

# Action du CDPP et de STORMS pour la préparation de la mission d'astrophysique-X ATHENA-XIFU

C. Jacquy, V. Génot, A. Rouillard, L. Palin, B. Lavraud, D. Barret



**Résumé.** ATHENA est une grande mission du programme Cosmic Vision 2015-2025 de l'ESA. Son lancement est prévu en 2028 pour être placée sur une orbite halo autour du point de Lagrange L2. Elle emportera un spectro-télescope X (X-IFU, X-ray Integral Field Unit) qui offrira une résolution spectrale inégalée. Pour atteindre les performances visées, la réduction du bruit de fond est un enjeu capital. Pour l'instrument X-IFU, les ions d'énergie comprise entre 40 et 200 KeV constituent une des sources principales du bruit de fond.

La réduction du bruit de fond, la connaissance de ses sources, les choix d'orbites les plus appropriées font l'objet d'efforts importants au sein du consortium ATHENA. Ce dernier a fait appel au CDPP pour caractériser l'environnement futur du satellite autour de L2. Cette étude est étendue à celui du point L1 qui constitue une alternative permettant de s'affranchir des ions accélérés dans la queue de la magnétosphère.

L'ESA y apporte un soutien important et finance l'action dédiée AREMBES à la quelle le CDPP participe en coordonnant notamment un workpackage dédié à la caractérisation de l'environnement à L2 et L1.

# La mission ATHENA

- Mission de classe L sélectionnée par l'ESA
- Dédiée à l'étude de l'Univers chaud et énergétique.
- Questions fondamentales:
  - comment et pourquoi la matière ordinaire s'assemble-t-elle en galaxies et en amas de galaxies ?
  - Comment les trous noirs croissent-ils et influencent-ils leur environnement ?
- Décollage prévu en 2028
- Orbite halo autour de L2, large amplitude (prévision initiale)



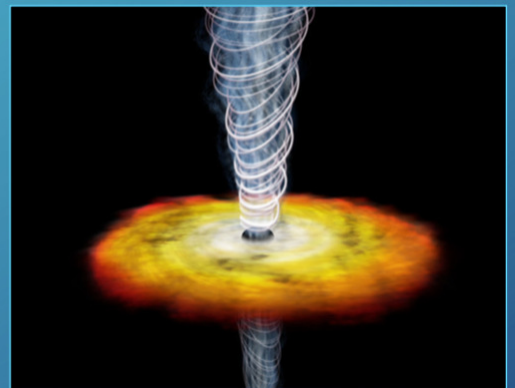
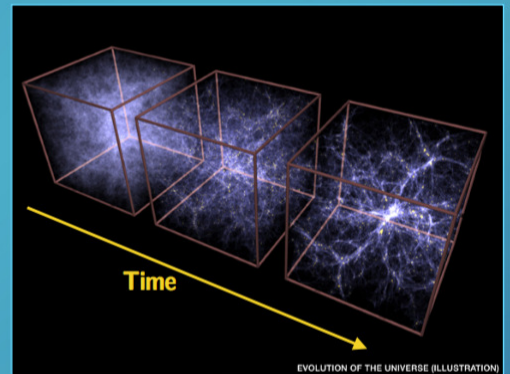
# La mission ATHENA: objectifs

## ■ Why the Universe looks like as we observe it today?

- Large scale structures form and evolve under the gravitational pull of dark matter
- Baryonic gas trapped in the Cosmic web tracks large scale structure evolution (>50% of the baryons in the local Universe are hot -  $T > 10\,000\,000\text{ K}$ )
- Gas heats up to emit predominantly in X-rays

## ■ How do black holes shape the Universe?

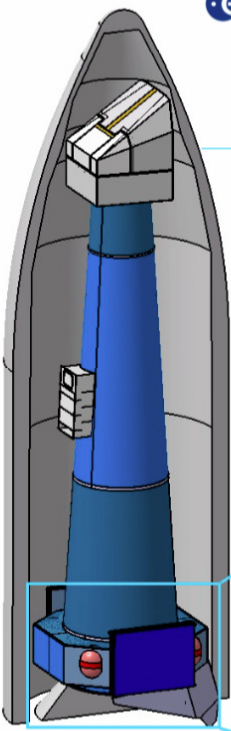
- Black holes are present in the center of massive galaxies
- Active galactic nuclei accrete and eject matter which then shape its local surrounding by energy dissipation
- The peak of the accretion energy is radiated in X-rays



This large image shows the cosmic web, a network of dark matter filaments and galaxy clusters. Several inset images and text boxes are overlaid on the background, each addressing a specific scientific question related to black holes and the universe's evolution.

- How black hole work?** (Inset image: A black hole accreting matter from a surrounding disk, similar to the illustration in the top right.)
- How black hole co-evolve with their host galaxy?** (Inset image: A galaxy with a bright central region, likely an active galactic nucleus, showing the interaction between the black hole and the galaxy.)
- How black hole grow and shape the Universe on large scales?** (Inset image: A galaxy cluster with a bright central region, showing the impact of a central black hole on the surrounding galaxy cluster.)
- How the Universe chemically enriched?** (Inset image: A galaxy cluster with a bright central region, showing the enrichment of the universe by the accretion and ejection of matter by black holes.)

