



# Observations radioélectriques du soleil à Nançay

A/ Kerdraon (Lesia)  
+ équipe technique LESIA-USN

# Observations solaires à Nançay

- Radio: **émission des électrons** thermiques ou non thermiques:
  - Émissions free-free, gyromagnétiques, collectives (plasma).
- Suivi des électrons accélérés, des structures dynamiques (chocs, CMEs...), localisation des régions d'accélération
- Traceurs du champ magnétique
- Structure à grande échelle de la couronne calme (thermique): densité, températures, champ magnétique, liaison avec le vent solaire.
- -> **Radio: une donnée importante pour soleil/héliosphère**
- **La caractèrè imprévisiblè de l'activité solaire impose l'utilisation d'instruments dédiés.**

# Observations solaires à Nançay

- Imagerie: Radiohéliographe (**NRH**)
  - ~10 fréquences entre 150 et 450 MHz (0,1 – 0,5  $R_0$ )
- Spectres du flux total du soleil
  - **DAM (ou NDA)**: 10 – 80 Mhz
    - Routine solaire à haute sensibilité
  - **Orféès**: ~130 – 1000 MHz
    - Spectro numérique, meilleur que l'existant européen
      - Construit avec l'aide de l'Armée de l'Air (Fedome).

# Radio spectrographe ORFEES



Site du spectro à Nançay

Antenne et cabane du récepteur

antenne en station



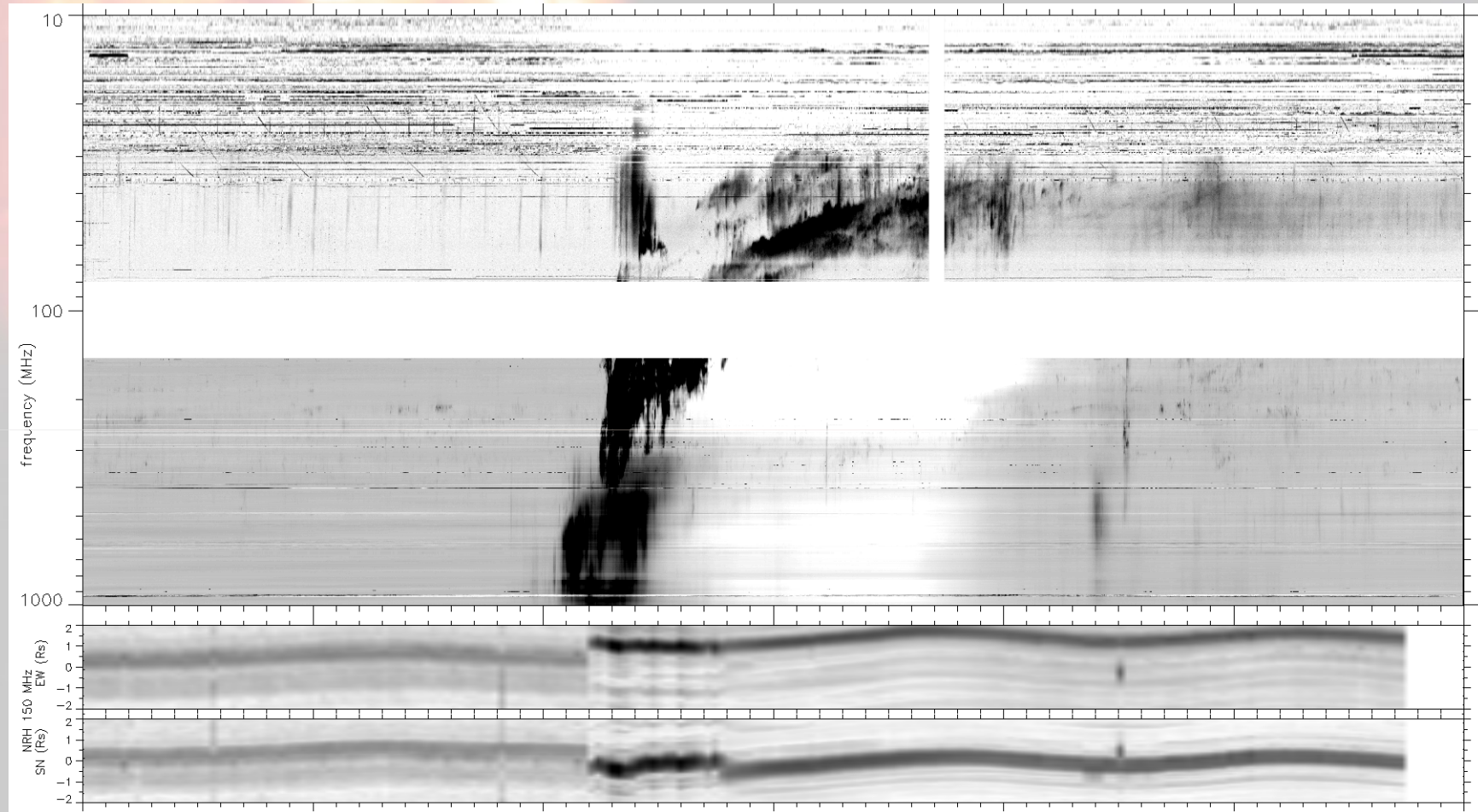
# Observations radio solaires

- **Descriptif Orféus**
  - **Spécifications:**
    - 140 MHz - 1 GHz
    - Mesure de I ET V
    - 0,1 sec, résolution spectrale 0.1 à 1.6 MHz
    - 7 heures par jour.
    - **Disponible depuis 1 septembre 2012**
    - Rejet des émissions parasites terrestres:
      - la haute dynamique permet de les masquer simplement
    - Données:
      - scientifique: fichiers Fits, site web « radio monitoring»,
      - FEDOME: page temps réel, mise à disposition de données téléchargeable en temps presque réel.

# Prospective Orfées

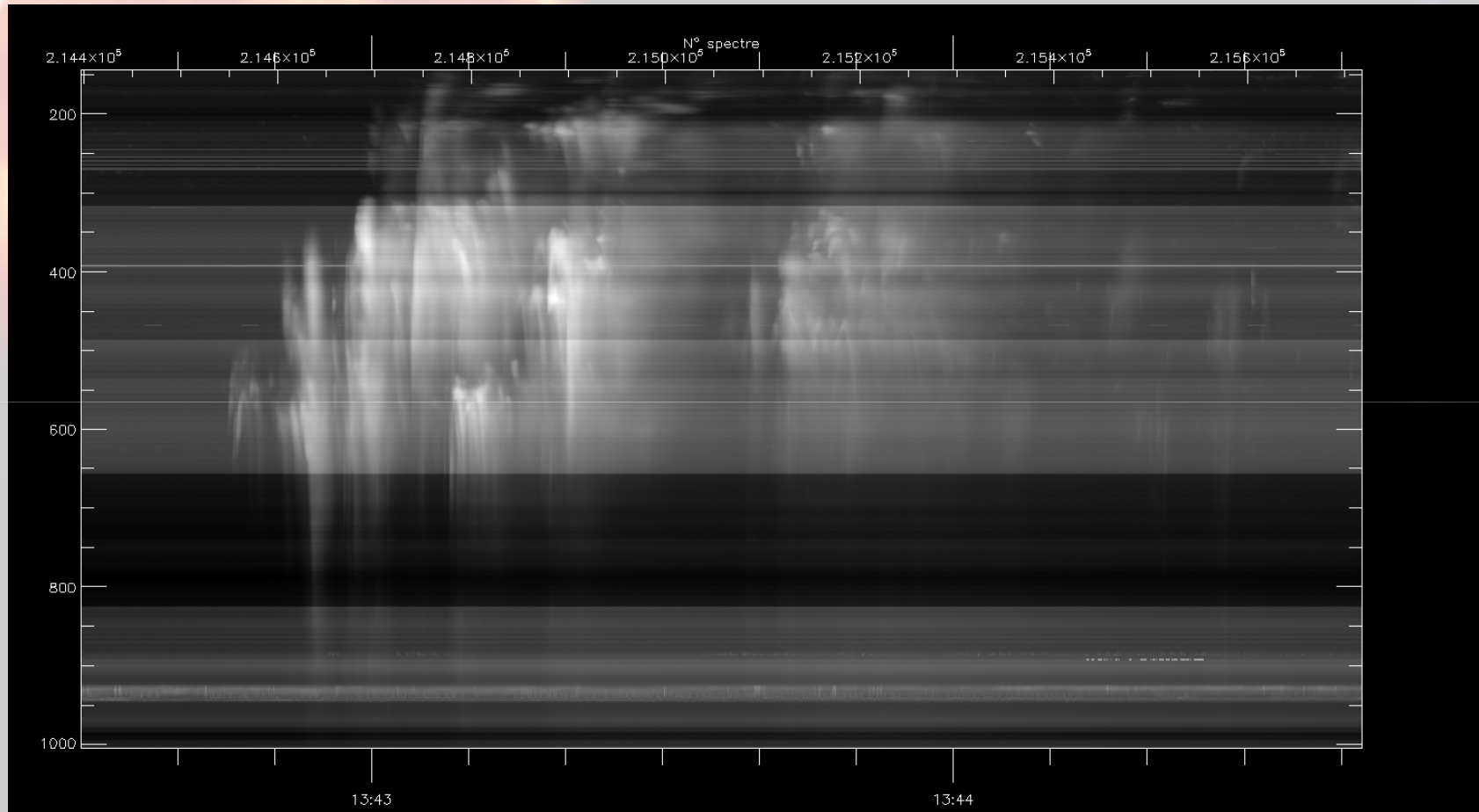
- **Immédiat: fiabilisation:**
  - Fiabilité du pointage
  - Mode Polar à régler
  - Refonte interface de lancement des observations
  - Amélioration la calibration
- **Pour 10 ans:**
  - Instrument définitif et autonome
  - Pièces de rechange en quantité suffisante (financements divers)
  - Fonctionnent assuré >10 ans.
- **Evolution FEDOME (activité prévision de l'armée de l'air)**
  - ?

