

Activités ionosphériques autour de SuperDARN

A. Marchaudon, P.-L. Blelly, F. Forme, C. Peymirat, F. Pitout

Université de Toulouse; UPS-OMP; IRAP; Toulouse, France
CNRS; IRAP; 9 Av. colonel Roche, BP 44346, F-31028 Toulouse cedex 4, France

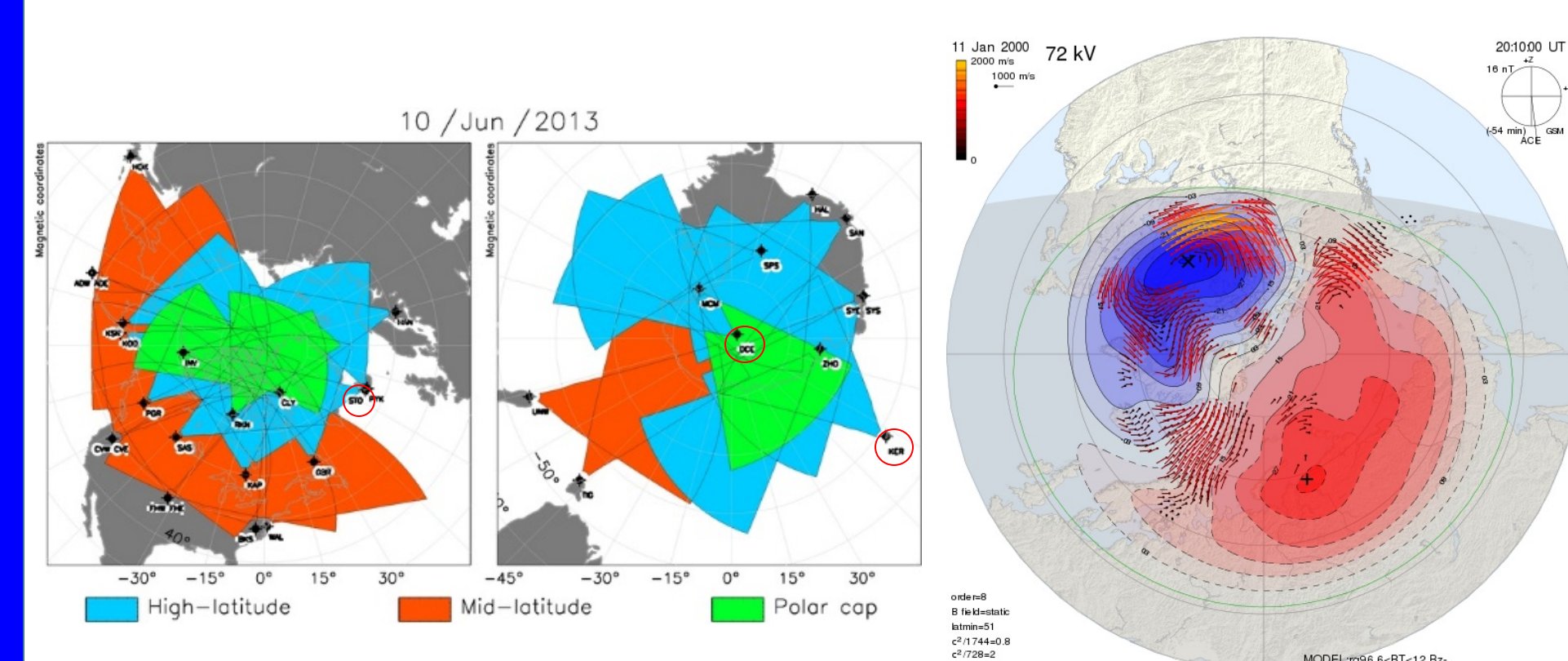
PROGRAMME INTERNATIONAL SUPERDARN

Le programme SuperDARN (Super Dual Auroral Radar Network) de radars cohérents Haute Fréquence (HF) fournit des observations continues de la convection du plasma ionosphérique dans les régions de hautes latitudes : zones aurorales et calotte polaire. Le réseau se développe actuellement dans l'hémisphère Sud et à moyennes latitudes.

