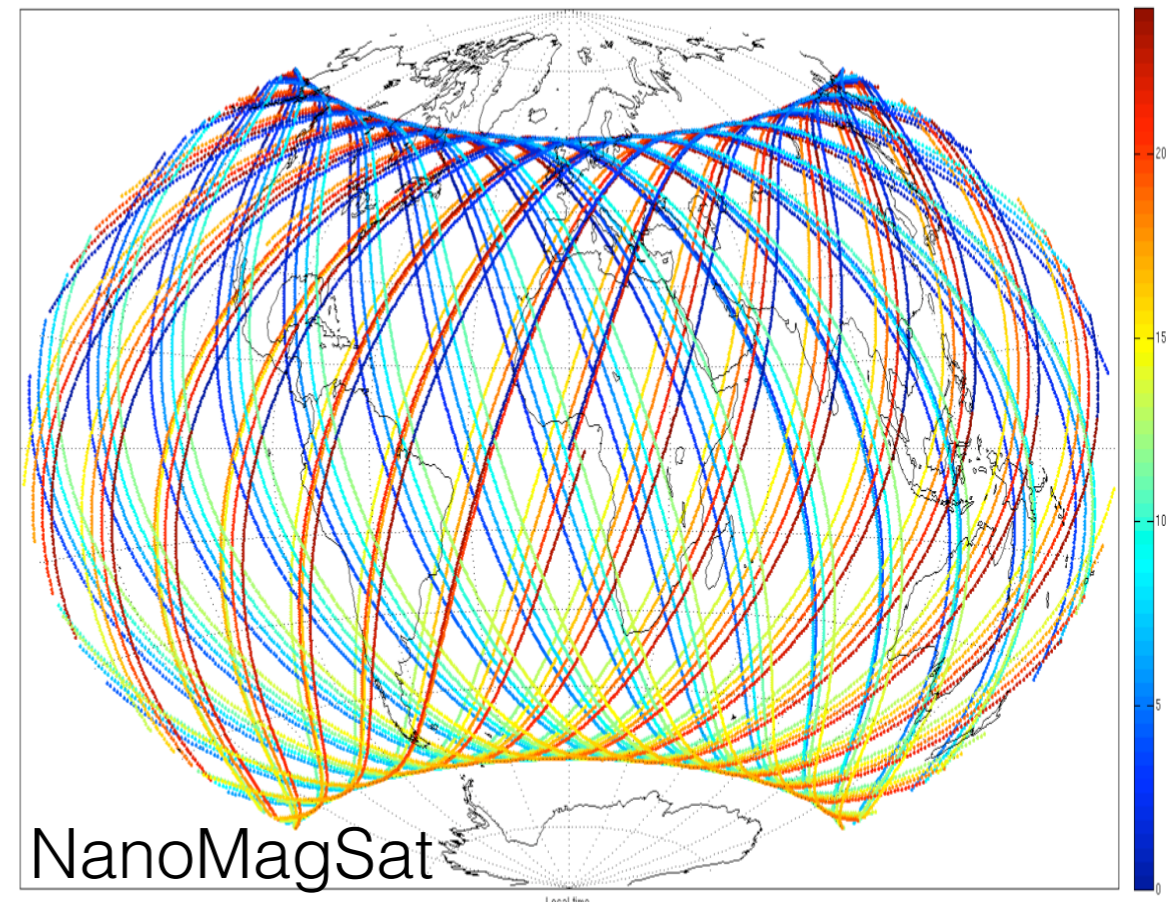
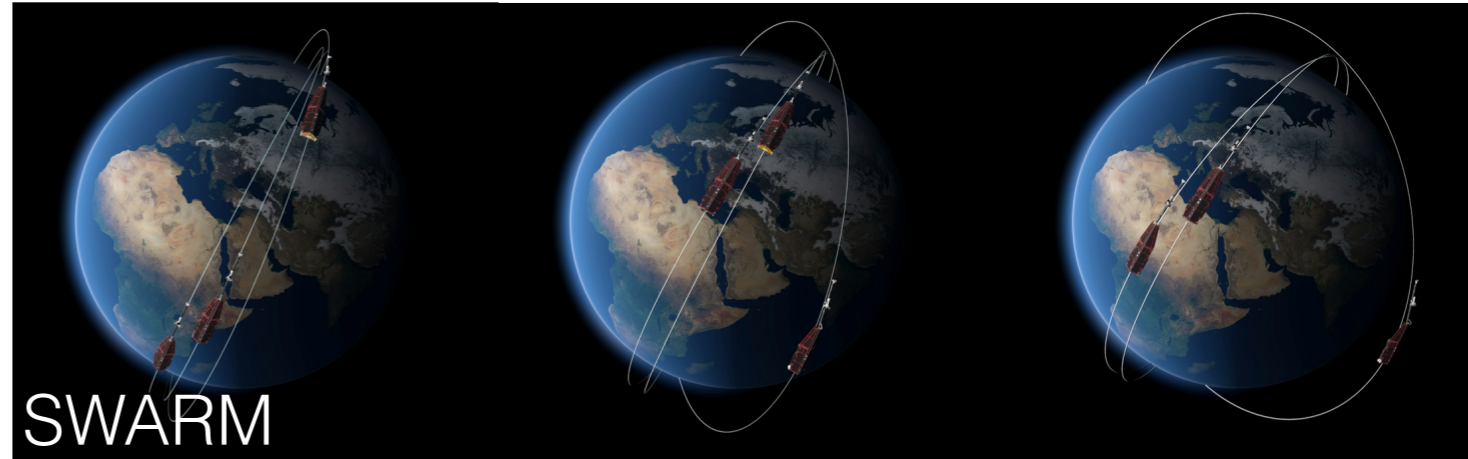
Signal radar