# temps réel Orfees + Dam + RH



Orfees: données temps réel Fedome 1 heure, rafraichissement 1 mn.  
+ des imagettes RH viennent d'être ajoutées)

# Prospective Orfees

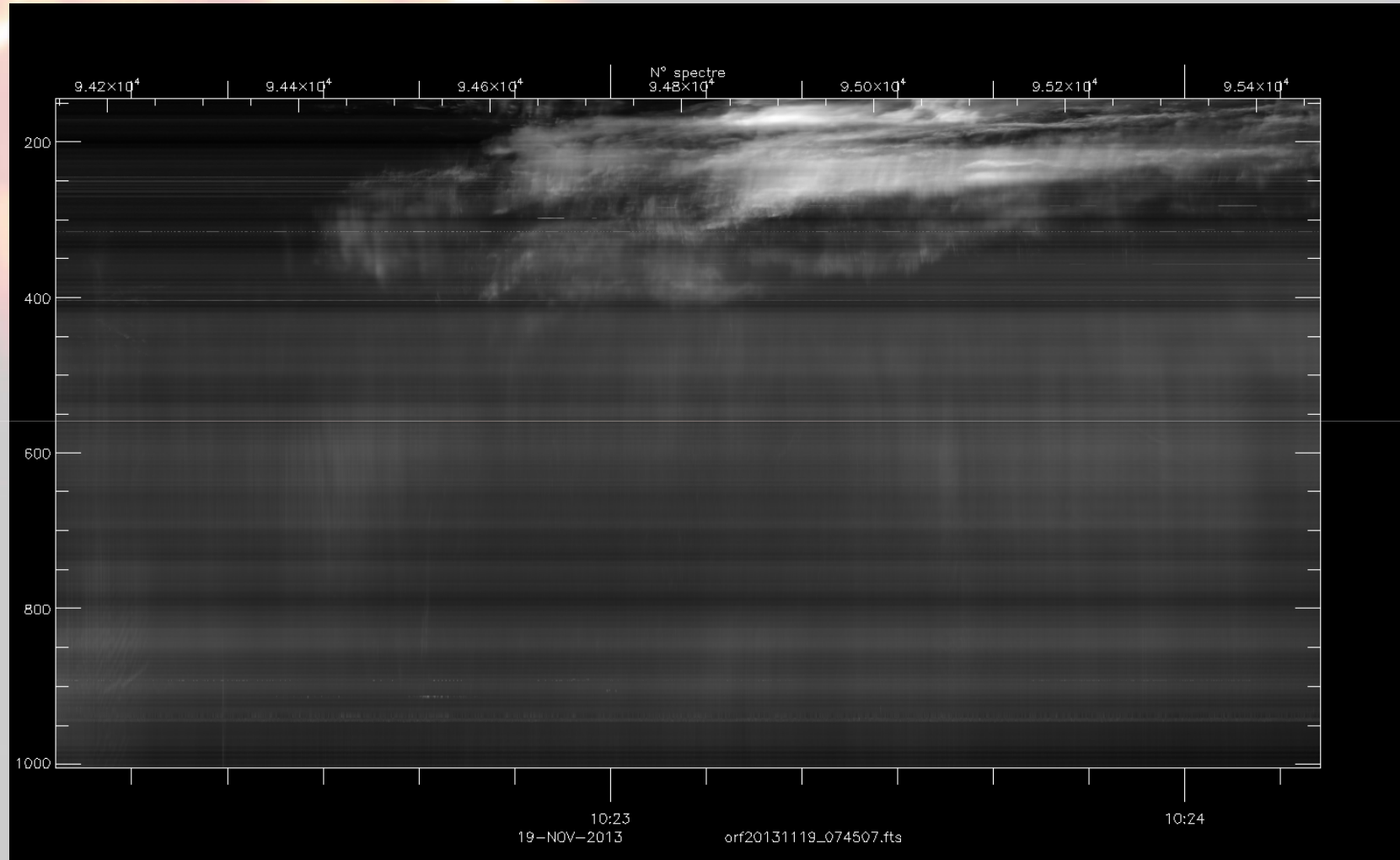


Eruption: florilège de sursauts tIII (faisceaux d'électrons)