Le réseau SuperDARN apporte aussi des mesures complémentaires indispensables aux expériences in situ à bord des sondes spatiales et aux modèles numériques, permettant une meilleure compréhension du système global vent solaire-magnétosphère-ionosphère (VS-M-I) et de son évolution temporelle. Quelques études en cours et perspectives sont détaillées ci-dessous.

Contribution française à SuperDARN et situation actuelle :

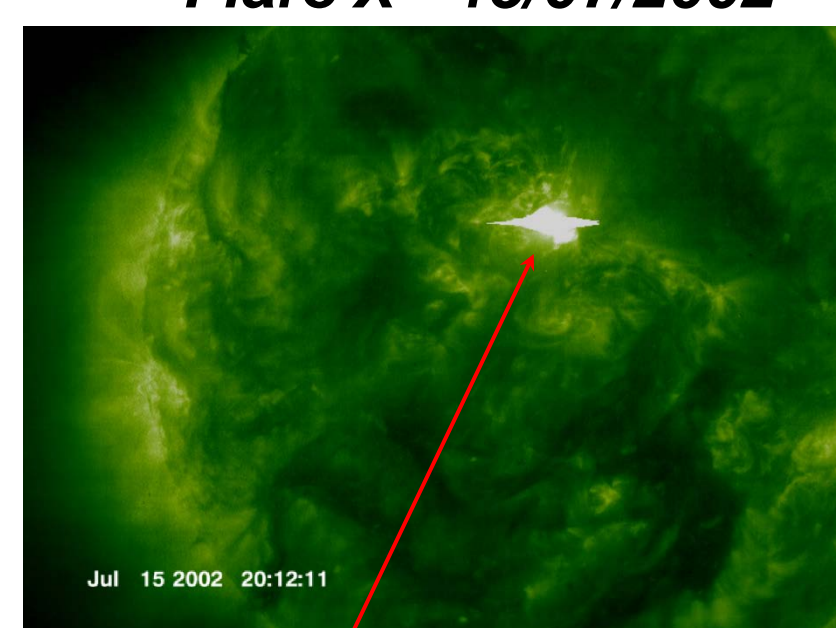
- Radar de **Stokkseyri** construit en 1994-1995, cédé en 2013 à Lancaster University (UK) - PI: J. Wild
- Radar de **Kerguelen** construit en 1999-2000, géré par le LPC2E (1999-2012) puis l'IRAP (2013-...) - PI: A. Marchaudon
- Radar du **Dôme C Est** construit en 2012-2013, géré par l'IAPS (It.) - PI: E. Amata



