

EidoSCOPE

Electron ion dynamics observatory in SCOPE

Réponse à l'appel M3 de l'ESA

Réunion PNST, 13-14 Octobre 2010

Missions multi-satellites

2000-2012?

Cluster - 4 s/c, toute la magnétosphère

2007-2017?

THEMIS - 5 s/c, déclenchement sous-orage

2014-2024?

MMS - 4 s/c, reconnexion échelle électronique

2020?-2030?

SCOPE - 5+ s/c, couplages d'échelles

→ Le future est multipoints

Exemple de limitations observées avec Cluster

- Manque de données à **l'échelle électronique**
- **Manque du contexte à grande échelle**
(e.g., conditions aux frontières et couplage d'échelles)
- Détermination de la géométrie avec **hypothèses**
- Mesures à **haute énergie** limitées
- **Champ électrique** limité à 2 dimensions
- etc.

→ **Besoin de plus de 4 points, et à différentes échelles**

Motivation (1/3)

Forum de l'ISSI:

24 scientifiques venant de 12 pays en Mars 2009

Conclusions (« outstanding » questions):

- Identification/quantifications des processus d'accélération
- Rôles relatifs des processus stationnaires/intermittent et couplage multi-échelles
- Identification des processus de petite échelle ayant des conséquences à grande échelle
- Couplages entre régions et frontières du Soleil jusqu'à la Terre
- Résolution de la dynamique globale, 3D de la magnétosphère (« fleets of S/C, imagerie, modélisation, etc.)

→ Couplages multi-échelles et processus d'accélération aux frontières

Motivation (2/3)

Rapport du WOPA: Workshop on Opportunities in Plasma Astrophysics (Janvier 2010)

Reconnexion:

- Taux de reconnexion
- Déclenchement
- Couplage d'échelle
- Chauffage et accélération

Chocs:

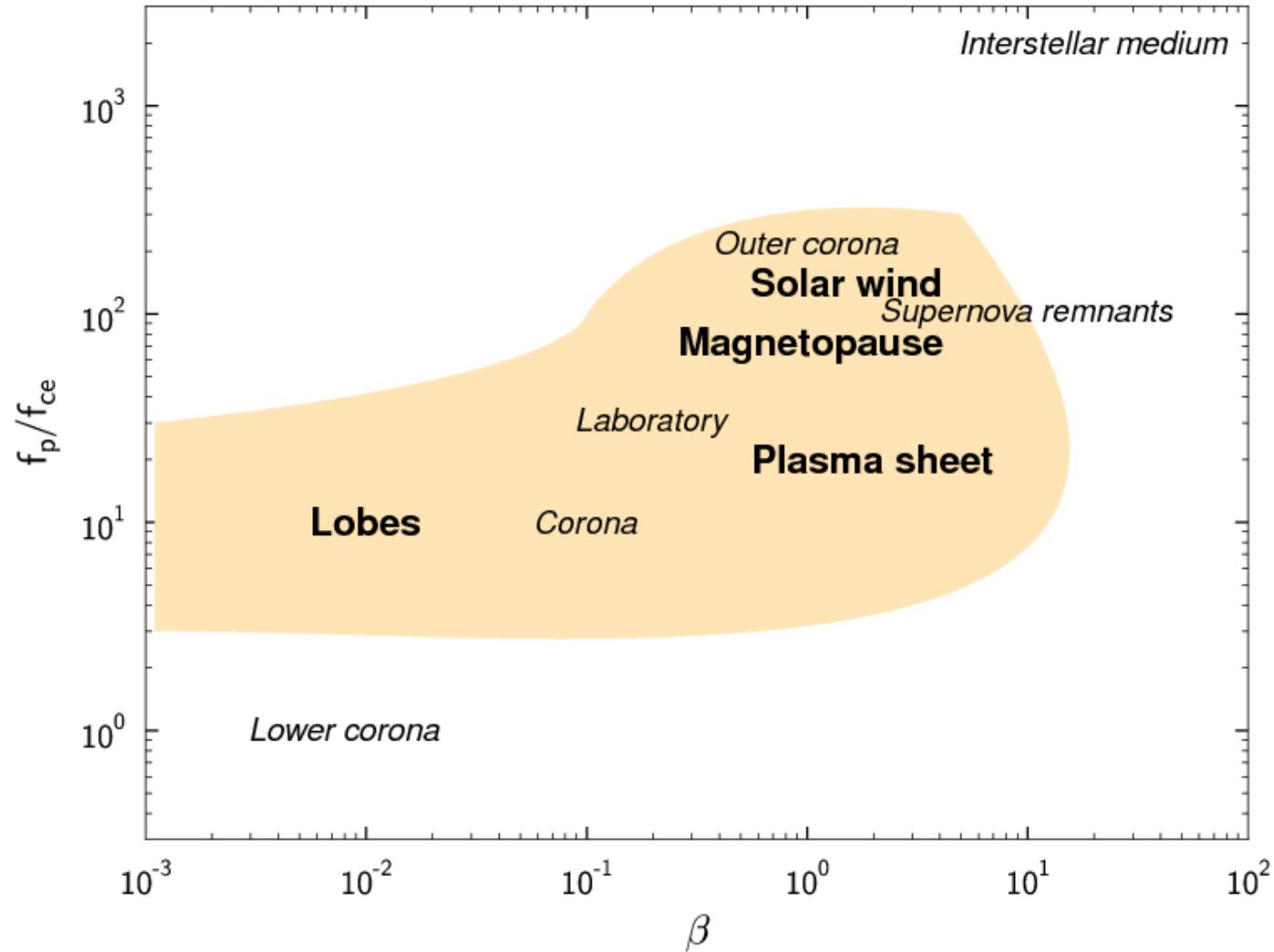
- Stationarité
- Injection, chauffage et accélération
- Amplification du champ B