*Comparaison
mesure avec
inversion PFISR*

Projet Nanosat NanoMagSat

- Nanosat en soutien à Swarm (IPGP, Paris)
- Phase 0 CNES en cours
- Objectif:
 - Couvrir les heures locales beaucoup plus vite et croiser les orbites des satellites polaires (Alpha, Bravo, Charlie)
 - Améliorer la résolution temporelle des modèles du champ ionosphérique et du champ de la géodynamo
 - Améliorer la résolution spatiale du champ magnétosphérique et du champ lithosphérique





Projet Nanosat CIRCUS

- **Characterizing the Ionosphere with a Radio receiver on a CUbe Sat**
LESIA, A. Zaslavsky.
- Soutien ESEP, PSL
- Objectifs:
 - In-situ study of the **ionospheric plasma with high temporal resolution** ($<1\text{ms}$), using the thermal noise spectroscopy technique (provides measurements of local electron density and temperature)
 - In-situ study of the **ionospheric plasma turbulence**, and non-thermal electromagnetic activity (waves).
- CubeSat with **polar orbit**, 300-600 km altitude.
 - Typical plasma parameters : $n_e \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$ et $T_e \sim 1300 \text{ K}$
 - Plasma frequency $f_p \sim 5 - 10 \text{ MHz}$: necessity for a receiver with a frequency range from a few kHz – 100 MHz
 - Debye length : $L_D \sim 1 \text{ mm}$ (necessity for thin antennas : diameter smaller than 2-3 L_D)

Projet Nanosat OLFAR

- **OLFAR: Orbiting low Frequency Antennas for Radio Astronomy**

Projet Néerlandais + collaboration France, Suède...

- Science objectives:

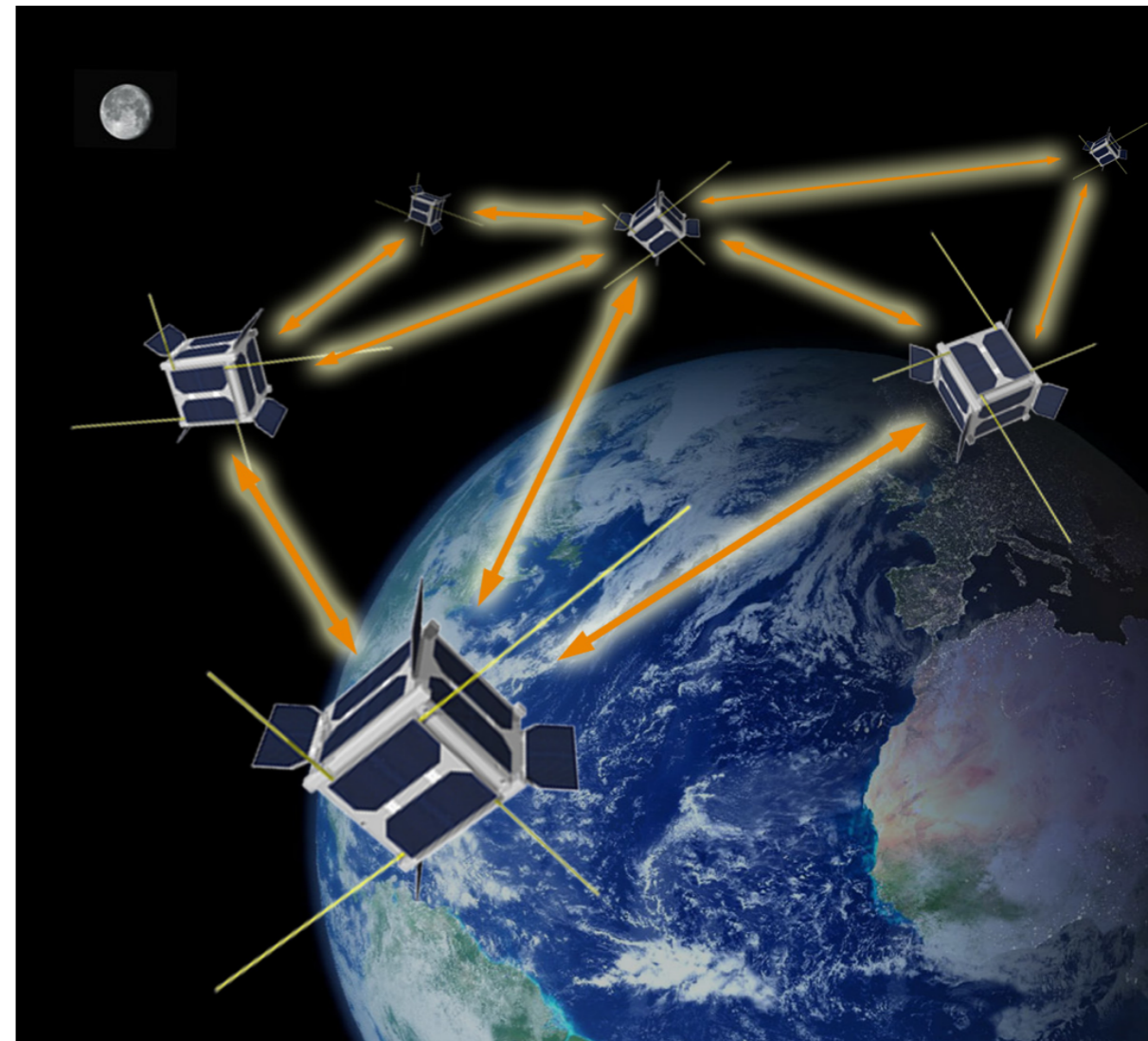
- «Dark Ages» (cosmology $< 10\text{MHz}$, redshift ~ 100 , EoR [Epoch of Recombination])
- Sun-Earth (space weather), Planets (outer planets: Uranus...)
- In situ measurements (Thermal Noise).

- Technology objectives:

- Passive formation flying (swarm configuration); inter-satellite distance $< 100\text{ km}$
- Inter-satellite communication with GSM, shared computing power (distributed computing)
- Radio antennas: 3 electric dipoles axes ($6 \times 5\text{ m}$); frequency range: $30\text{ kHz}-30\text{ MHz}$

- Schedule: 2020 ?

Orbitography: lunar orbit (or L4-L5 Earth Lagrange Points)



Projet Nanosat NOIRE

- **Nanosat pour un Observatoire Interférométrie Radio dans l'Espace**

(voir poster 2.3)

- Phase 0 CNES en cours
Collaboration avec équipe OLFAR

- **Applications:**

- imagerie radio BF: héliosphère interne, ceinture de radiations terrestres et planétaires