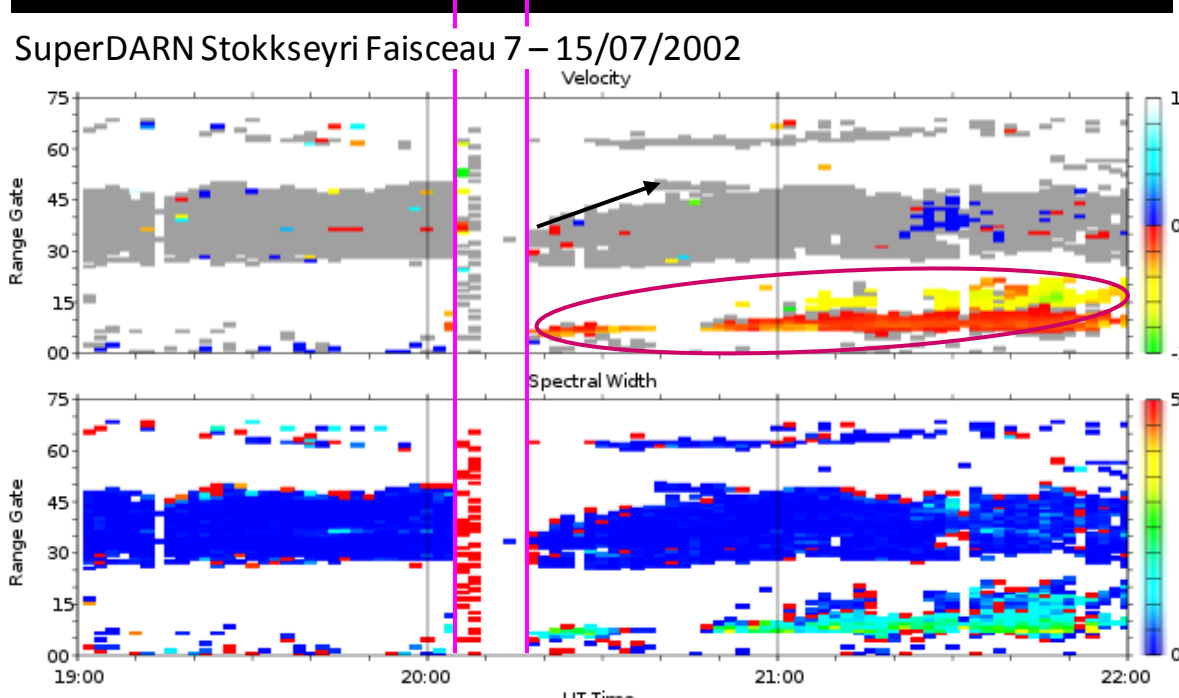
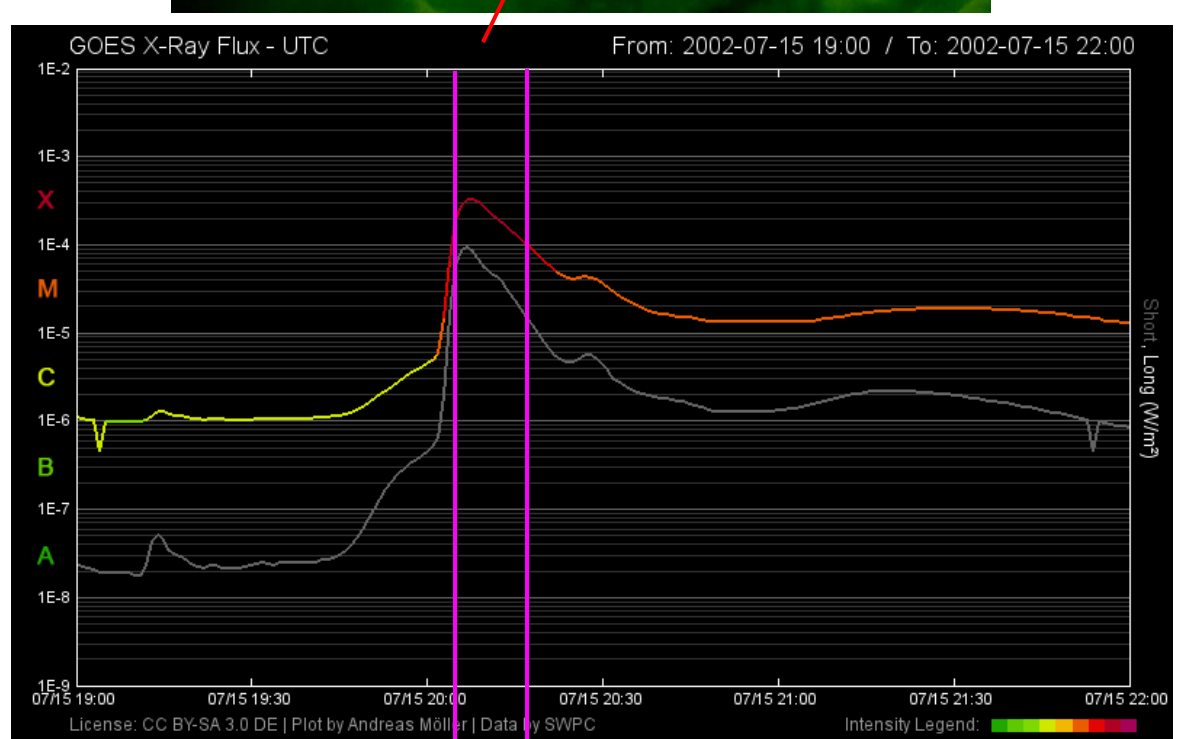
Réseaux hémisphères Nord et Sud – Carte de convection globale Nord

Effet des flares solaires sur l'ionosphère et la propagation HF

Flare X - 15/07/2002



- **Problématique**
 - Comprendre les signatures des ondes HF dans l'ionosphère suite à des flares intenses
- **Exemple d'observation**
 - Extinction immédiate des échos SuperDARN lors d'un flare solaire intense
 - Ré-apparition progressive des échos depuis les faibles vers les grandes distances au radar
 - Apparition de nouvelles zones d'échos post-flare dans la région E
- **Causes possibles**
 - Extinction des échos par absorption des ondes HF dans la région D fortement ionisée
 - Pas de mécanismes clairs pour expliquer la ré-apparition graduelle des échos
 - Nouvelles zones d'échos générées par de nouvelles instabilités (lesquelles?)