Turbulence:

- Nature et régimes
- Mécanismes de dissipation et accélération
- Inhomogénéité et structures cohérentes

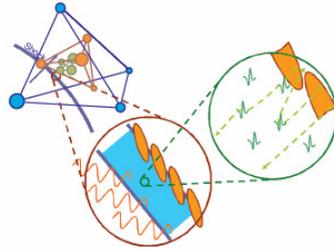
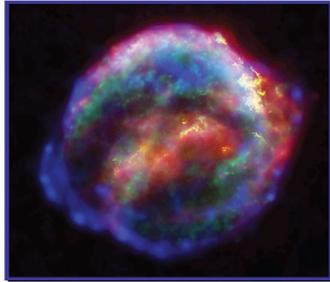
**→ Importance des
mesures *in situ*
affirmée**

Motivation (3/3)

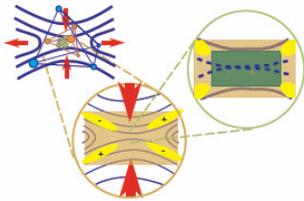


→ Des plasmas astrophysiques à portée de satellite(s)

Leçon principale de l'échec de Cross-Scale



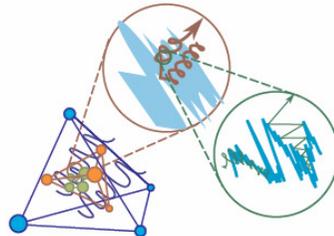
Cross-Scale est **trop chère** pour une mission ESA de **classe M**



« Solutions » envisageables:

1 - Viser une classe L (quand?)

2 - Faire une mission multi-agences



→ **Option 2** : en particulier compte tenu d'un appel ESA visant clairement les missions d'opportunité

Le concept d'EidoSCOPE

Electron ion dynamics observatory in SCOPE

- 1 – **Mission multi-agence** (10 x 25 R_E équatorial)
SCOPE : JAXA – 2 satellites ; CSA – 3 satellites
EidoSCOPE : contribution **ESA – 1 satellites**
 - 2 – **Mission d'opportunité**: Call ESA limité à 470 M€
EidoSCOPE ~ **200 – 250 M€**
 - 3 – Satellite ESA « **sun-spinner** », proche d'un satellite CSA:
mesure du champ électrique **de très haute qualité** en **2 points**
 - 4 – **Accent mis** sur des mesures « **particules énergétiques** »
de qualité et à haute résolution
- Thématique principale:
« Accélération des particules »

Le concept d'EidoSCOPE

Electron ion dynamics observatory in SCOPE

1 – Processus clés: chocs, reconnexion, turbulence

2 – Mots clés: Multi-échelle, champ E 3D, particules énergétiques

« Accélération des particules »

3 – Proposition structurée autour des « frontières » plasma:

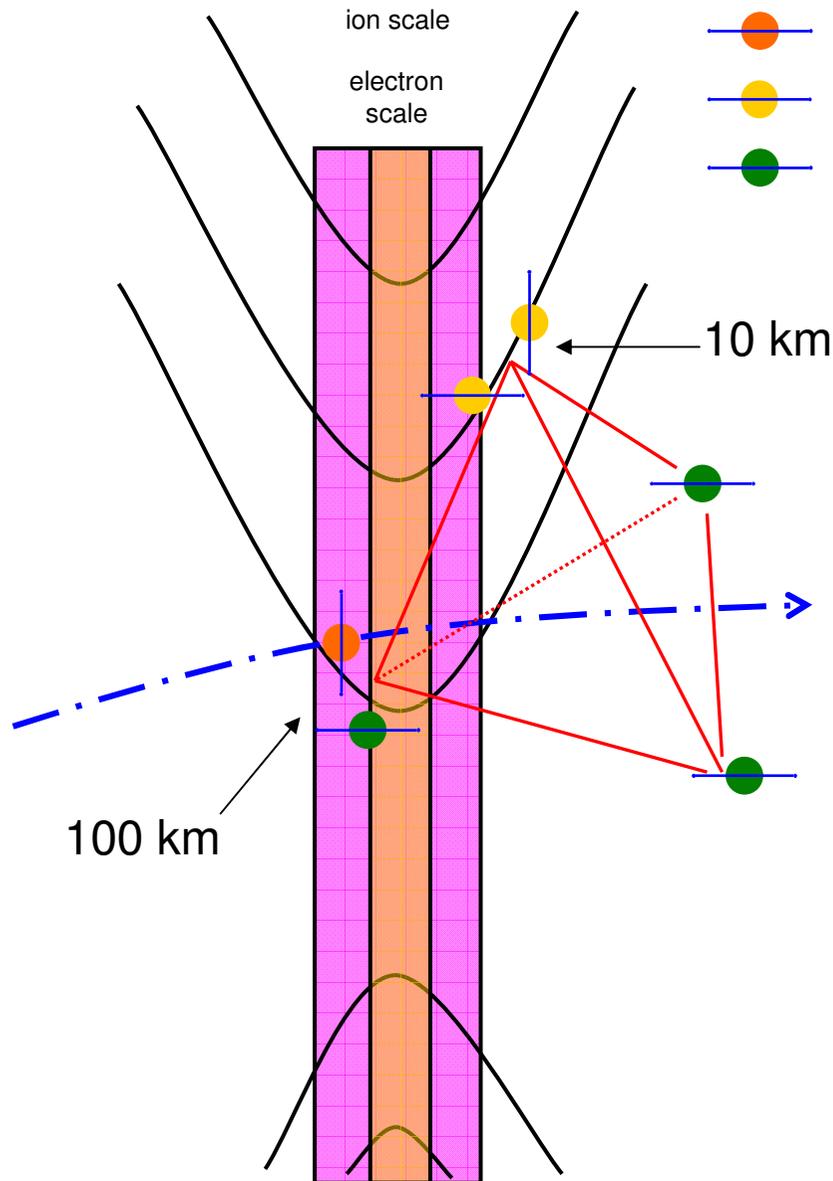
Interplanetary and bow shocks

Plasma flow braking regions

Magnetopause and magnetotail current sheets

Turbulent boundary layers

Exemple de configuration et méthodes multipoints



—●— EidoSCOPE (ESA)

—●— SCOPE (JAXA)

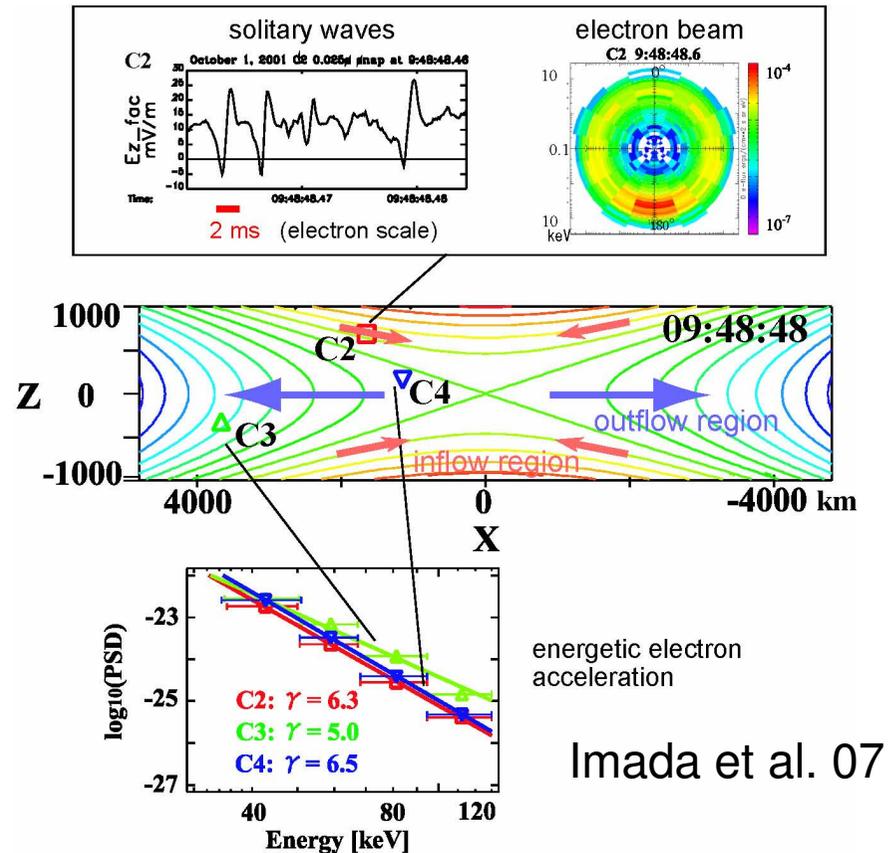
—●— SCOPE (CSA)

- Toutes les **techniques 4-points** utilisables: gradients etc.
- Méthodes bipoints (ou plus) aux **petites échelles** (avec hypothèses)
- Développement et extensions à des **techniques N-points** (optimisations)

