

# *FAN (Focal Array at Nançay)*

*Etude de réseaux phasés au foyer du NRT*

J-Michel Martin,  
Pour la coll.  
LAL/SPP/Orléans  
Obs. Paris

Forum pre-SKA  
09/10/09  
Paris



# Motivations



ATA (USA)



EMBRACE (EU)

## Futur de la radioastronomie (dm,cm): SKA

Aperture Arrays (type EMBRACE) ? .... AAVP en 2012-2013 ? Ensuite ?  
Grand nombre d'antennes mono-pixel (ATA) .... SKA phase 1 en 2016+ ?  
Antenne avec réseaux au foyer (PAFs) WSRT/Apertif, et ASKAP en 2013+

## Volonté de nous associer à la R&D vers SKA

PrepSKA → paraboles/1 pixel

AAVP → Aperture Array (2 pol., > 1000m<sup>2</sup>)

Explorer les capacités multi-beam du NRT (cf **SKADS "Phased arrays on concentrators"**)

**Buts** : acquérir le savoir-faire nécessaire sur l'ensemble d'un FPA profitant des caractéristiques du NRT (**sensibilité inégale**).

**Nancay : seul observatoire radio BF en France**

- compétences en récepteurs
- pôle de micro-électronique
- savoir-faire sur les backends numériques

vital  
Pour FAN

**Collaboration étroite avec le LAL et le SPP**

qui fournissent les chaînes de réception et d'acquisition pour FAN et soutiennent le projet scientifiquement.

## **Objectifs techniques**

**R&D** : sur les 'Phased Array Feeds'. Spécificité du NRT (miroir sphérique), F/D. **Mise en oeuvre de systèmes complets** : tests sur ciel de sous-systèmes étudiés (R&D SKA, HSHS, et futurs upgrades).

**Futur du NRT** : Mise à disposition des utilisateurs d'un système avec  $r > 5$  lobes, pour le développement des programmes en cours et les nouveaux programmes. Etude d'un 'NRT100'.



## Projets majeurs à Nancay :

- R&D 'Aperture Arrays' (SKADS, AAVP)
- Insertion dans LOFAR et R&D (LSS)
- Radio impulsionnelle (ANR Codalema, +...)
- **exploitation du NRT, une des plus grandes antennes d'Europe :**  
Programmes scientifiques, ouverts sur les précurseurs & SKA  
et R&D FAN + traitement du signal + équipe scientifique.

## Objectifs techniques

**R&D :** sur les 'Phased Array Feeds'. Spécificité du NRT (miroir sphérique), F/D. **Mise en oeuvre de systèmes complets :** tests sur ciel de sous-systèmes étudiés (R&D SKA, HSHS, et futurs upgrades).

**Futur du NRT :** Mise à disposition des utilisateurs d'un système avec ~5 lobes, pour le développement des programmes en cours et les nouveaux programmes. Etude d'un 'NRTx100'.

# FAN : Objectifs scientifiques

**BAO** : Etude de l'énergie noire. Mise en oeuvre d'une méthode originale. (cf. *Présentation R.Ansari*)

**Objets variables** : Recherche de pulsars, et d'objets transients (RRATS etc..).

**Cartographies** : Objets étendus : comètes, vents stellaires, objets galactiques particuliers

**Nouveaux modes/fréquences d'observation** < 1GHz, ON/OFF simultanés

## Objectifs techniques

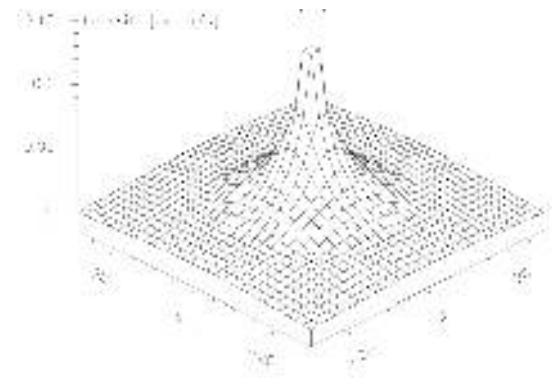
**Effort en cours** :