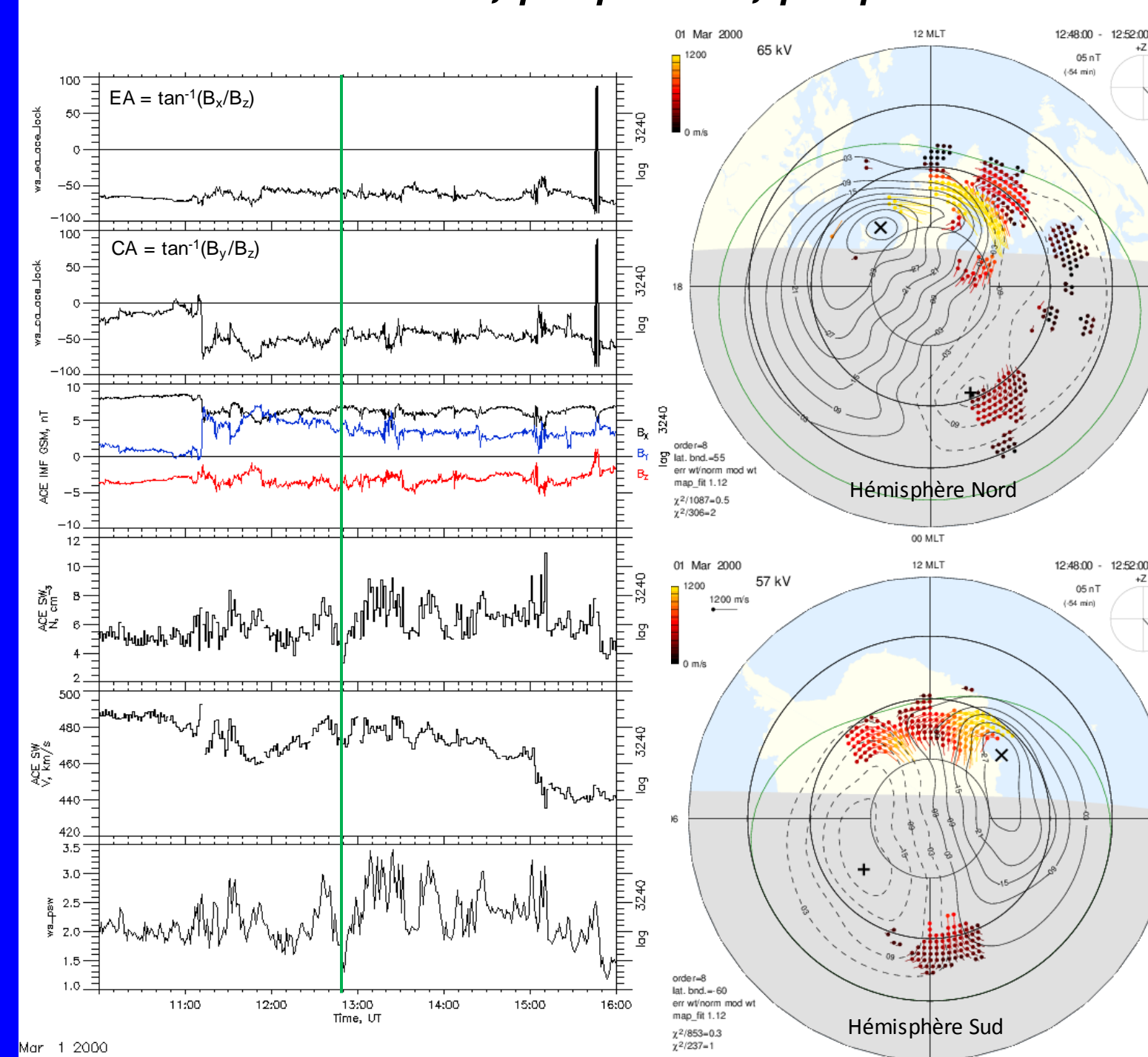


- **Méthodologie**
 - Etude systématique des observations SuperDARN et EISCAT lors des flares X, M (et C) pour voir la variabilité de la réponse de l'ionosphère en fonction du cycle solaire, de la saison, du temps local, de la latitude
 - Modélisation de l'effet d'un flare avec TRANSCAR et comparaison aux observations SuperDARN et EISCAT