→ **Méthodes géométriques assurées et augmentées**

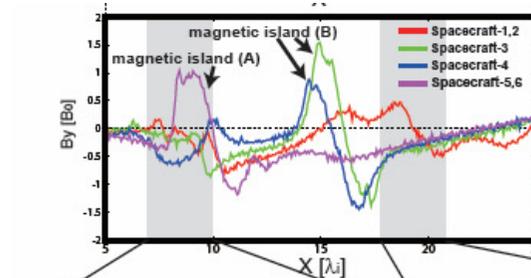
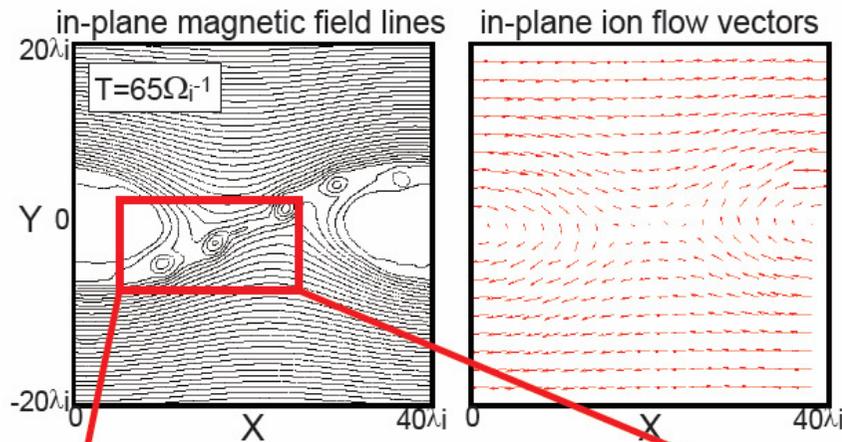
Thématique « accélération des particules » : reconnexion et accélération (1/2)

- La reconnexion n'accélère pas de manière universelle
(couronne – vent solaire – queue)
- Mesures à **plusieurs échelles** proche du site de reconnexion
- Détermination des **gradients** des champs et **particules énergétiques**
- **Différencier les processus** d'accélération engagés

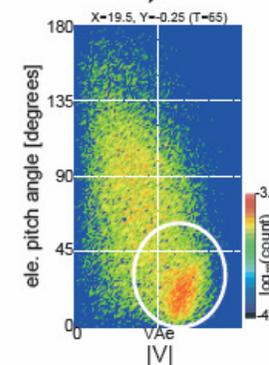
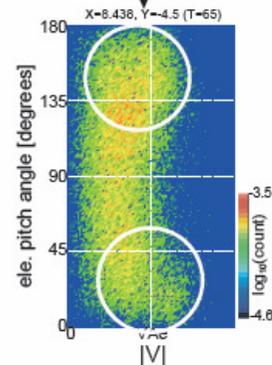
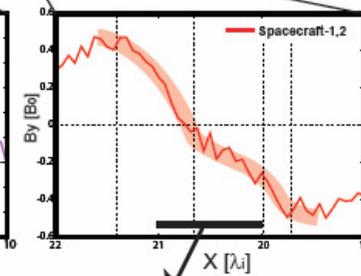
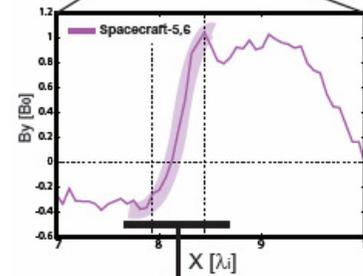
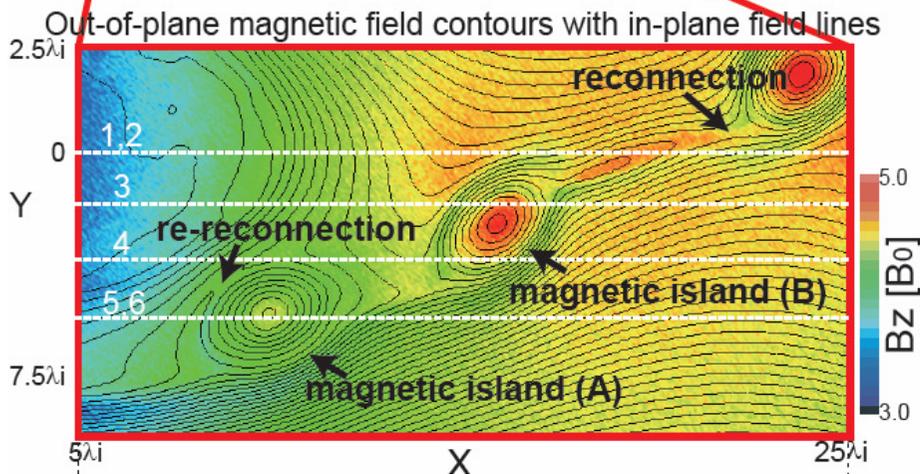


**Mesures des gradients de particules énergétiques aux
petites et grandes échelles simultanément**

Thématique « accélération des particules » : reconnexion et plasmoids (2/2)