# La mission ATHENA: plate-forme

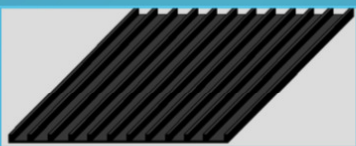
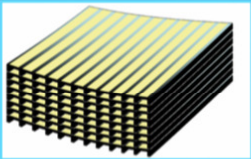
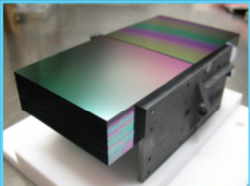


**esa**

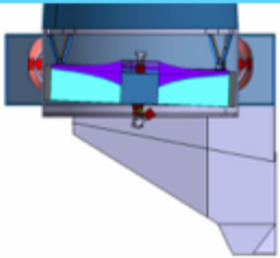
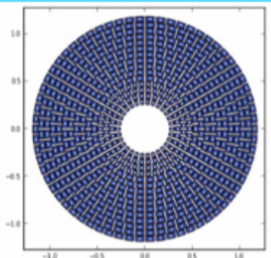
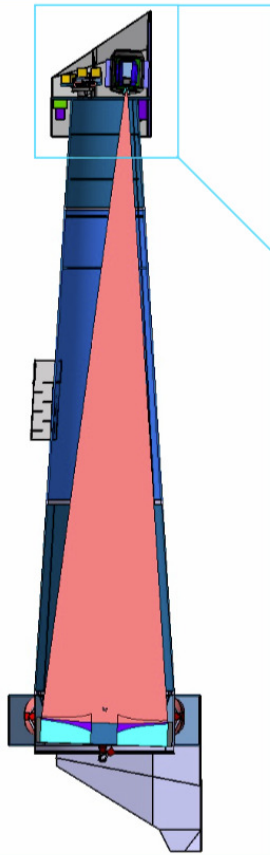
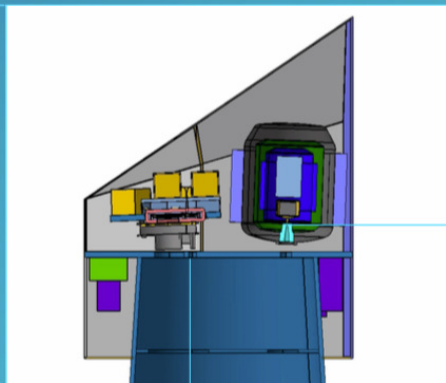
**Ariane 6**  
 Mass: ~6-7 tons  
 Power: ~6-8 kW  
 Focal length: 12 m  
 Lifetime: 5 yr (+ 5 yr)  
 L2/L1 orbit (eclipse free)  
 Target launch date: 2028

Double reflection in silicon pores

1 mirror module

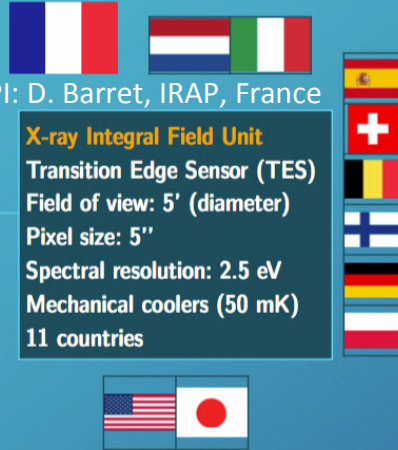




**X-ray optics: High-purity Silicon pores**  
 Double reflexion  
 Angular resolution: 5''  
 Field of view up to : 40' x 40'  
 Mirror diameter: 3 m  
 Effective area: 2 m<sup>2</sup> @ 1 keV  
 Movable (tilted) mirror assembly  
 ESA technology







PI: D. Barret, IRAP, France

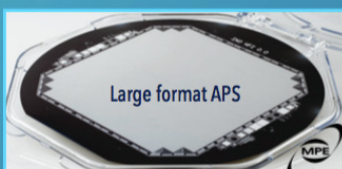
**X-ray Integral Field Unit**  
 Transition Edge Sensor (TES)  
 Field of view: 5' (diameter)  
 Pixel size: 5''  
 Spectral resolution: 2.5 eV  
 Mechanical coolers (50 mK)  
 11 countries



**Wide Field Imager**  
 Active Pixel Sensor  
 Field of view: 40' x 40'  
 Pixel size: 1''  
 Spectral resolution: 125 eV  
 Passive cooling