CS PNST Paris 23 mars 2015



# Prospective Orfees



Eruption « classique »: sursauts de type II,III,IV

CS PNST Paris 23 mars 2015

# DAM antenna

- 4000 m<sup>2</sup>, aperture array type: high sensitivity

Solar routine 8h/day  
time resolution 1 sec

Swept frequency 10-70 MHz receiver

Circular polarization

Data available in BASS2000

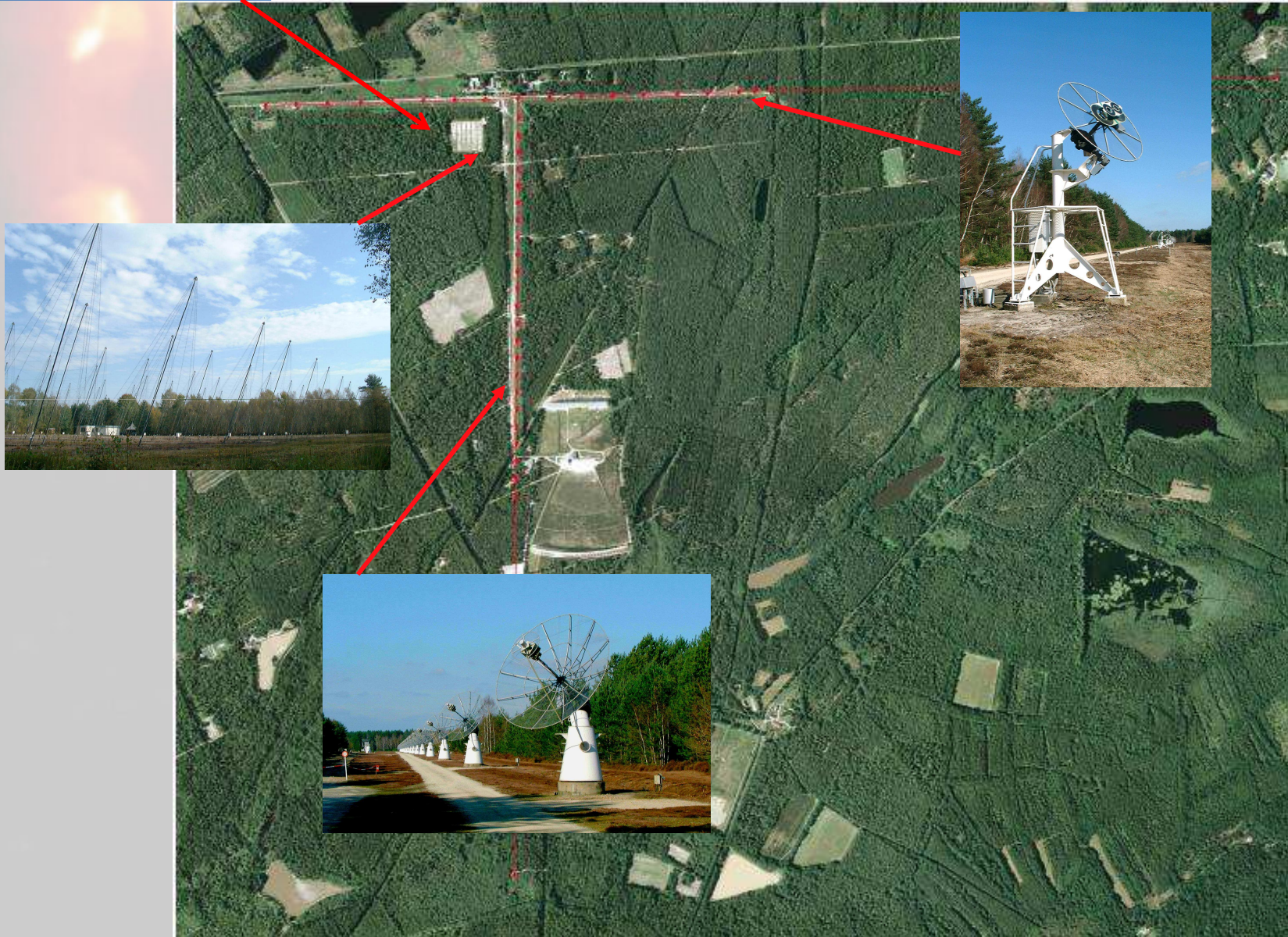
**Two new digital receivers:**  
Improved sensitivity, frequency  
coverage and interference  
rejection.



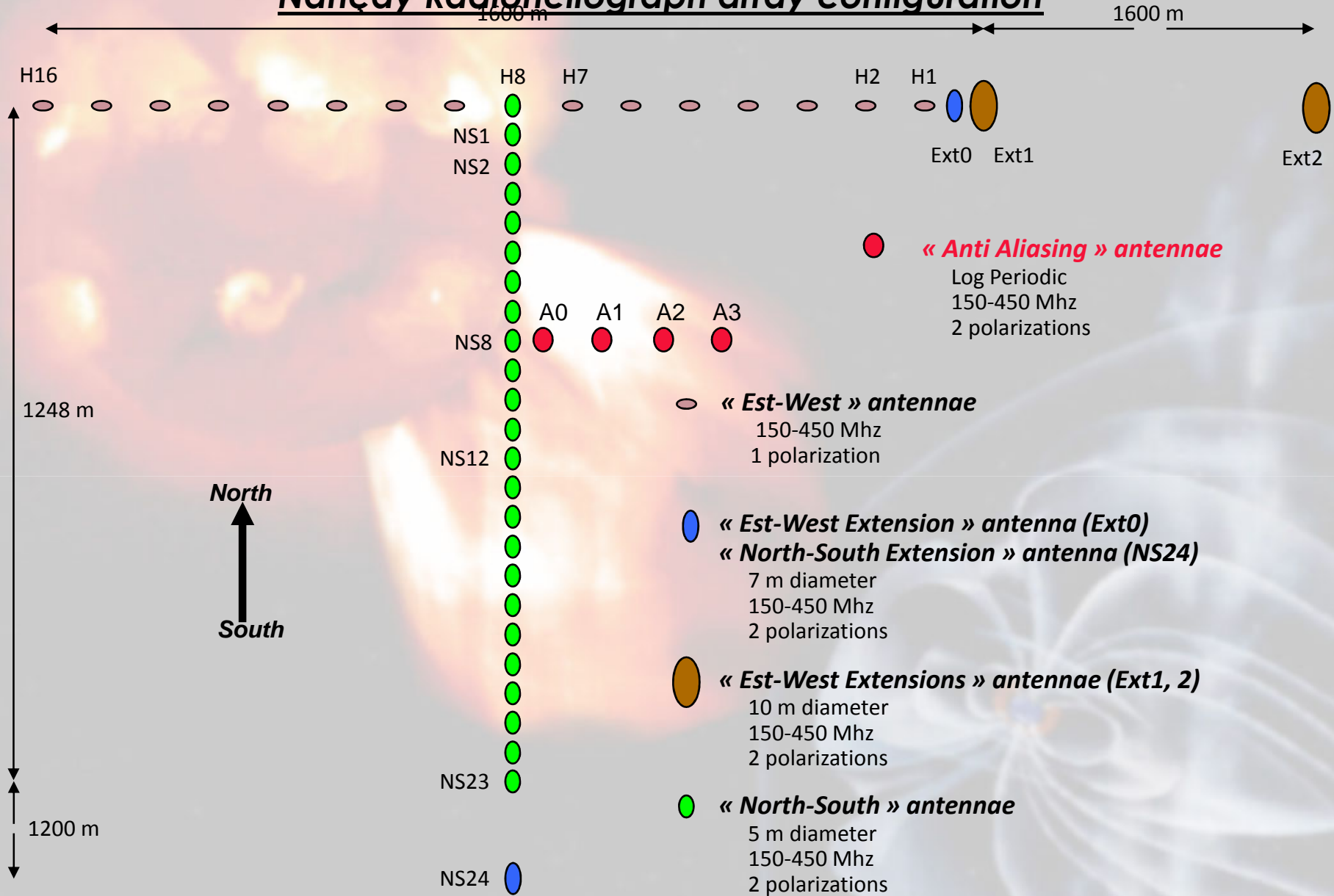
Spectra included in the STEREO radio monitoring website  
(<http://secchirh.obspm.fr> )

# Observations solaires à Nançay

Spectro Orféas



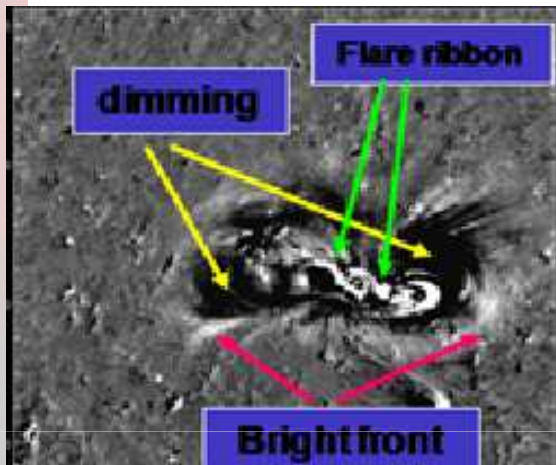
# Nançay Radioheliograph array configuration