- chaîne de réception et d'acquisition LAL/SPP + corrélateur SPP.
- composants microélectronique Nançay (LNA, récept. intégrés)
- calculs d'antennes, calcul de la formation de faisceau





# Objectifs scientifiques cartographie de comètes



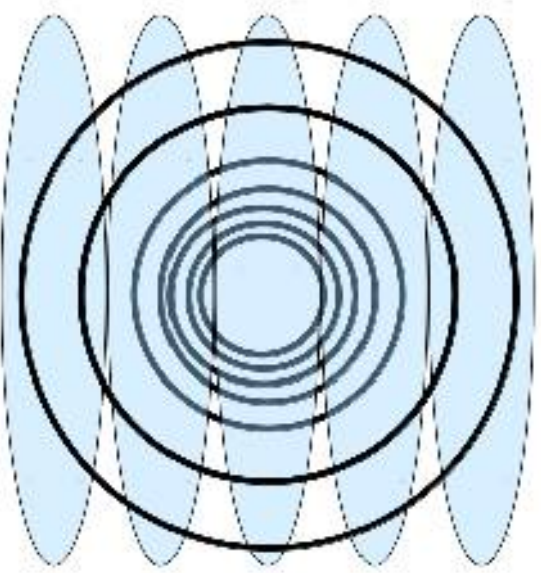
Simulation Poltnikov, Colom

## Depuis 2000 (KP) :

- 49 comètes suivies.
- préparation/support des missions spatiales (Rosetta, Herschel)
- Q(OH) pour études multi-(radio-UV) sol et espace.

Astres variables, ne pouvant être aisément cartographiés en 1h.

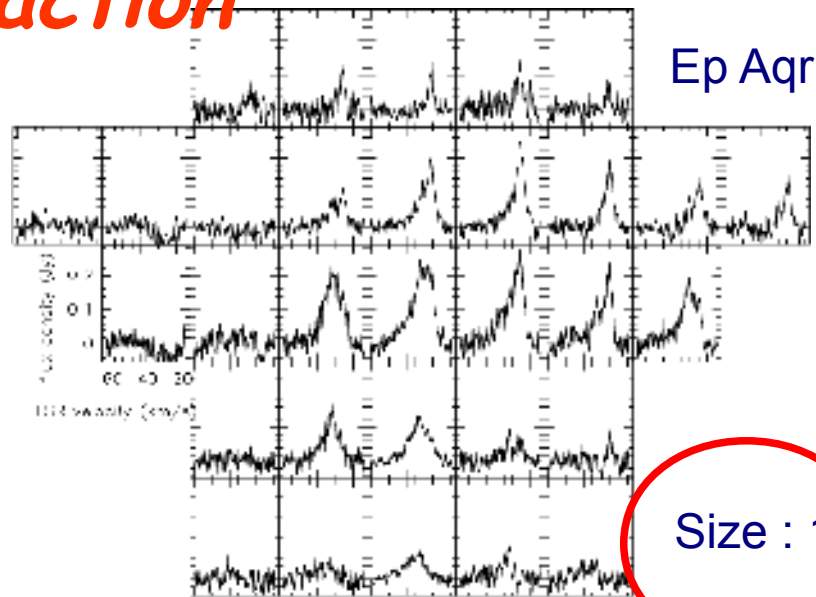
Ex. simulation basée sur C/Holmes, ramenée à 1au de la Terre.



Cartes : Anisotropies/jets - amélioration significative du calcul du taux de production de l'eau.