Large format APS

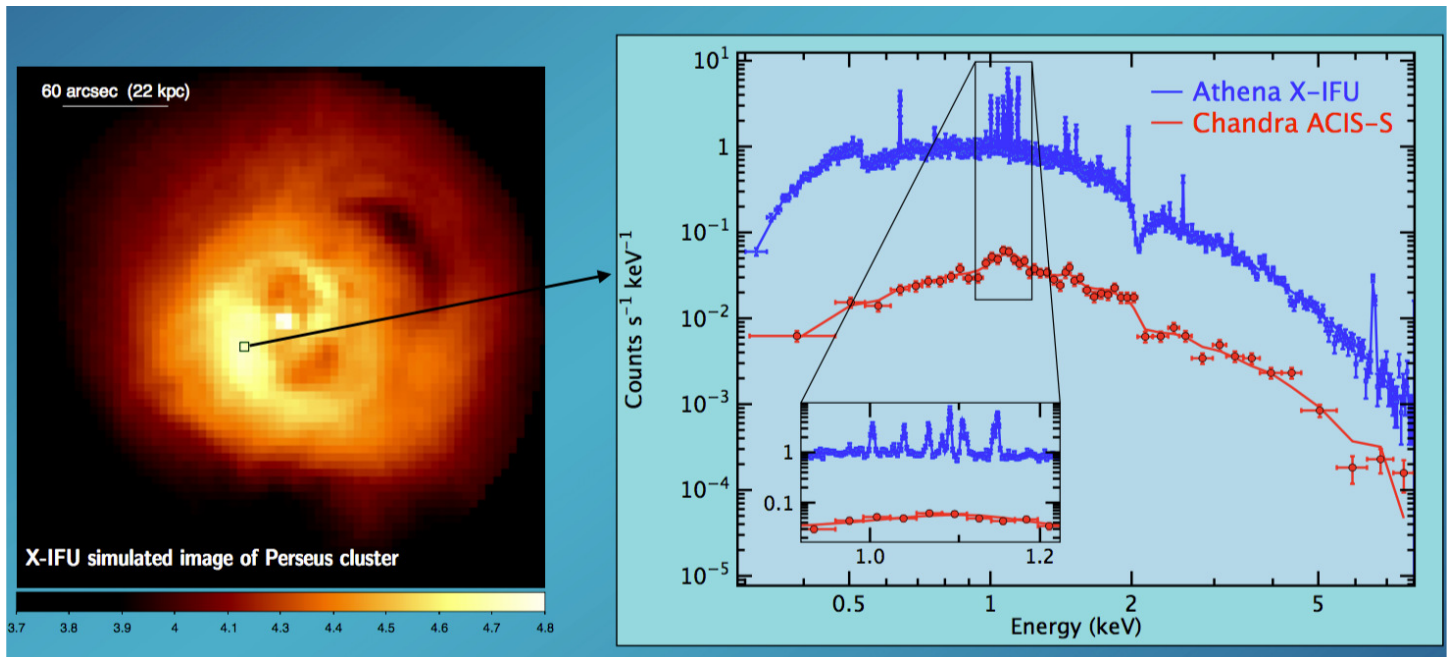


Large format TES array



# Le bruit de fond: enjeu capital

Les avancées scientifiques attendues seront rendues possible grâce à un gain très significatif (50~100) de la sensibilité.



Les **protons (ions) de 40 - 500 KeV** se comportent (réflexion) comme des photons dans le télescope

=> **Source importante du bruit de fond**

Pour étudier le bruit de fond, deux actions coordonnées:

1) Simulation (Monte-Carlo)

2) Characterization of the particle environment of ATHENA

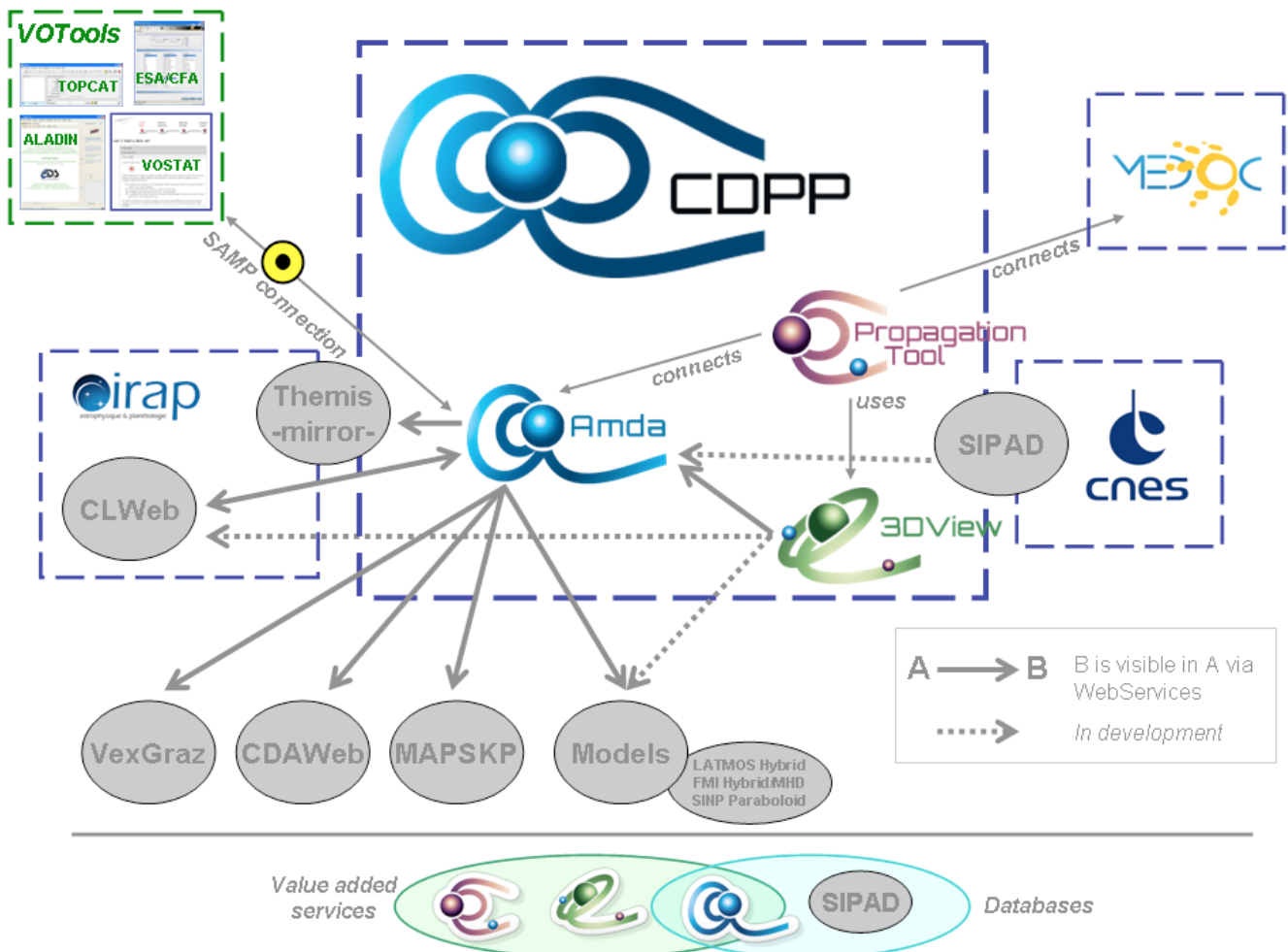
- Input for simulation
- Choice of the orbit
- Strategy of the operations