 - Détermination des mécanismes physiques responsables des observations radars

Causes des asymétries interhémisphériques de convection

Cas d'Equinoxe - 01/03/2000

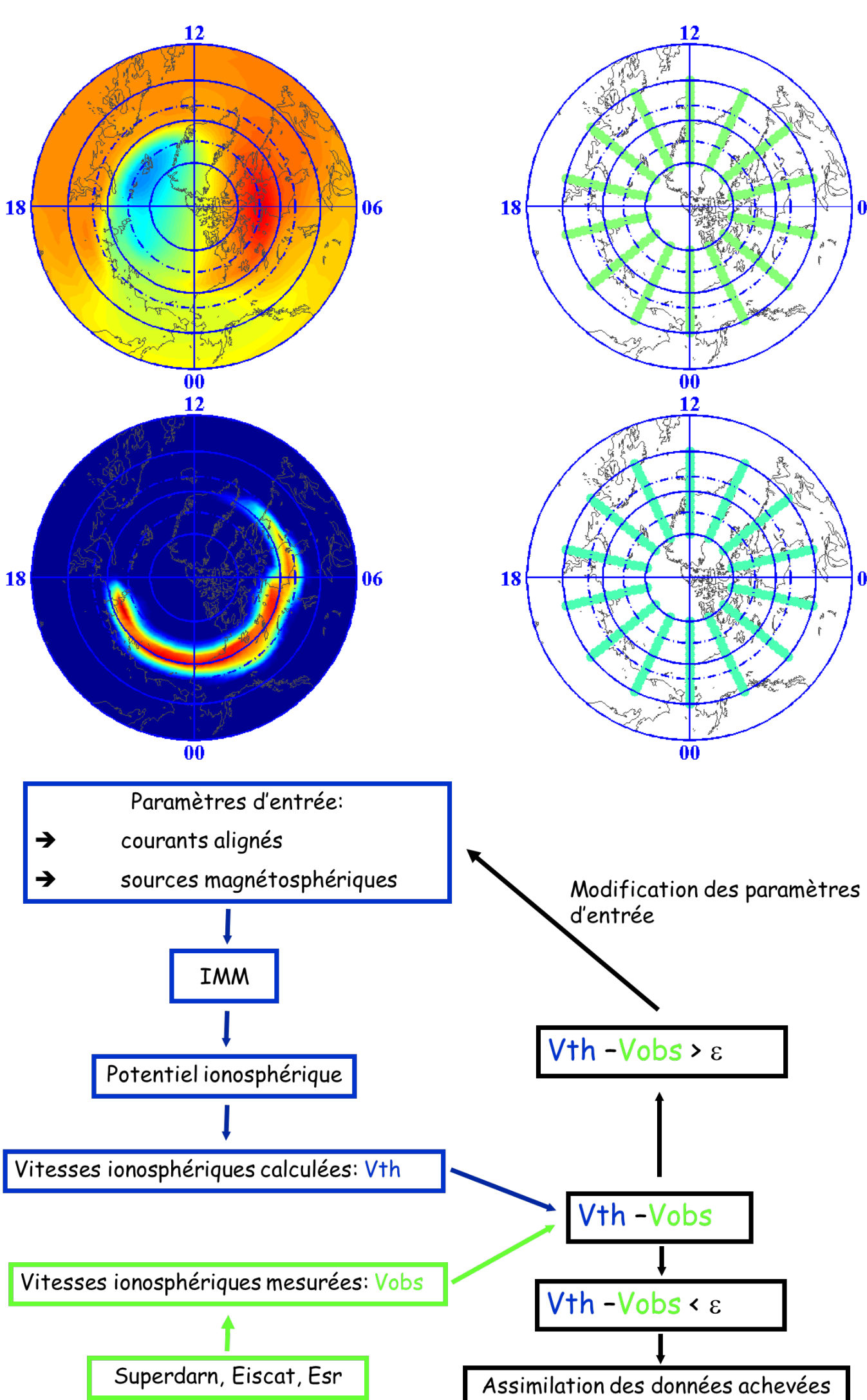
$-8^\circ < \delta < -1^\circ$; $|EA| \sim 60^\circ$; $|CA| \sim 50^\circ$