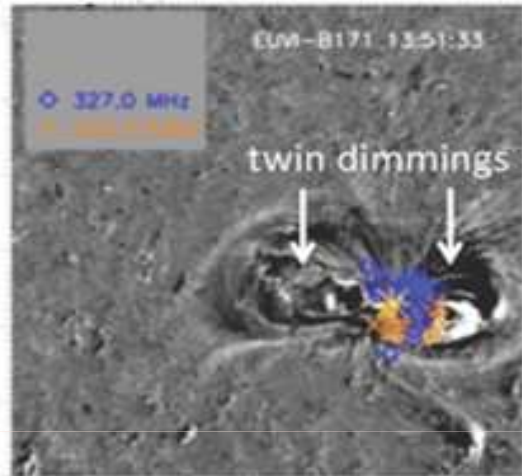
# NANÇAY RADIOHELIOGRAPH

- General characteristics
  - Frequency range: 150 - 450 MHz
  - 47 antennas
  - 648 baselines from 50 to 3200m (25 to 4 800  $\lambda$ )
    - Soon: 1218 baselines
  - Spatial resolution:  $\sim 4$  to 0.3 arcmin (according to frequency, snapshot or synthesis, sun position)
  - Field of view: de 3 à 1 degrés
  - Stokes I et V
  - Time resolution: 5 ms \* nombre de fréquences (typical: 125 ms)
  - 7h observing time

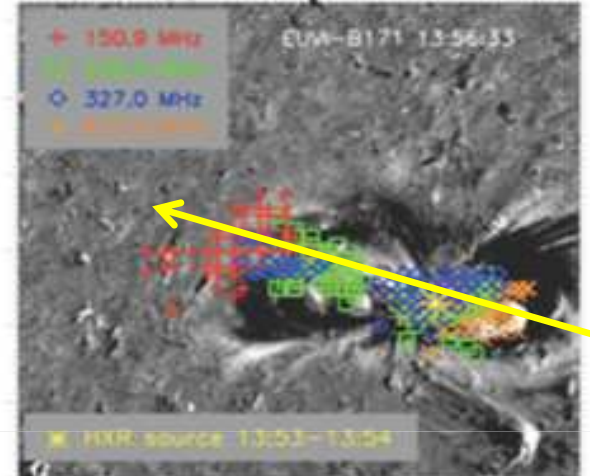
# Current Sheet and Flux Rope eruption on the disk



**EUVI 171 Å STEREO-B**



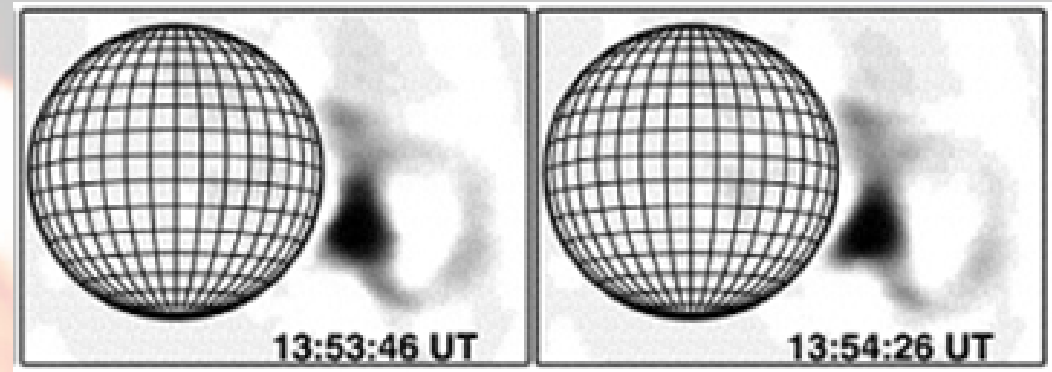
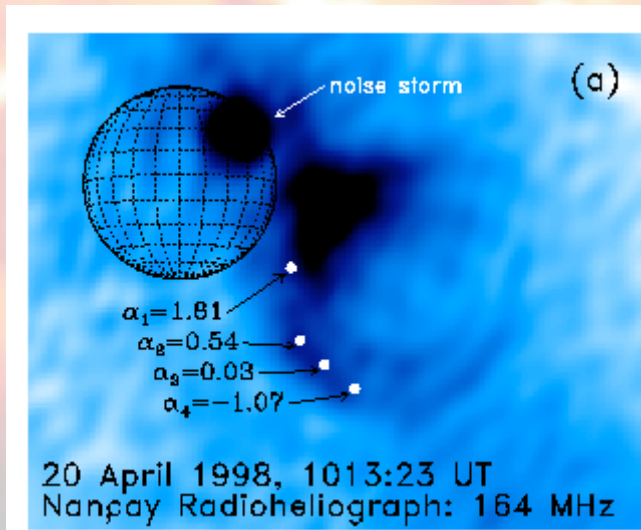
**Reconnection behind the Flux Rope detected by NRH**



**Flux Rope and CS detected by NRH**

**Flux rope orientation agree with flux rope models of coronal observations (STEREO-B).**  
Thernisien et al., 2009; Wood & Howard, 2009 XXX

# White Light and Radio CMEs



**20 April 1998**

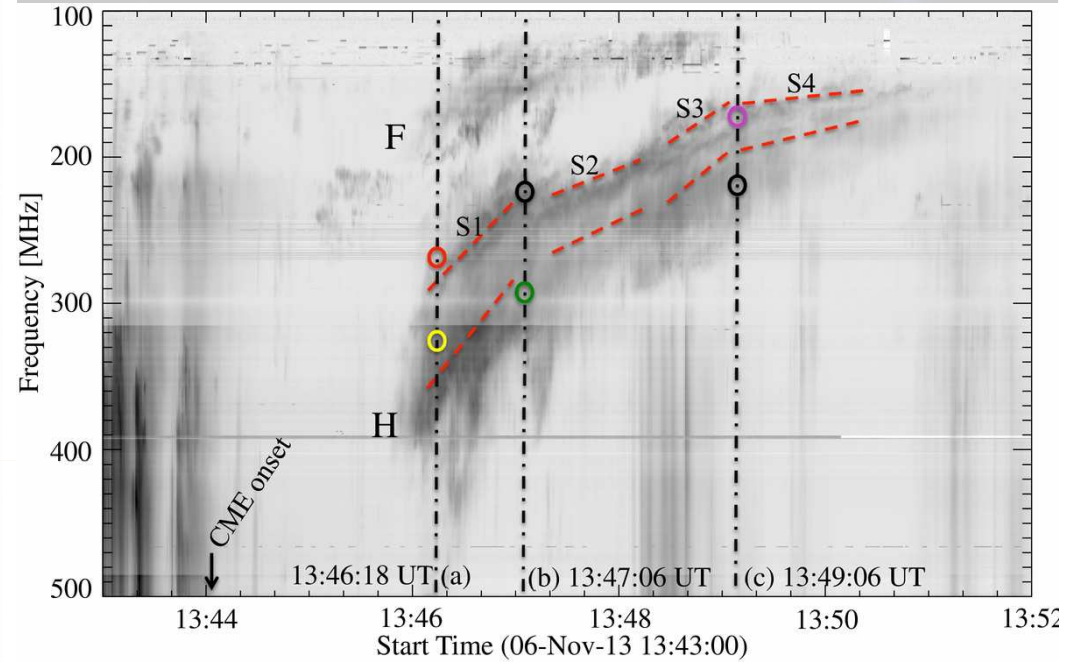
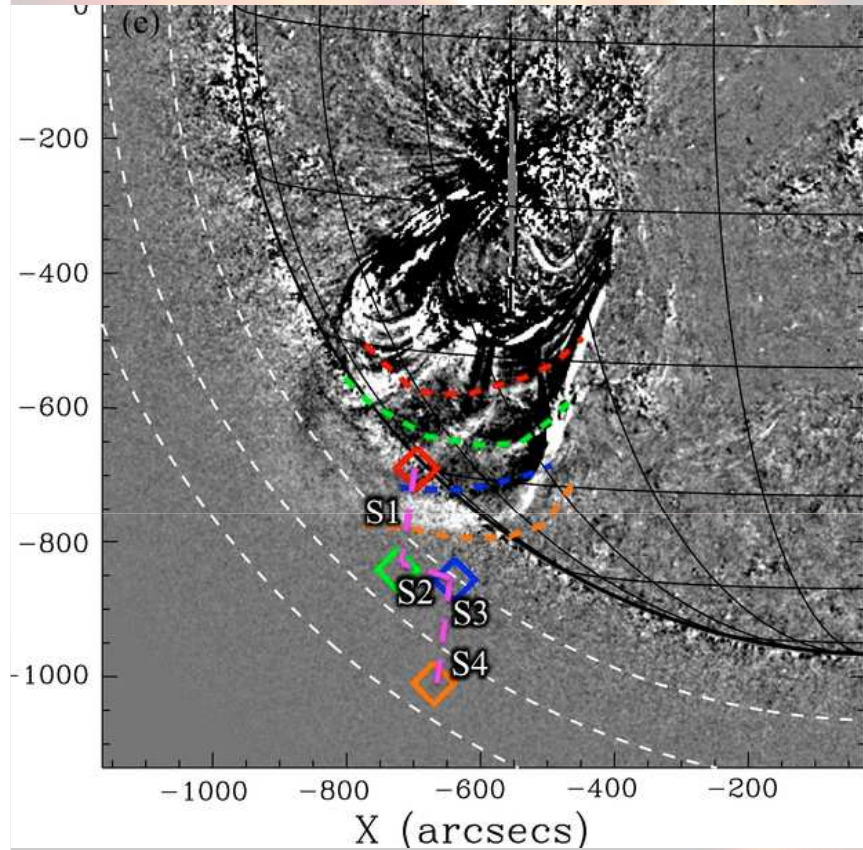
Bastian et al., 2001