# Appel au support du CDPP pour la caractérisation de l'environnement

En 2014, mise en place de l'action pluri-disciplinaire de l'IRAP. Le CDPP est sollicité.

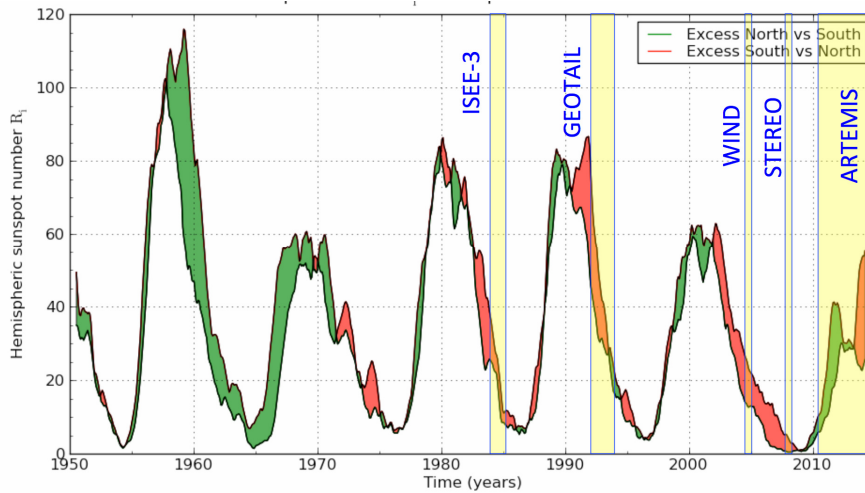
## CDPP:

- Expertise
- Accès aux données
- Outils pour des études systématiques et/ou statistiques



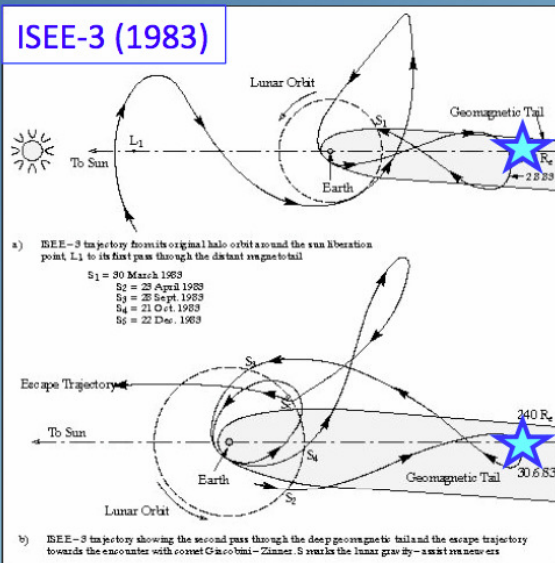
# L'environnement autour de L2

## Missions ayant exploré cette région



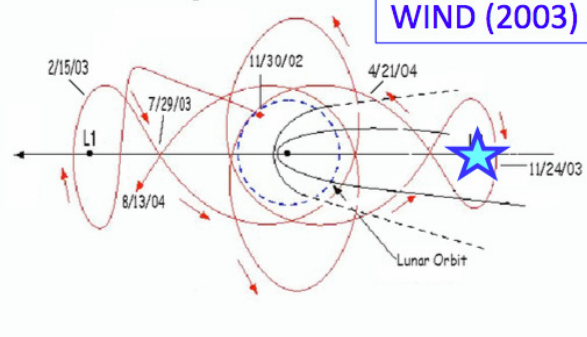
### In situ exploration of the vicinity of L2: ISEE-3, GEOTAIL, WIND, STEREO, ARTEMIS