- **Problématique**
 - La convection dans les cornets polaires Nord et Sud présente des asymétries non explicables par les modèles de reconnexion grande échelle actuels
- **Exemple d'observation**
 - Ecoulement très azimuthal (matin) dans l'hémisphère Nord causé par IMF-By > 0
 - Ecoulement méridional dans l'hémisphère Sud malgré IMF-By > 0
- **Causes possibles**
 - Signe de IMF-By → génération de courants interhémisphériques modifiant différemment la convection dans les deux hémisphères
 - Signe de IMF-Bx → déplacement possible de la ligne de reconnexion sur la magnétopause
 - Orientation du dipole tilt δ → modification des conductivités, de l'intensité des courants et de la convection
 - Intensité de IMF-By et IMF-Bx → est-ce que cet effet disparaît si IMF-Bx devient faible ou si IMF-By devient forte ?
- **Méthodologie**
 - Etude statistique des échos SuperDARN dans les deux cornets polaires Nord et Sud pour déterminer la part relative de chaque paramètre
 - Modélisation des effets électrodynamiques des courants interhémisphériques avec IMM-TRANSCAR

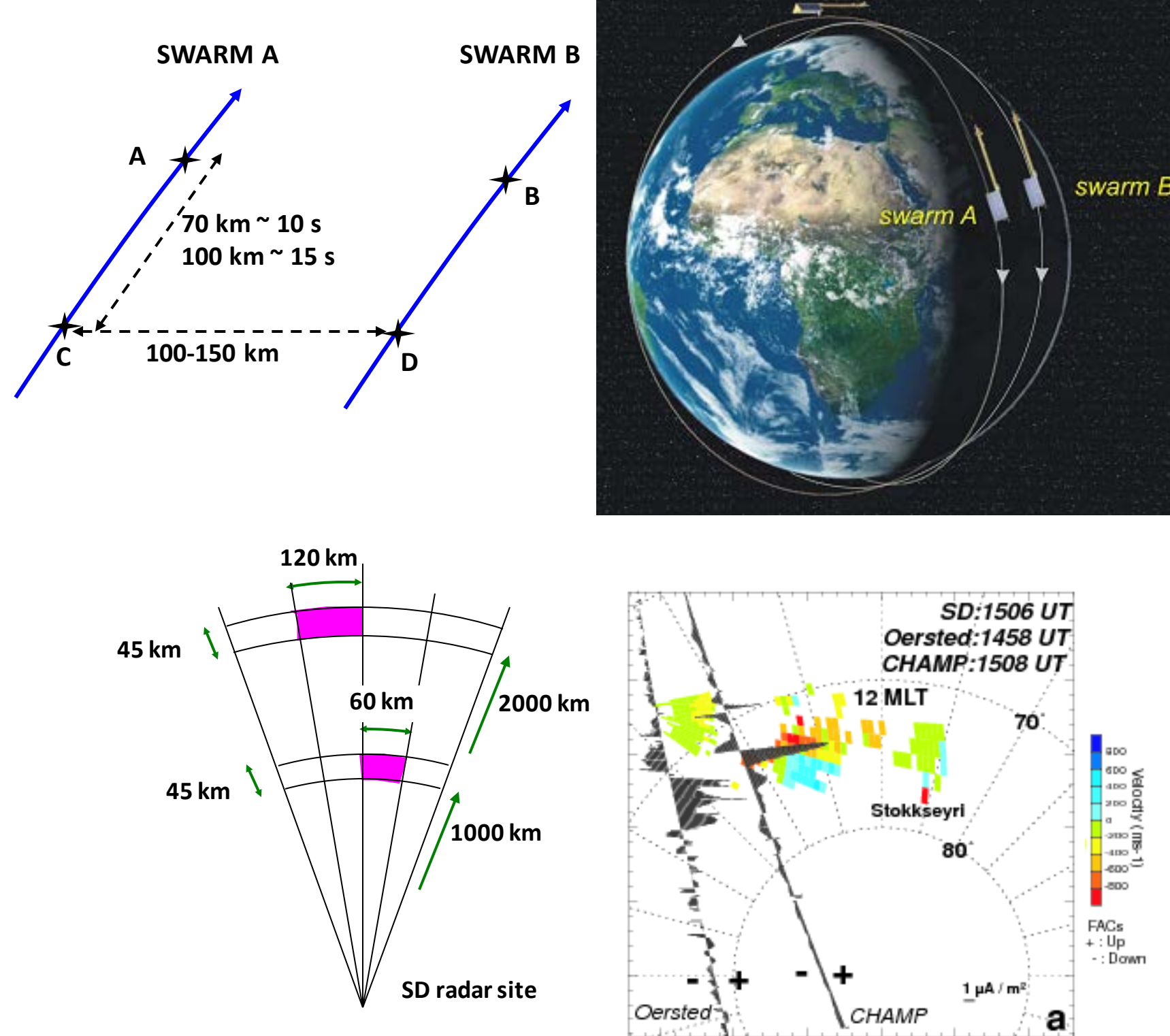
Détermination des paramètres électrodynamiques par assimilation SuperDARN-IMM