**15 April 2001**

Maia et al., 2007

**Loops (3-4 Rs) illuminated by synchrotron emission from relativistic electrons**

# Observations radio solaires

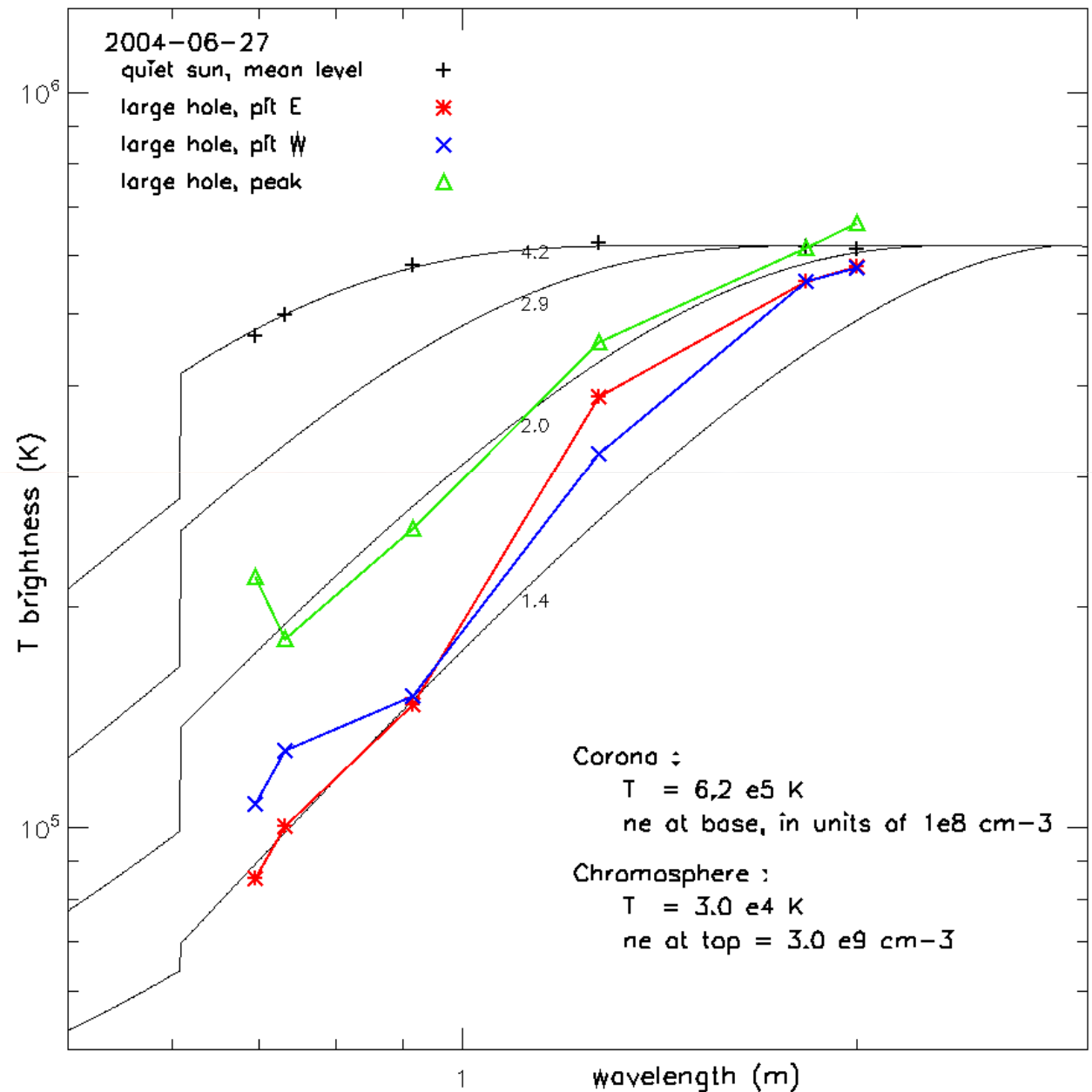
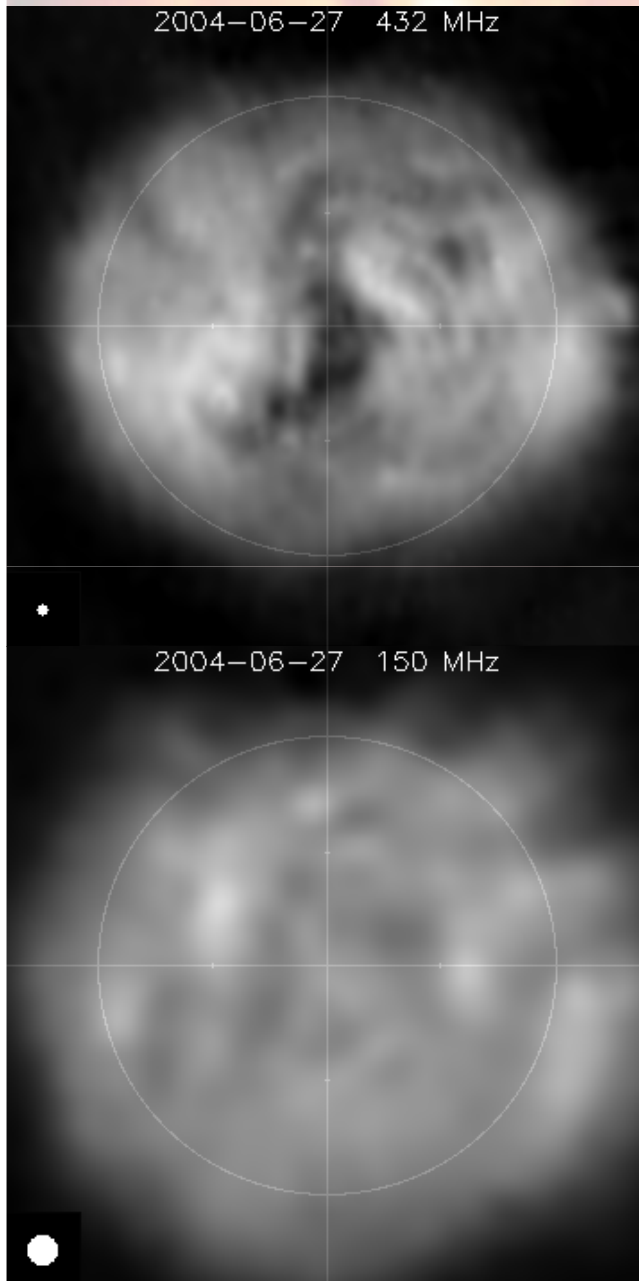