#### ISEE-3 (1983)

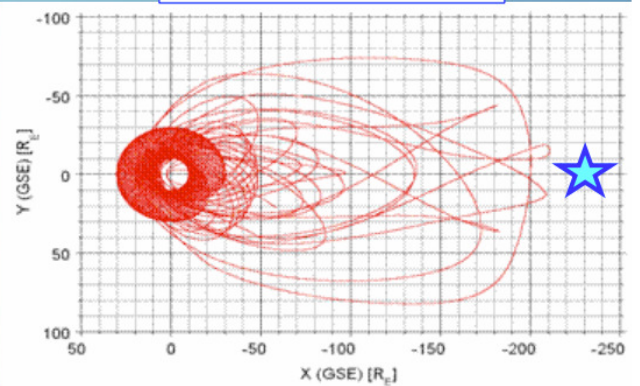


Nov 2002 - Aug 2004

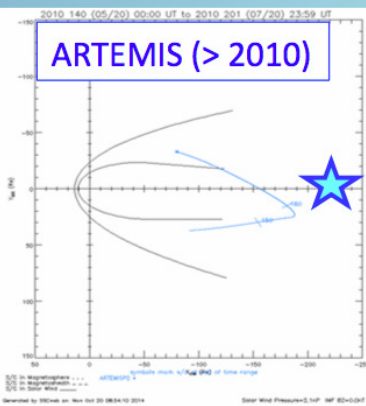
#### WIND (2003)



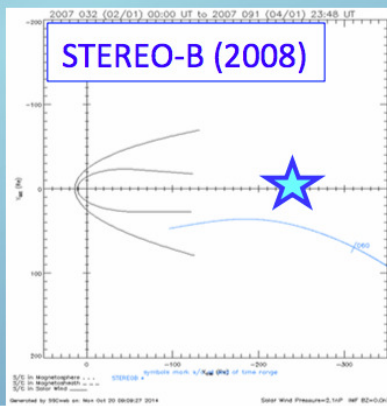
#### GEOTAIL (1992-1994)