- **Objectifs**
 - Obtenir de l'information à haute valeur ajoutée sur l'électrodynamique du système M-I
 - Acquérir et mettre à la disposition de la communauté un outil plus performant, car plus physique que l'outil disponible actuellement pour analyser l'électrodynamique globale à partir de SuperDARN
- **Méthodologie**
 - Assimiler les données de SuperDARN dans le modèle IMM (Ionosphere Magnetosphere model) d'électrodynamique
 - Etendre le modèle IMM aux hautes latitudes en construisant un modèle de courants alignés dans la calotte polaire
 - Produire un modèle de conductivités réaliste à l'aide du modèle TRANSCAR (hautes latitudes + interhémisphérique)
 - Ajuster les vitesses dérivées du modèle et les vitesses observées par SuperDARN
 - Déterminer des paramètres électrodynamiques en accord avec les observations SuperDARN :
 - potentiel de convection
 - courants alignés
 - précipitations
 - conductivités

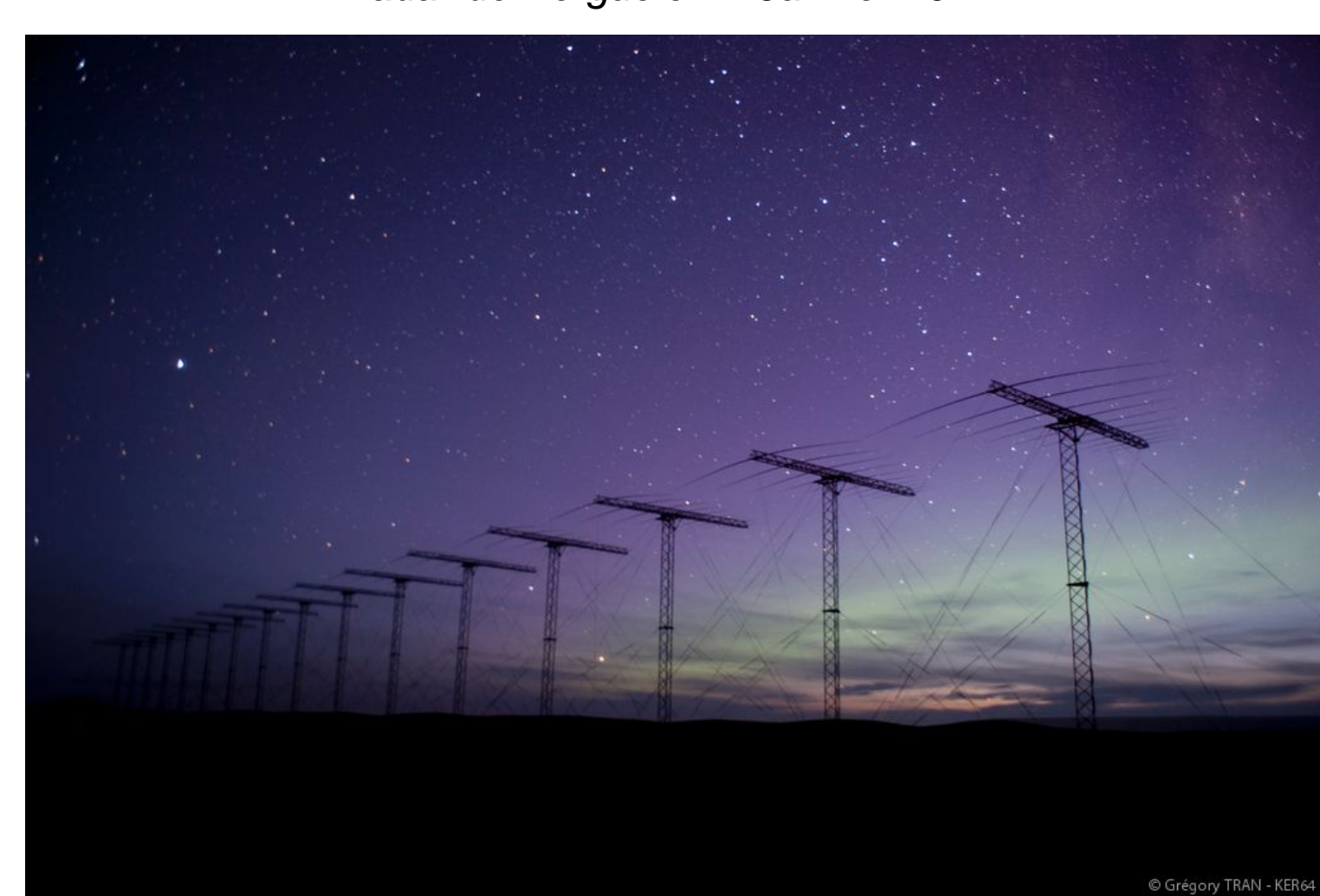


Couplage électrodynamique M-I avec SuperDARN et SWARM

- **Objectifs**
 - Etudier les couplages électrodynamiques à petite et à grande échelle, en comparant les observations de convection SuperDARN et de courants parallèles SWARM
- **Méthodologie**
 - Petite échelle : SuperDARN + SWARM (A,B)**
 - Profiter de la même résolution spatiale de la convection SuperDARN et des courants parallèles du curlmètre SWARM pour reconstruire en détail l'électrodynamique 2D de structures aurorales (arcs, FTEs, TCVs...)