## Suivi d'un choc associé à une CME

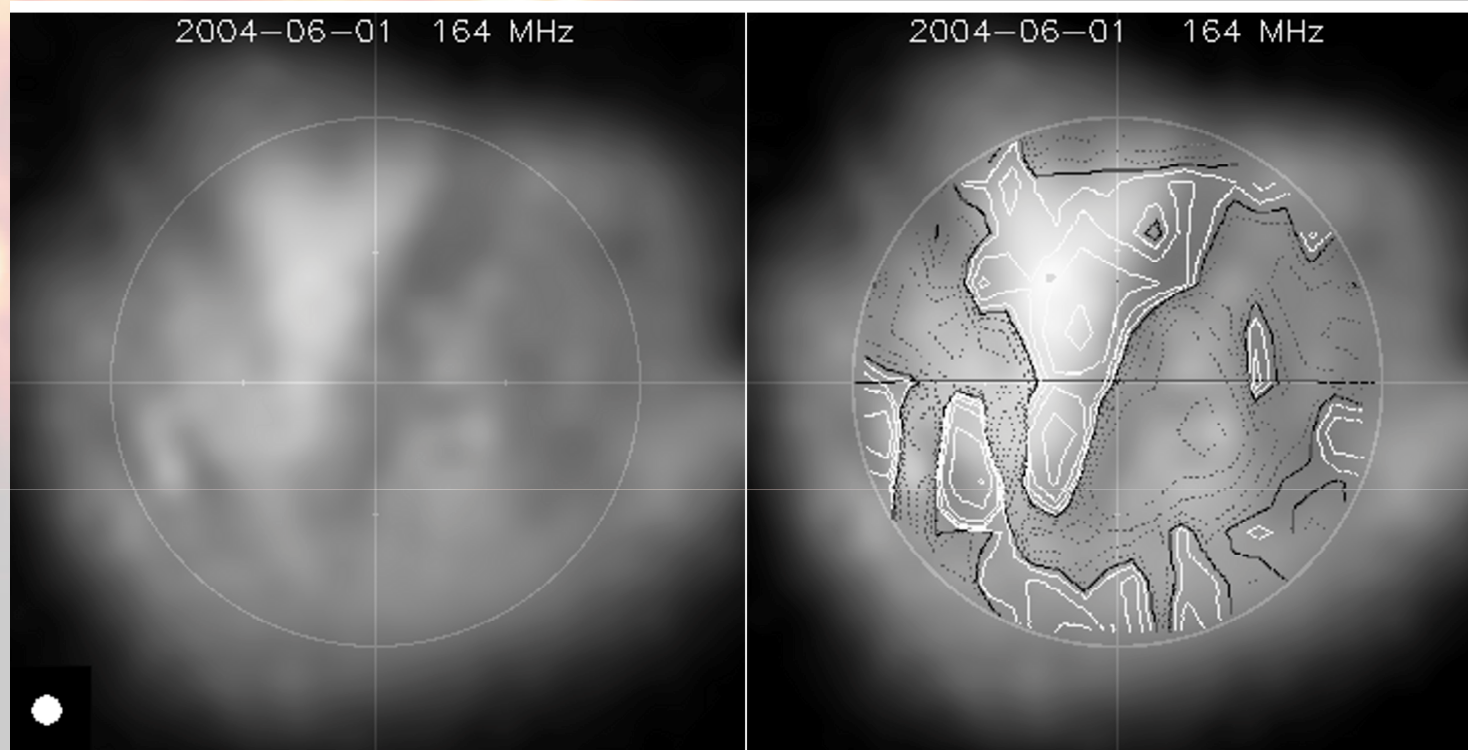
Zucca, P. et al., ApJ, 2014;795:68



2004 jun 27: no saturation at  $T_c$  in the hole, the hole is not visible at 150 MHz



# Typical m – deca radio emission: thermal corona emission



164 MHz image  
6h synthesis

Nançay RH  
164 MHz

Large scale photospheric B  
overlay

Bright regions are located between photospheric inversion lines. Could be a support to recent Antochios works on coronal / solar wind magnetic fields.

2008 Jun 6: **very quiet sun**

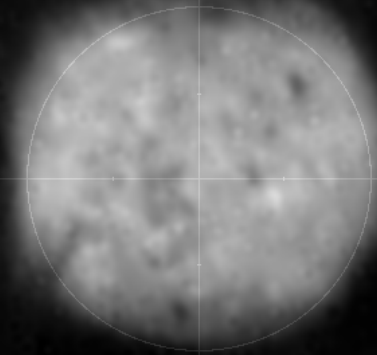
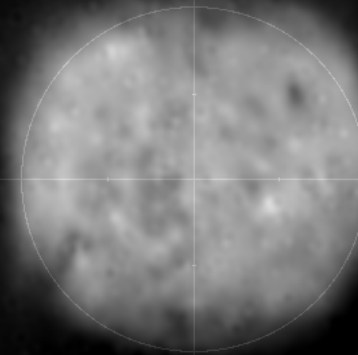
445 432

408 360 327 298

270 228 173 150 MHz.

2008-06-06 445 MHz

2008-06-06 432 MHz

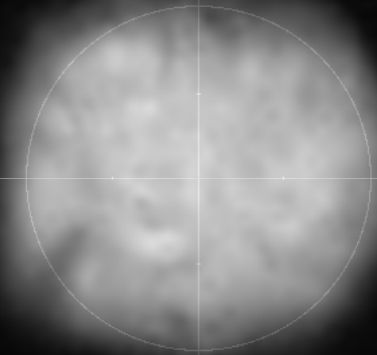
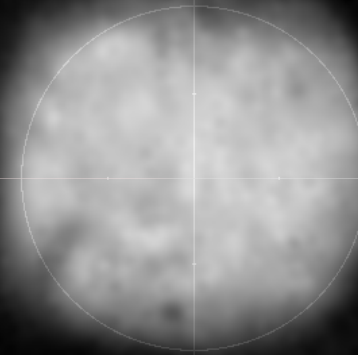
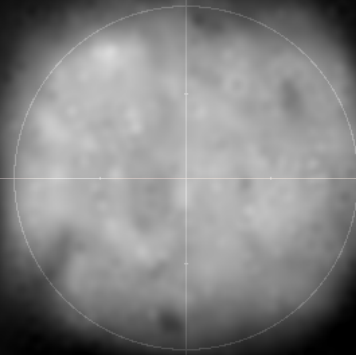
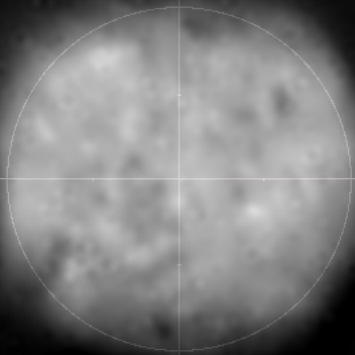


2008-06-06 408 MHz

2008-06-06 360 MHz

2008-06-06 327 MHz

2008-06-06 298 MHz

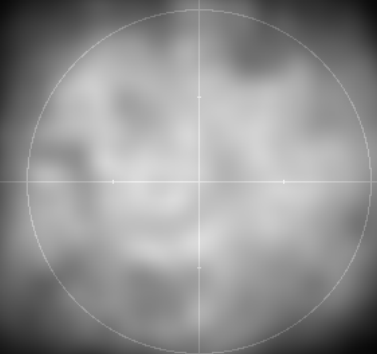
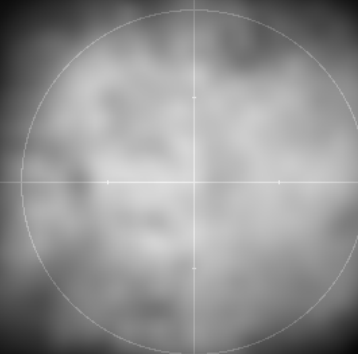
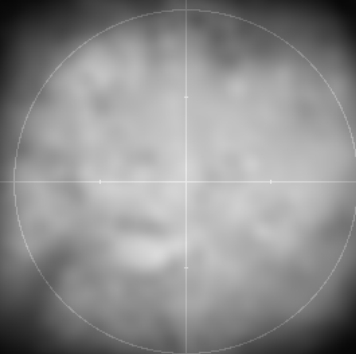
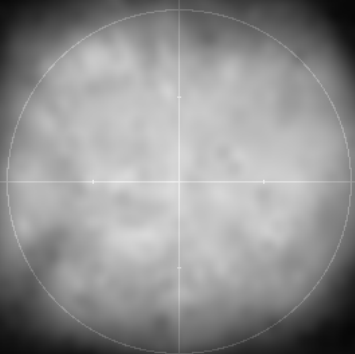