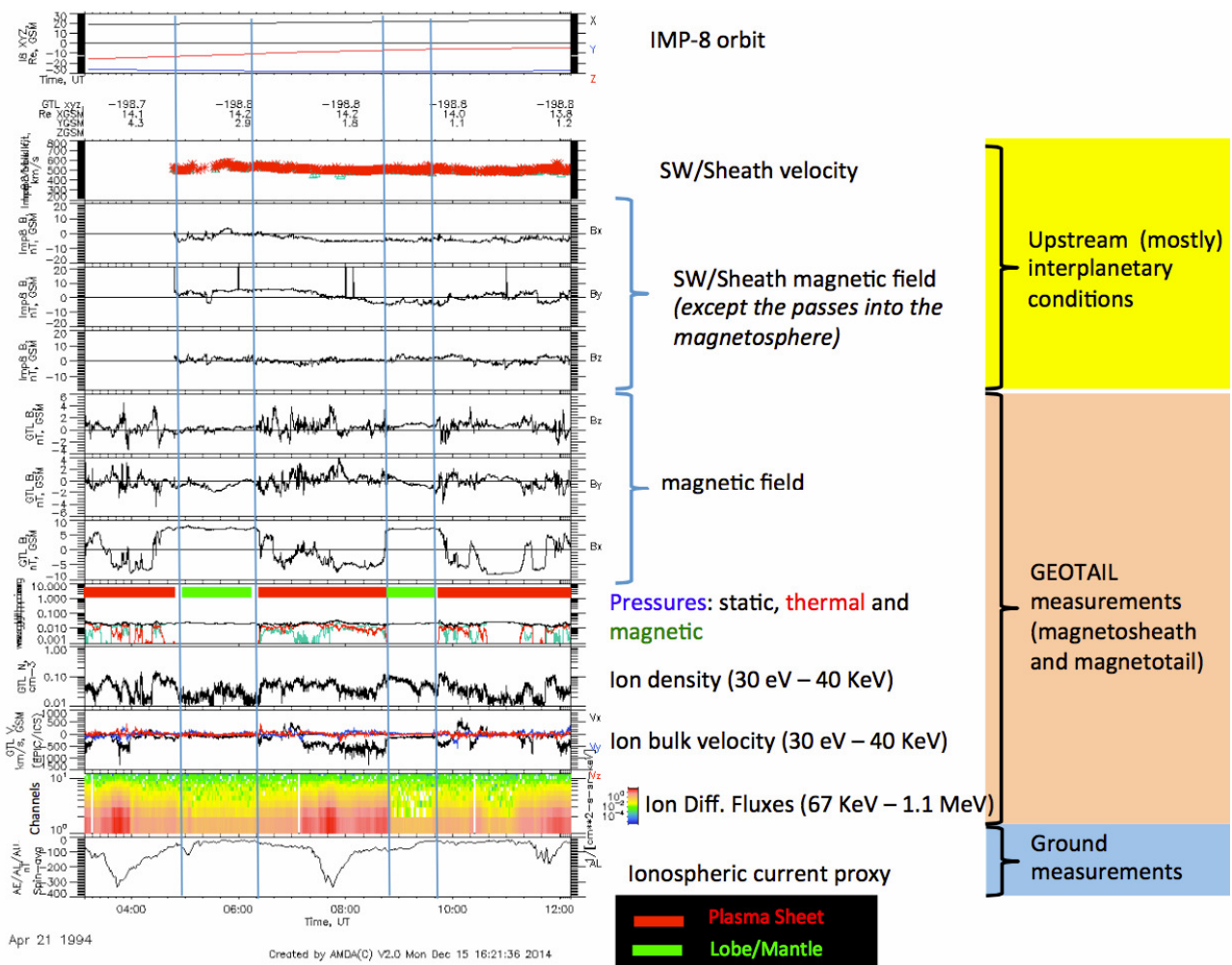
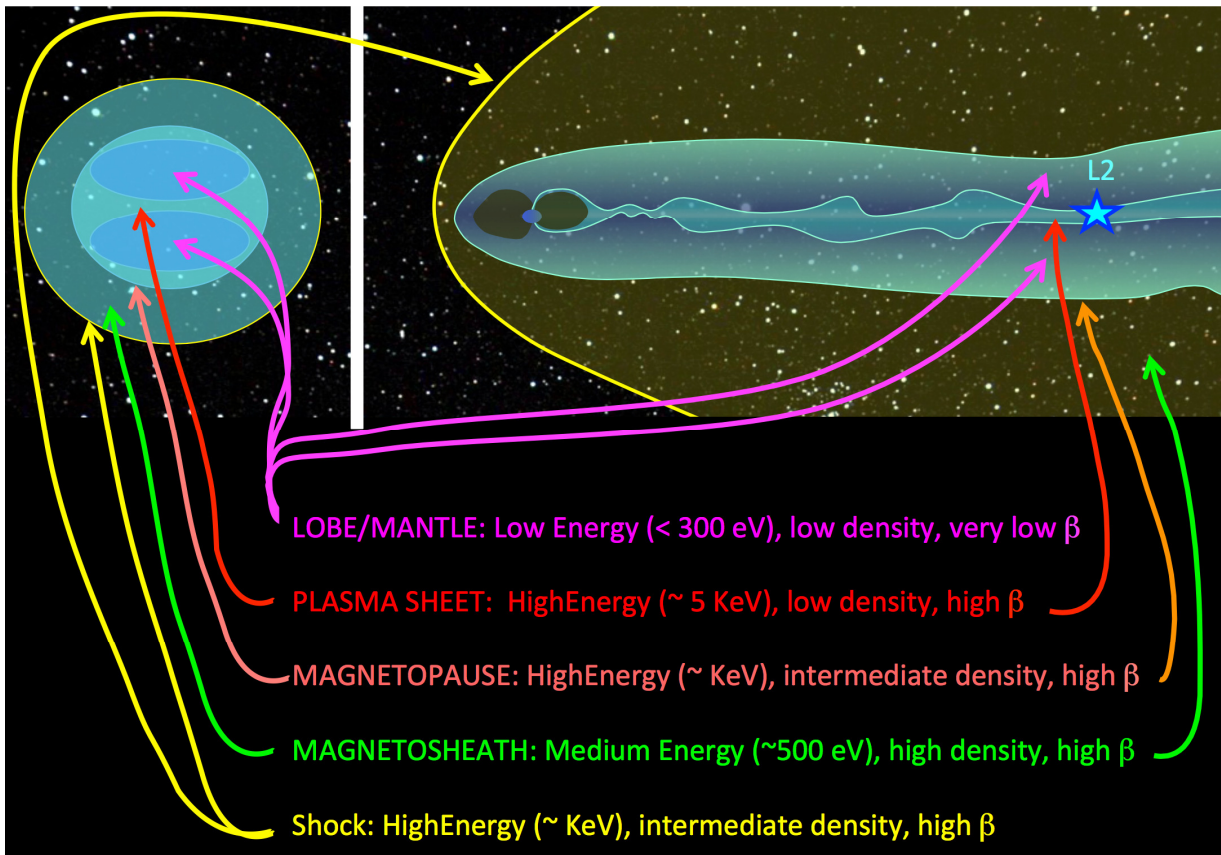