 - Utiliser le curlmètre SWARM pour discriminer entre des structures de courants de type nappe ou filament
 - Grande échelle : SuperDARN + SWARM (A,B,C)**
 - Utiliser la dérive différente de SWARM (A,B) et SWARM C pour étudier les symétries/asymétries des distributions de potentiel et courants parallèles entre hémisphères et en temps local
 - Etudier les positions respectives des grandes régions de courants parallèles (R1/R2) et la frontière du renversement de convection (CRB) et suivre leurs évolutions temporelles en fonction de IMF-By, IMF-Bz, Psw...



Radar de Kerguelen - Janvier 2014



CONCLUSION : le réseau de radars SuperDARN avec

- sa couverture spatiale croissante (hautes et moyennes latitudes des deux hémisphères)
- sa couverture temporelle continue

permet de continuer à explorer plusieurs problématiques scientifiques telles que :

- le couplage électrodynamique du système M-I (via courants parallèles et convection)
- les causes des asymétries interhémisphériques de convection (causes internes et/ou externes)

permet d'apporter une contribution significative à la Météorologie de l'Espace au travers de :

- la propagation des signaux HF dans l'ionosphère pendant les événements solaires intenses (ex : flares...) ou les orages atmosphériques (mission TARANIS)
- le développement d'une méthode assimilative permettant de remonter aux paramètres électrodynamiques du système M-I à grande échelle (courants parallèles, convection et précipitation)