2008-06-06 270 MHz

2008-06-06 228 MHz

2008-06-06 173 MHz

2008-06-06 150 MHz

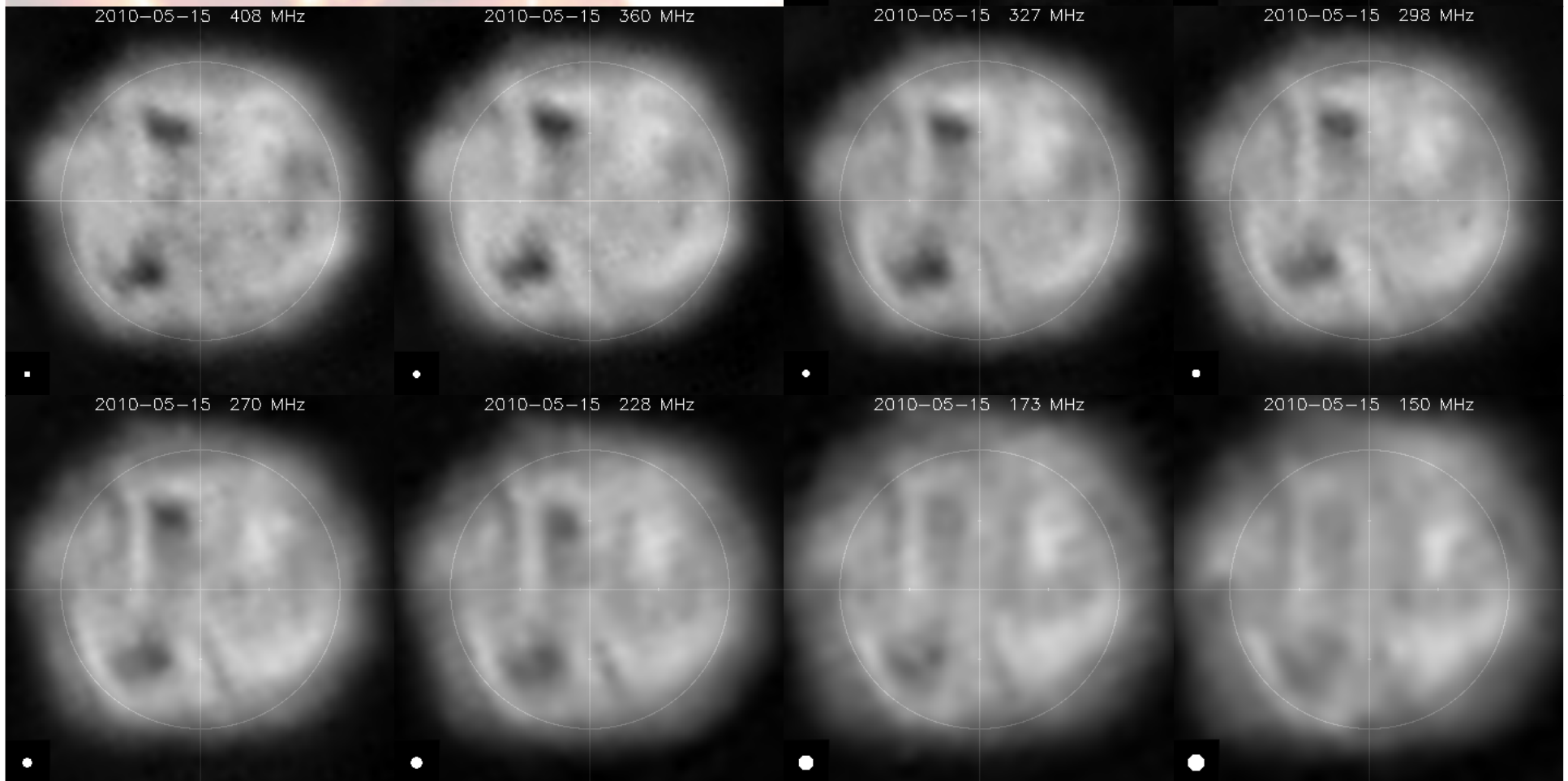


# 2010 may 15 holes and NS large features

445 432

408 361 327 299

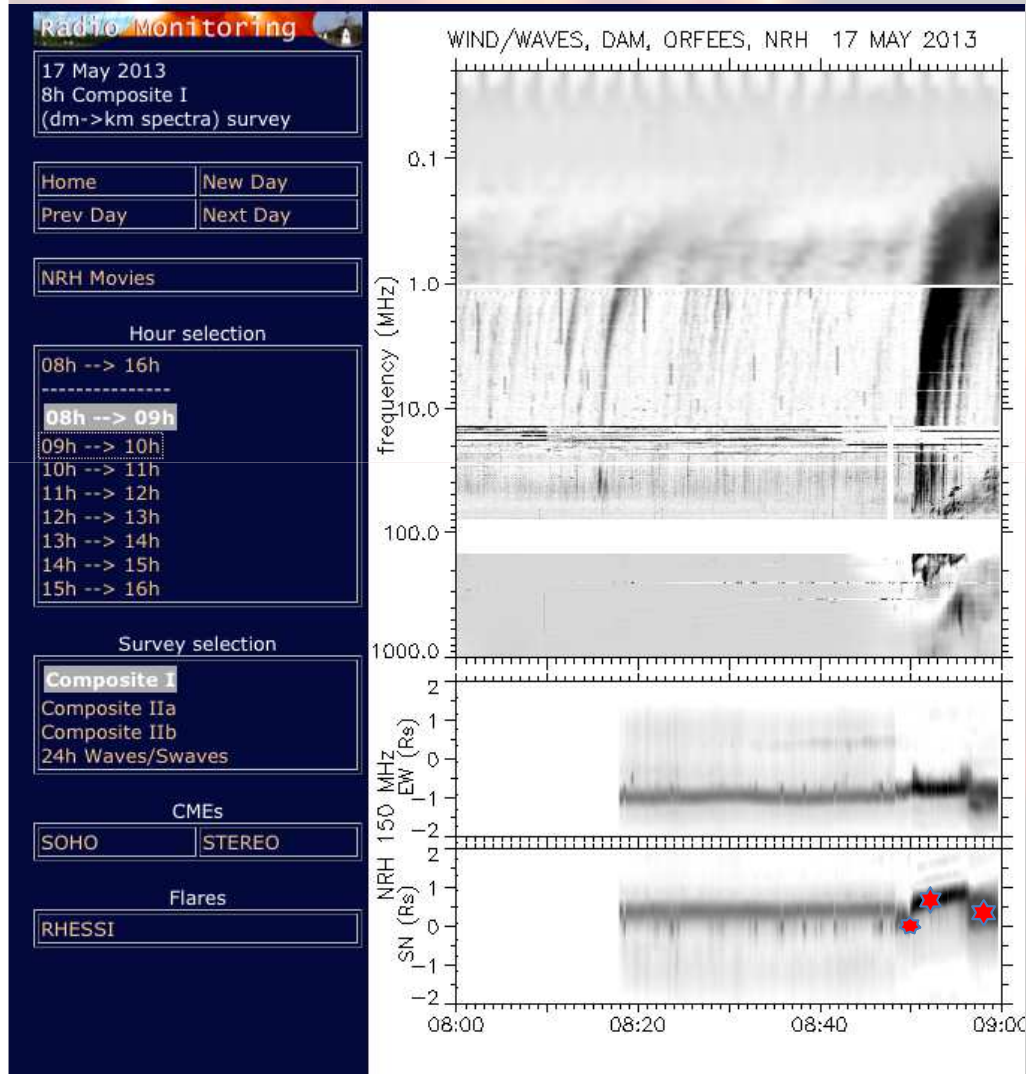
271 228 173 151 MHz.