#### ARTEMIS (> 2010)

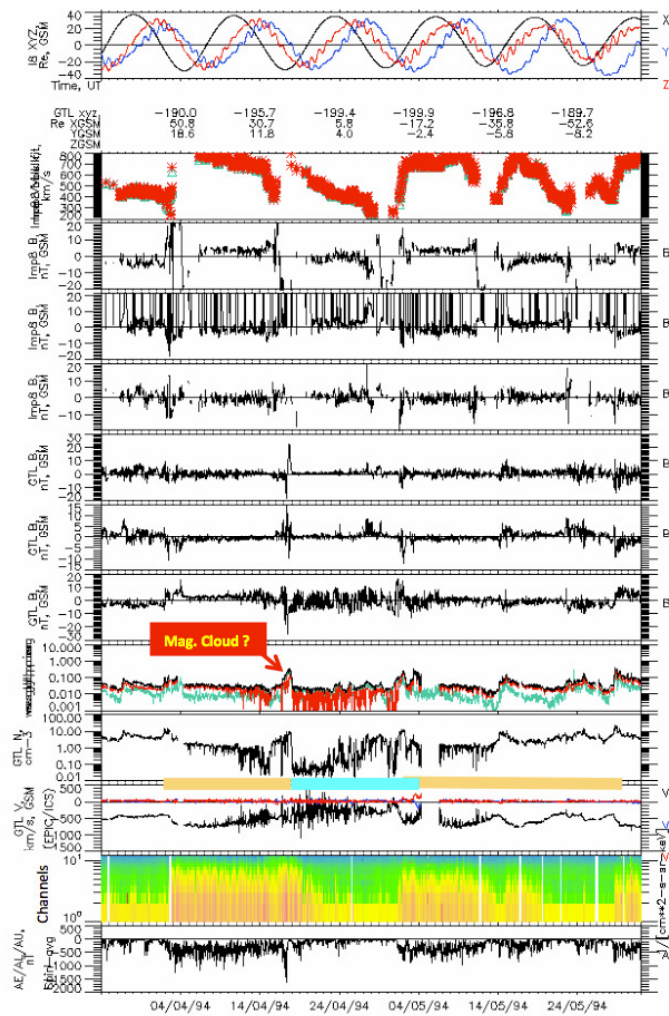


#### STEREO-B (2008)









IMP-8 orbit

SW/Sheath velocity

SW/Sheath magnetic field  
(except the passes into the magnetosphere)

magnetic field

Pressures: static, thermal and magnetic

Ion density (30 eV – 40 KeV)

Ion bulk velocity (30 eV – 40 KeV)

Ion Diff. Fluxes (67 KeV – 1.1 MeV)

Ionospheric current proxy

— Magnetotail ?  
— Magnetosheath ?

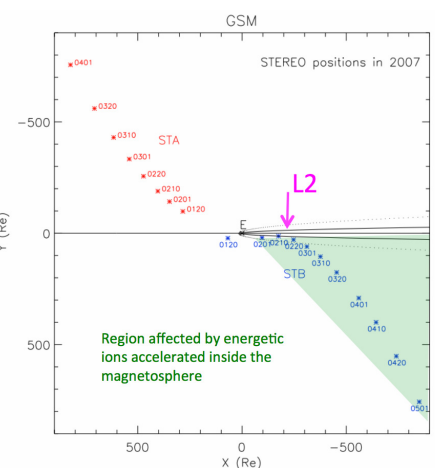
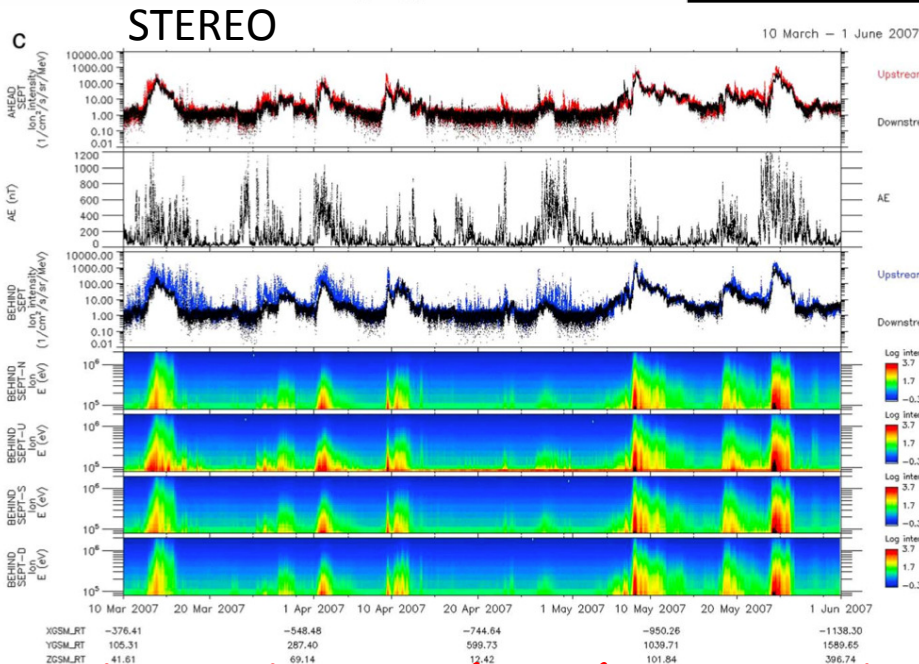
Upstream (mostly) interplanetary conditions

GEOTAIL measurements (magnetosheath and magnetotail)