- Antennes = dipôles courts électriques

Volume de données énormes

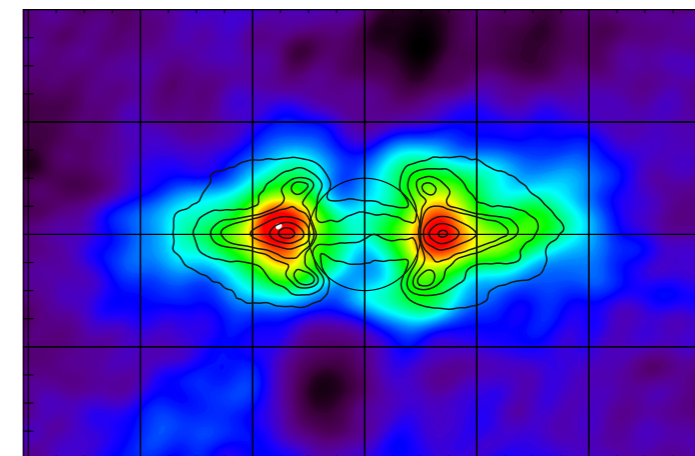
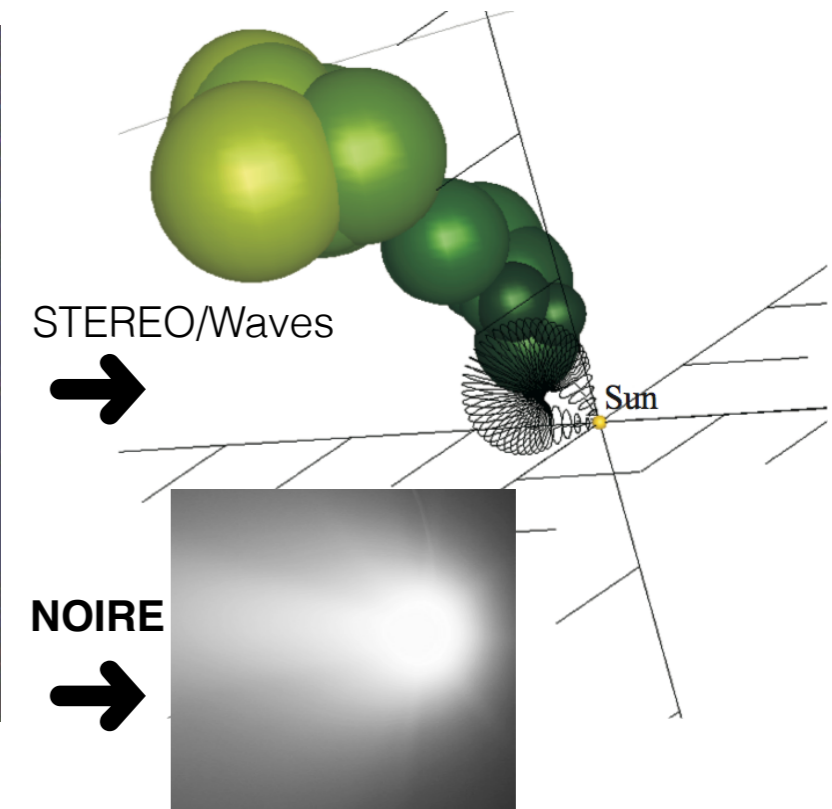
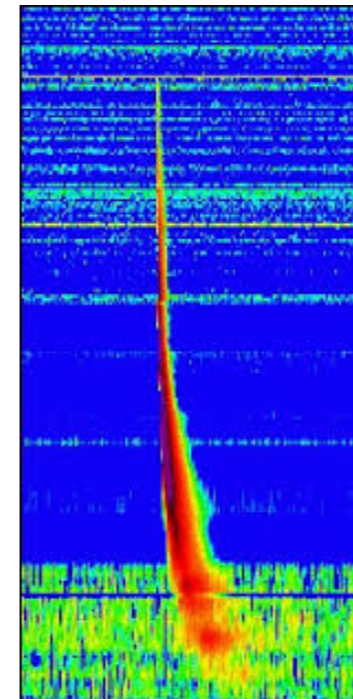
=> réduction en vol

Vision "3D" (pas de sol)

=> algorithmes différents que radio sol (LOFAR, SKA)

Grandes lignes de bases

=> communications inter-nœuds ?



Ateliers

- Atelier du groupe SHM, en préparation du Séminaire de Prospective Spatiale de 2014 : Quels débouchés pour les nanosatellites, Meudon, Nov. 2013
- Journée ESEP : L'exploration spatiale du système solaire : l'apport des nanosatellites, Jussieu, Déc. 2014
- Atelier CNES sur les nanosatellites, Paris, Avril 2015.
- Atelier NanoSSA, Grenoble Juin 2015.
- CCT CNES
- Atelier NanoCSUG2, Grenoble, la semaine prochaine.

Applications PNST

- Instrumentation/plateforme
 - Tests technologiques, démonstrateurs
 - Soutien aux missions en cours
 - Plateforme répartie (essaim)
- Observation
 - Mesures multi-points (beaucoup de points?)
 - Radio astronomie (imagerie interférométrique)
- Météo de l'espace
 - balise "météo de l'espace" ?
 - imagerie radio BF des émissions radio solaires, des ceintures de radiation terrestres

Type de plateforme / mission

	Flottille légère	Gabarit Nanosat
Surveillance permanente (opérationnel ?)	<ul style="list-style-type: none">- Flottille avec grand nombre de satellite : coût faible.- Orbites basses / très elliptiques avec périégée très bas.- Concepts de mesure simples et robustes (étalonnage facile)	
Etudes scientifiques	<ul style="list-style-type: none">- test de nouvelles technologies- mesures complémentaires de grosses missions	<ul style="list-style-type: none">- Imagerie radio basse fréquence (en « surveillance » dans un second temps)- Charge utile sur plateformes fractionnées pour réduire les problèmes de compatibilité inter-instrument.

Appels à venir

- Appels NASA: Les nanosats sont maintenant considérés comme des plateformes “professionnelles”
- ESA: Appel à nouvelles idées (mai 2016)
=> essais, nanosats...
- CNES: Appel à idée, projets de recherches spatiales, R&T...