Courtesy
Takuma
Nakamura



**Mesures simultanées aux petites et grandes échelles pour
étudier la formation et l'évolution des plasmoids**

EidoSCOPE vs. MMS

(en court)

MMS:

- **Qu'une échelle** par défaut
- Mesures électriques 3D mais **Ez basse qualité**
- Mesures thermiques **excellentes** (en principe)
- Orbite **exclue sous-orages** et, en partie, **vent solaire**

EidoSCOPE:

- **Multi-échelles** / 6 satellites
- **Haute qualité de Ez** (satellites sun-spinner)
en 2 points (JAXA + ESA/CSA)
- **Particules énergétique** haute résolution temporelle

→ **Payload «classique» (TRL élevé) et orienté accélération**

Conclusions d'EidoSCOPE

1 – Mission multi-agence

SCOPE : JAXA – 2 satellites ; CSA – 3 satellites

EidoSCOPE : contribution ESA – 1 satellites

2 – Mission d'opportunité: Call ESA limité 470 M€

EidoSCOPE ~ 200 – 230 M€

→ Rapport « retour scientifique/investissement » élevé!

3 – Champ E 3D haute qualité en deux points (sun-spinner) et accent mis sur les particules énergétiques (mieux que MMS dans les deux cas)

→ Thématique d'EidoSCOPE : « Accélération des particules »

4 – Participation de la NASA n'est pas à exclure dans le futur si EidoSCOPE/SCOPE va de l'avant

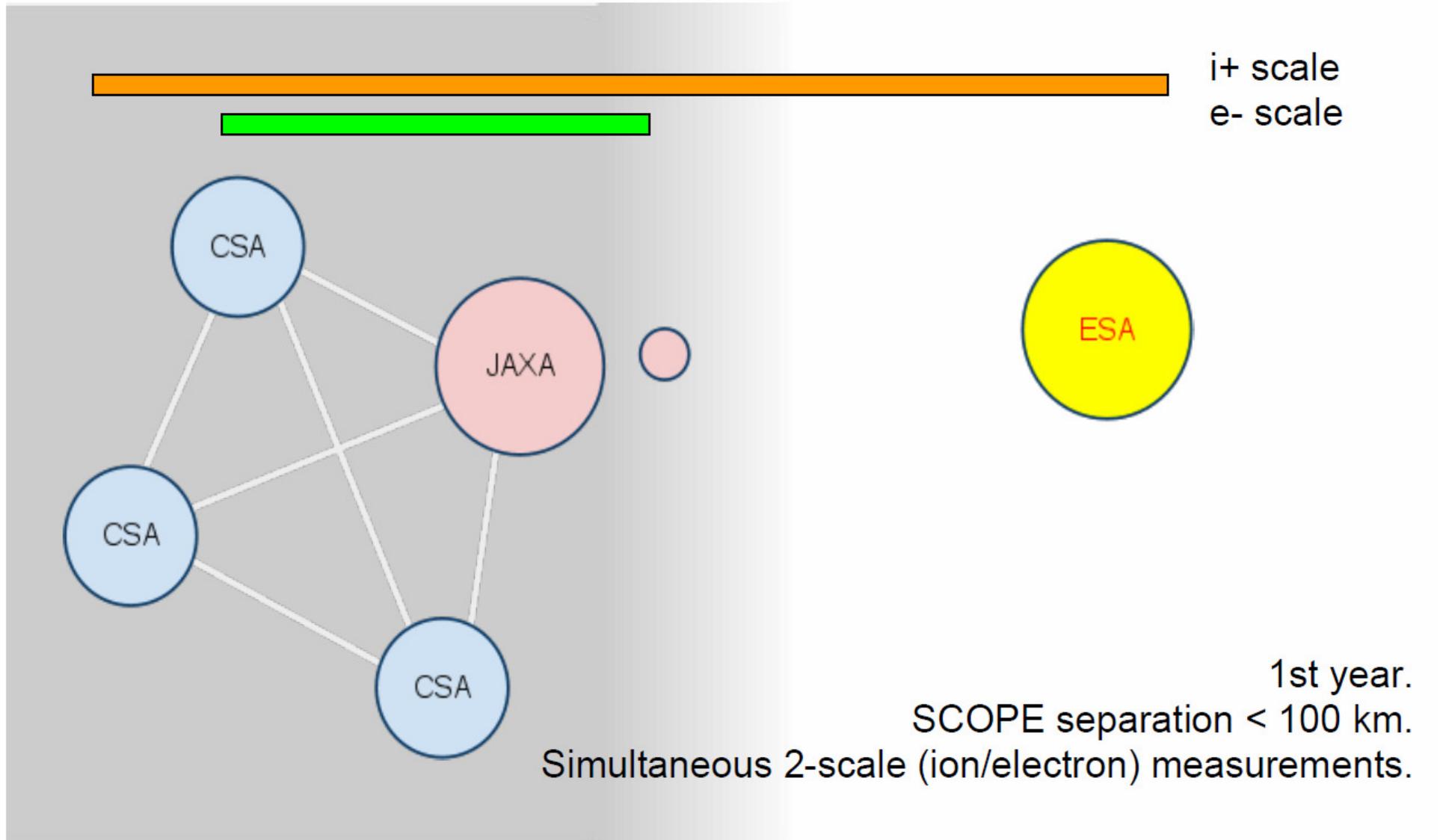
→ « Cross-Scale » n'est pas nécessairement morte...