Ground measurements

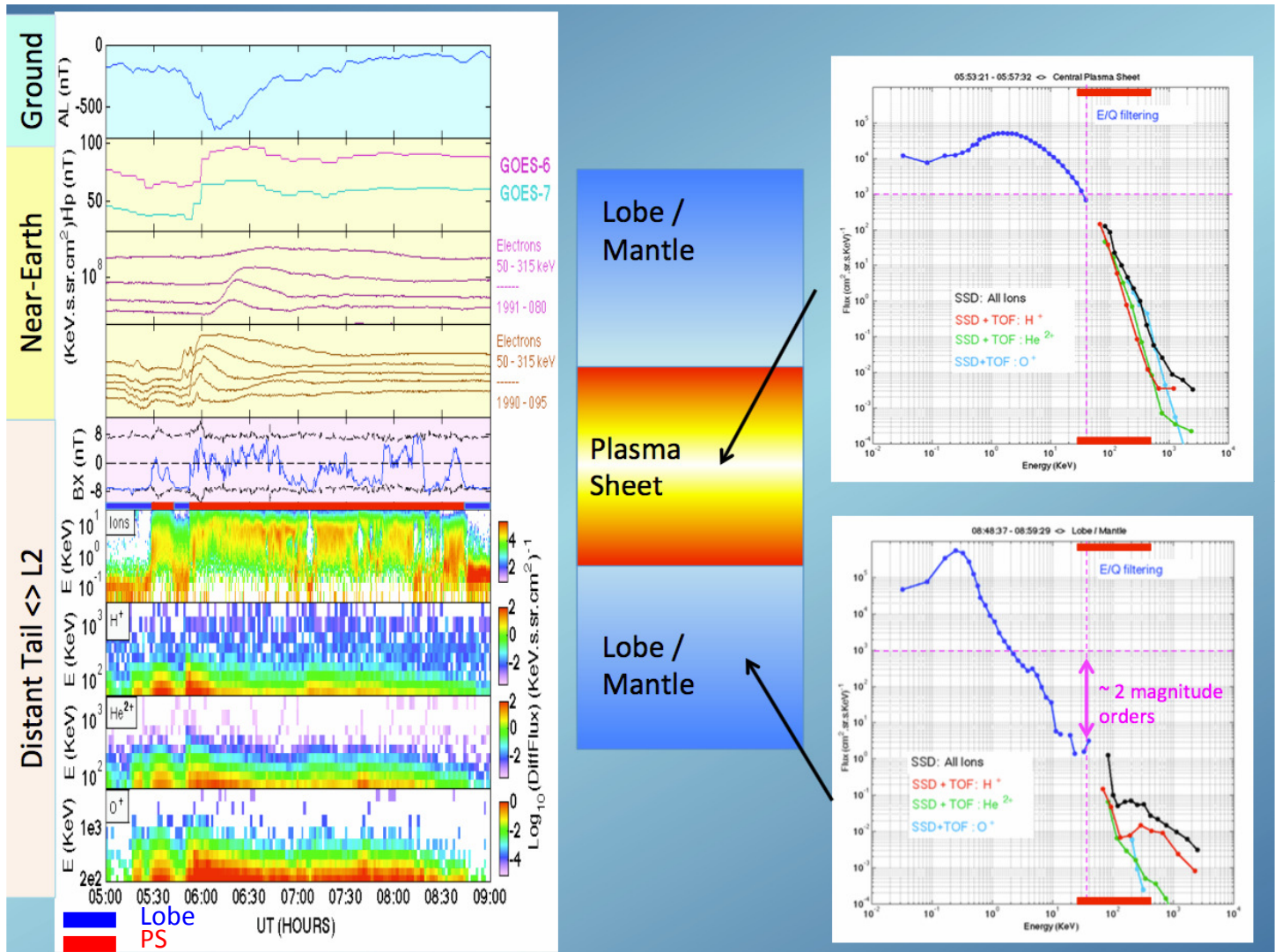
Mar 1994

Created by AMDA(C) V2.0 Mon Dec 15 15:04:46 2014



**Conclusion: les ions énergétiques produits au cours des sous-orages diffusent dans toutes les régions jusqu'à de très grandes distances...**

... à l'exception des lobes:



Donc, finalement, est ce qu'une orbite autour de L2 ne serait pas contre-indiquée?

Ne vaudrait il pas mieux placer ATHENA autour de L1?

⇒ Il faut clarifier cette question

- ✧ Action pluri-disciplinaire de l'IRAP
- ✧ Projet AREMBES de l'ESA (PI: C. Macculi, INAF)
  - Le CDPP est leader du WP2 dédié à la caractérisation de l'environnement

## Points clefs de l'action:

➤ Basée sur les données de GEOTAIL (et celles des indices géomagnétiques et d'IMP-8 en complément)

- Ingestion des données dans la base CDPP\_AMDA:
  - EPIC-ICS: 2D distributions des électrons  $> 38$  KeV, et des ions 60-3000 KeV/m avec séparation de masse (H, He, CNO)
  - EPIC-STICKS: 3D distributions des protons entre 9 et 232 KeV
  - LEP: spectres en énergie pour les ions de 30 eV à 40 KeV dans les 4 secteurs cardiaux
- Développement de fonctionnalités spécifiques sur AMDA

## ➤ Objectifs:

- Caractérisation des flux d'ions (40 - 500 KeV) en fonction:
  - des régions
  - de l'activité géomagnétique
  - des conditions interplanétaires
- Tentative de modèles des structures à grande échelle (magnétopause, lobes, couche de plasma, couche neutre)

➤ Un peu de budget disponible via le projet AREMBES

⇒ Nous cherchons à recruter un CDD/PostDoc

- Début: avant l'été 2016
- Durée: 9 mois

## Annonce:

Dans le cadre de sa participation au projet ESA-AREMBES, le CDPP cherche à recruter un PostDoc/CDD.

-Mission: Exploitation des données GEOTAIL en vue de caractériser les flux d'ions (40-500 KeV) autour de L2 et de modéliser les grandes structures magnétosphériques.

-Début: printemps 2016

-Durée: 9 mois

-Rémunération: aux standards CNRS

Contact: Christian Jacquy, IRAP  
[cjacquey@irap.omp.eu](mailto:cjacquey@irap.omp.eu)