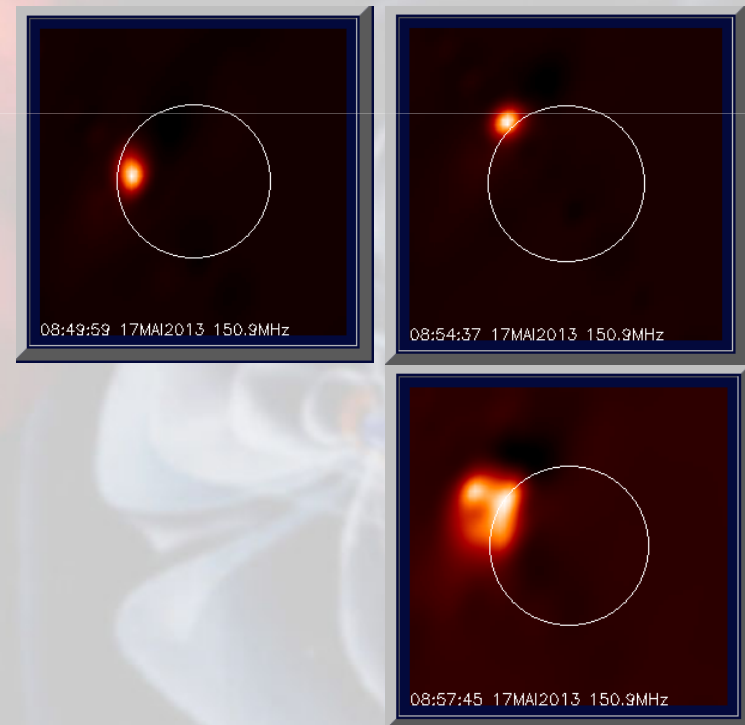
# Site « Radio – Monitoring »

- Spectres synthétiques 100 – 0.05 MHz, heures européennes
  - + indication graphique des CMEs
  - + positions RH à 2 fréquences.
- Spectres 24H (Waves, Swaves)
- Extension (en cours) à la zone pacifique (0-8h TU) avec Culgoora (Australie) et Kunming (Chine)
- Commodités: téléchargement de données.

# Site « Radio – Monitoring » exemple de produits



Eruption du 17 mai 2013  
Spectres (à gauche) et images à 3 instants (étoiles rouges à gauche)



# Observations radio solaires

- Gestion des observations
  - Stockage en ligne à Nançay
    - Distribution (libre) NRH via le site radio-monitoring
      - 40/50 « clients » par an
      - 140 demandes de données
      - 23% Lesia, 43% Europe, 30% Monde, 4% public
      - 8 -10 publications
    - Orféas: même distribution, sous peu.
    - DAM: à automatiser (définir une « routine solaire » à partir des nouveaux récepteurs numériques)

## Observations radio solaires

- Exploitation: moyens RH

Année	PNST	Labo	Ponctuel
2014	12 140	17 130	4 000 (Région)
2013	8 800	14 340	18 100 (OP) 4 000 (Région)
2012	10 240	11 508	~15 000 (CNES)
2011	11 300	12 150	
2010	13 410	18 000	
Moyenne	11,2 K (33%)	14,6 K (43 %)	8,2 K (24 %)

– + équipe technique (3 ETP USN, 2 ETP Lesia)



# Observations radio solaires

- Exploitation: dépenses RH

Année	Maintenance	Dev (jouvence)	Affecté (infrastructure...)
2014	Méca : 8 700 Info : 9 630 Electronique : 800	7 700 (acq/correl) 2 400 réfection antennes	4 000 (peintures)
2013	Méca : 3 600 Info : 12 840 Electronique : 550	4 250 (acq/corrélateur)	18 000 (électricité) 4 000 (peintures)
2012	Méca : 3 440 Info : 11 508 Electronique : 3 400	4 300	15 000 (serveur/stockage)
2011	Méca : 2 000 Info 11 000 Electronique : 3 600	4200 acq/corréalteur) 3600 (pointage proto)	
2010	Méca : 4 250 Info : 11 000 Electronique : 1 400	13 250 (acq/corrélateur) 1 500 (pointage)	
Moyennes	17,5 K (52 %)	8,2 (24 %)	8,2 (24%)

- Valeur neuf: ~5 M€:
  - maintenance < 1% (+ main d'œuvre)

# Observations radio solaires

- Maintenance:
  - Beaucoup d'éléments exposés:
    - 100 moteurs, 50 réducteurs
    - ~300 dispositifs électromécaniques.
    - ~140 antennes, focales ou non.
      - Réfection des antennes focales des paraboles fin 2015 (CSAA)
  - Des éléments obsolètes:
    - Des sous ensembles:
      - Contrôle/acquisition (2015)
      - Corrélateur (2015)
      - Préamplificateurs (2015-2016)
    - Des composants:
      - évaluation en cours (existence de compatibles ou non)

# Observations radio solaires

- Etat fin 2015:
  - Faits:
    - Contrôle/acquisition neuf
    - Corrélateur neuf (et meilleur)
    - Capteurs (dipoles) focaux neufs
    - Préamplificateurs étudiés.
  - En cours:
    - adaptations logicielles pour le nouveau corrélateur
    - Organisation des archives RH, Orféas et Dam en base de donnée.
- Personnels:
  - Un recrutement chercheur Lesia,
  - Un espoir d'ingénieur traitement du signal en 2016 (actuellement CDD).

# Observations radio solaires

- Instruments solaires
  - Pas de RH métrique ailleurs dans le monde
  - Un RH décimétrique (**CSRH**: 0.4 – 2GHz) en Chine
  - Reprise de FASR (US, Californie)? Plutôt cm-dm
- Instruments généralistes
  - Lofar: peu de temps d'observation, utilisation difficile.
    - 30-90 ou 120-240 MHz
  - **MWA** (Australie): disponibilité ? (sans doute assez bonne)
    - 100 – 300 MHz, beaucoup de bases.
  - Autres: Alma (mm, très spécialisé), EVLA (peu de temps, > 1Ghz), SKA (?)...

# Observations radio solaires

- **Futur:** faire durer le NRH au moins 10 ans (Solar Orbiter, SP+) sans transformations notables (peut être un développement européen, plutôt décimétrique).
  - **Inconnues électromécaniques** (le parc pèse 730 k€...)
    - Etat des moteurs: mise au point de procédures de réparation
    - Réducteurs: expertise à faire en 2016
    - Une épidémie de casse n'est pas totalement exclue (> 50 k€). Un bon entretien peut permettre de l'éviter. L'électromécanique pourrait alors entrer dans le budget maintenance « normal ».
  - **Pointage/ transmission des commandes aux antennes.**
    - Etude à mener: des cartes sont obsolètes, la transmission est peu fiable, le câblage électrique et les mouvements peuvent être sécurisés.
      - Le coût peut justifier d'une MAN sur 2 ans 20 à 100 k€, 2016-2018.
  - Etude d'une **antenne fixe** (type réseau de dipôles) .
    - Etude peu coûteuse. Pas d'électromécanique, mais performances inférieures aux paraboles. Pourrait remplacer les 19 « petites » antennes.
  - Thèse en cours: numérisation du signal en pied d'antenne. Très prospectif.

# Observations radio solaires

- **Projet**

- RH décimétrique: Radiosun (DS FP7)

- 0.5 – 2 GHz
    - 50 antennes
    - 2-3 km
    - Site propre: sans TNT, sans 2,3,4,5G
    - A construire si possible pour les meilleurs moments de Solar Orbiter ( 2021 ?)

- Mais: rejeté début 2015.



**FIN**