Extra material

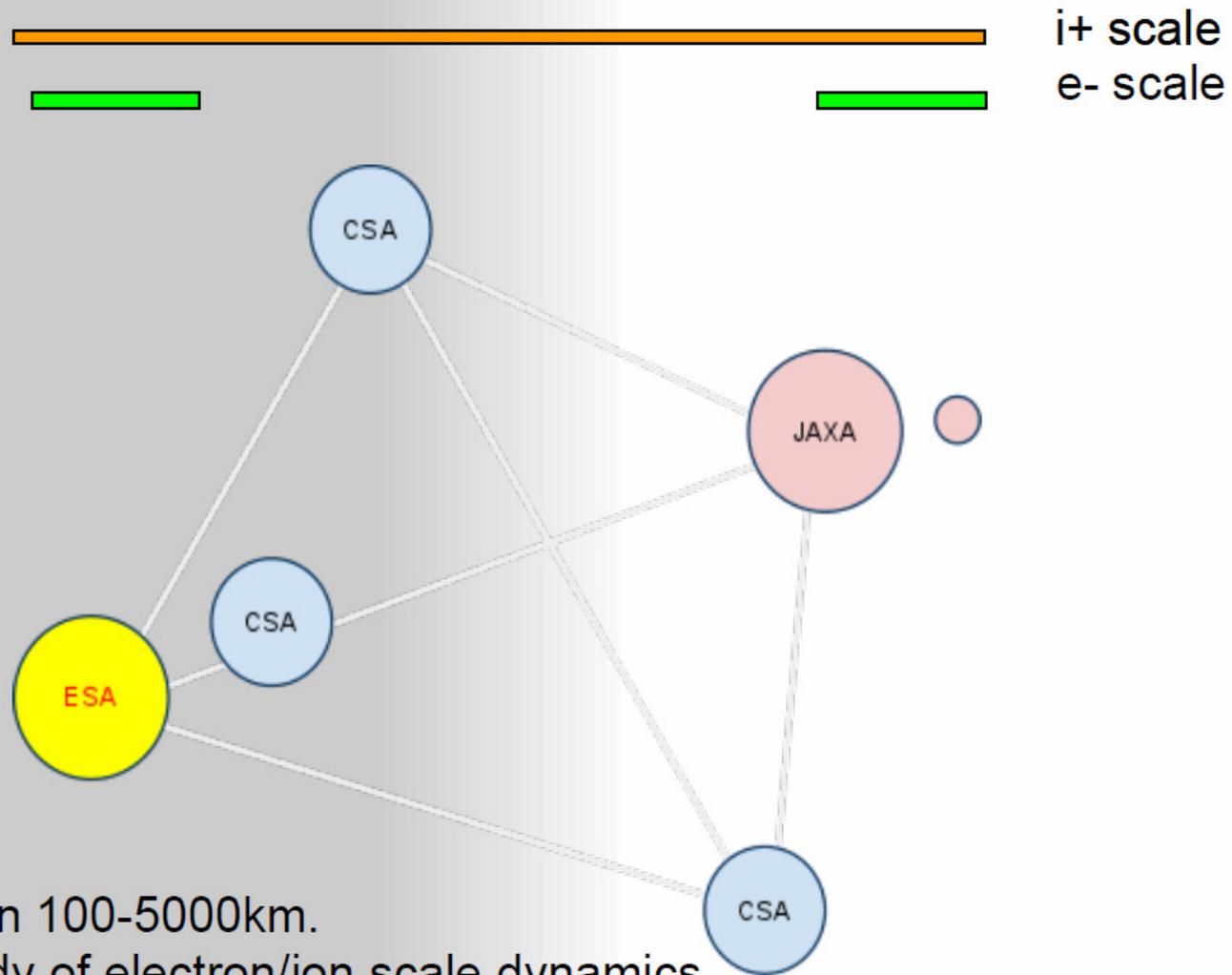
Configuration
Payloads

Configurations

EidoScope



EidoScope



2nd year.

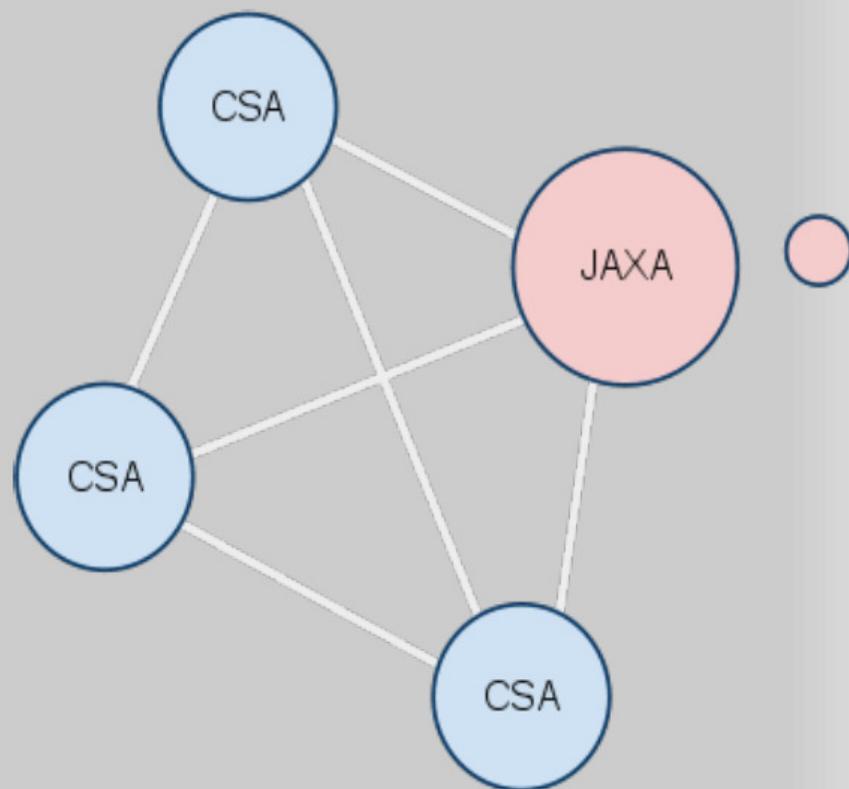
SCOPE separation 100-5000km.

Simultaneous study of electron/ion scale dynamics on opposite sides of the boundaries. Evolution of e- scale physics.

EidoScope



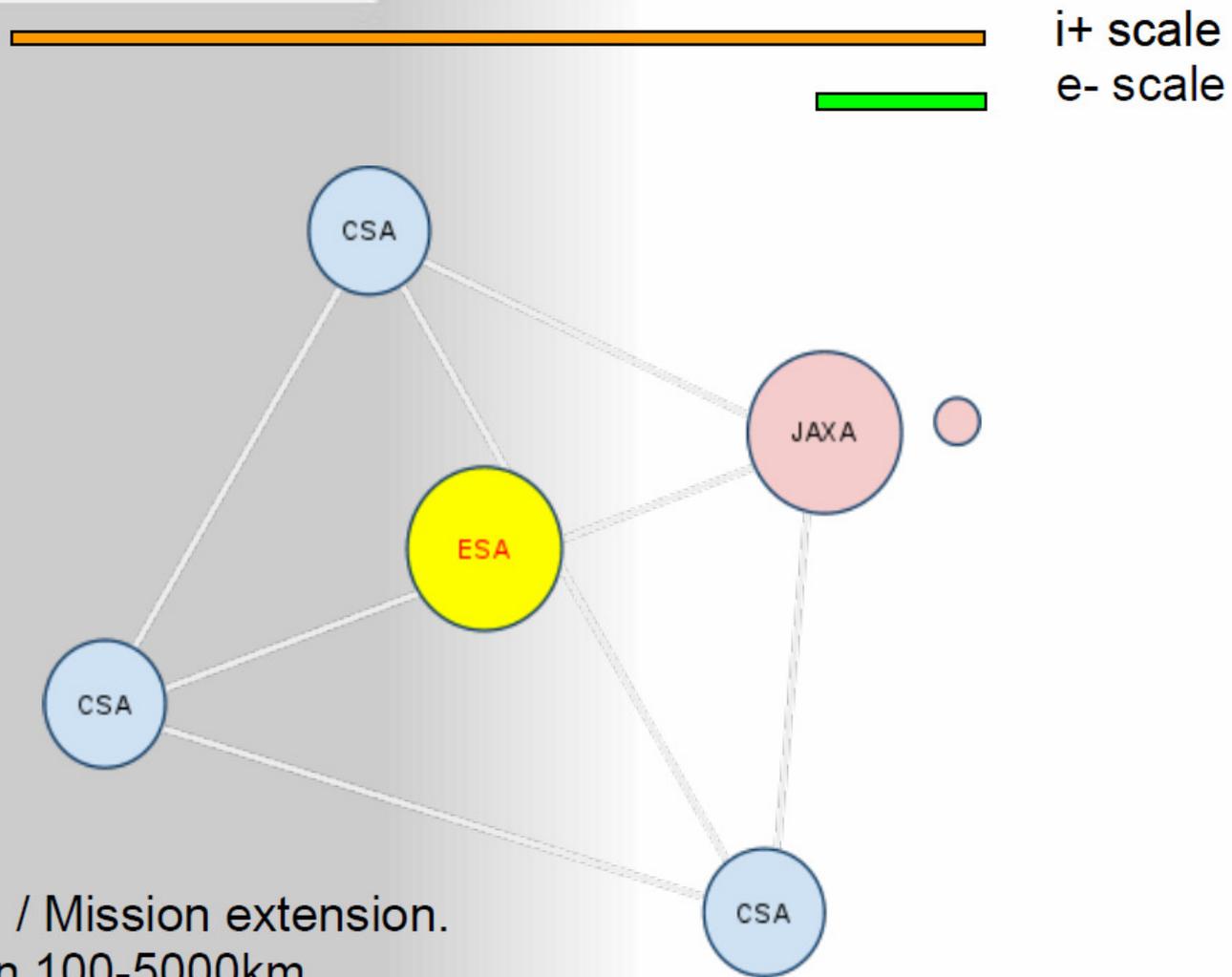
fluid scale
i+ scale
e- scale



2nd year, optional / Mission extension.
SCOPE separation 100-5000km.

Simultaneous 3-scale (fluid/ion/electron) measurements

EidoScope



2nd year, optional / Mission extension.

SCOPE separation 100-5000km.

Local measurements of boundary curvature/acceleration/deceleration.

Payloads

Payload EidoSCOPE

| FIELDS | MAG | ACB | E2D | | | | |
|---|--|-----------------|-----------------|---------------|------------|----------------------|-----------------|
| Number of packages | 1 | 1 | 4 | | | | |
| Mass/Package (kg) | 0.94 (no boom) | 0.8 (no boom) | 2 | | | | |
| Power/Package (W) | 1 | 0.2 | 0.5 (incl bias) | | | | |
| Vol./Package (cm-3) (width x length x height) | | | 15x30x15 | | | | |
| Compressed data rate (kbit/s) | | | | | | | |
| Package Location | >2m boom | >2m boom | 4 in spin plane | | | | |
| Range | | | 0 - 1V/m | | | | |
| Frequency range | 0-64Hz | 1-10kHz | 0 - 100kHz | | | | |
| Heritage | Cluster | Cluster | MMS | | | | |
| PARTICLES | EESA | IESA | ICA | HEP | ECA | Faraday Cup (option) | HEP 3D (option) |
| Number of packages | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | | |
| Mass/Package (kg) | 3 | 1.5 | 3.5 | 1 | 1 | | |
| Power/Package (W) | 7 | 2 | 6 | 1.3 | 1 | | |
| Vol./Package (cm-3) (width x length x height) | 26x15x26 | | 20x30x20 | 20x10x20 | 15x11x5 | | |
| Compressed data rate (kbit/s) | | | | | | | |
| Package Location | 4 in spin plane | 4 in spin plane | | opposite | | | |
| Mass Resolution | - | - | 4 | e-,i+ | | | |
| Energy Range | 3eV-30keV | 3eV-40keV | 10eV-40keV | 20keV-1MeV | | | |
| Energy Channels | 32 | 32 | 32 | | | | |
| Energy Resolution (%) | | | 10 | | | | |
| Sensor Field of View | 90x180 | 5x180 | 8x360 | | | | |
| Angle Resolution polar x azimuthal | 16x32 | 16x32 | 16x32 | | | | |
| Best 2D Time Resolution | | | | 16Hz | | | |
| Best 3D Time Resolution | 1/8 spin | 1/4 spin | 1/2 spin | 1/2 spin | 1/2 spin | | |
| Heritage | Cluster, Cassini(deflector plates), MMS, STEREO (defl) | Cluster, THEMIS | Cluster | Polar,Cluster | MMS | | |

Payload MMS

| FIELDS | AFG;DFG | SCM | SDP | ADP | EDI |
|---|----------------|-------------|-----------------|------------------------------|------------|
| Number of packages | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 |
| Mass/Package (kg) | | | | | |
| Power/Package (W) | | | | | |
| Vol./Package (cm-3) (width x length x height) | | | | | |
| Compressed data rate (kbit/s) | | | | | |
| Package Location | | | 4 in spin plane | axia probes | |
| Range | | | | | |
| Frequency range | 0-64Hz | 1-6kHz | 0 - 100kHz | 0 - 100kHz | |
| Heritage | | | | | |
| PARTICLES | FPIe | FPIi | HPCA | FEEPS | EIS |
| Number of packages | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| Mass/Package (kg) | | | | | |
| Power/Package (W) | | | | | |
| Vol./Package (cm-3) (width x length x height) | | | | | |
| Compressed data rate (kbit/s) | | | | | |
| Package Location | | | | opposite | |
| Mass Resolution | e- | i+ | 4 | e-,i+ | H+,O+ |
| Energy Range | ~10eV-30keV | ~10eV-30keV | ~10eV-30keV | 25-500keV e- 45-500keV i+ | 45-500keV |
| Energy Channels | | | | | |
| Energy Resolution (%) | 20% | | 10 | | |
| Sensor Field of View | 90x180 | 5x180 | 8x360 | | |
| Angle Resolution | | | | | |
| Best 2D Time Resolution | | | | | |
| Best 3D Time Resolution | 30ms | 150ms | 15s | 10s | 30s |
| Heritage | | | | | |