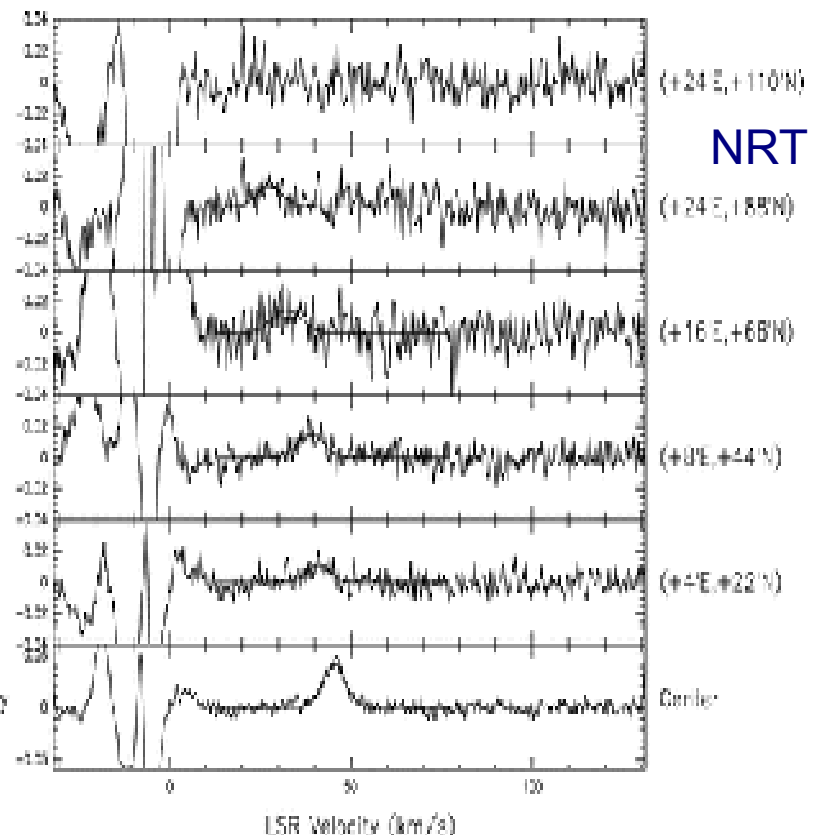
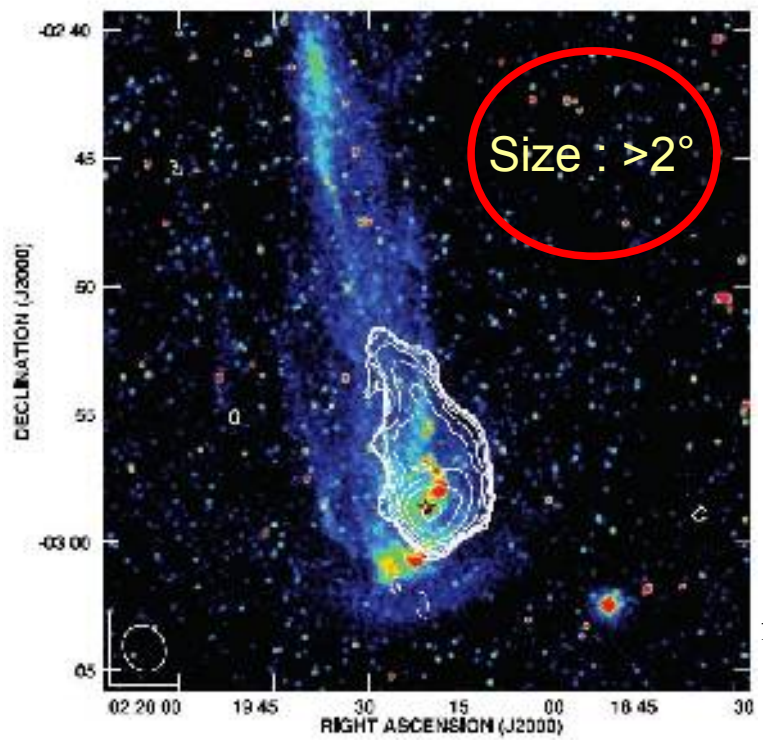
# Vents stellaires en interaction

- KP en cours :**
- Etude détaillée de l'histoire de la perte de masse sur  $10^6$  ans pour un échantillon de 50 géantes rouges.
  - Interaction entre les vents stellaires et le milieu interstellaire.
  - jusqu'à  $\sim 30$ h/carte.
- Projets :** HI autour d'étoiles massives, et d'étoiles en formation.



Le Bertre, Gérard 2004

Extended tail of Mira. UV +HI/VLA



Matthews et al. 2008

forum pre-S<sup>sh</sup>



# Comètes, étoiles

*Ces objets sont résolus par les interféromètres (incluant les précurseurs de SKA).* En attendant SKA, il faut associer observations single-dish et interférométriques, en particulier pour l'étude des vents stellaires (cf. Matthews et al. 2008 : étude NRT + VLA).

→ produire efficacement les données single-dish permettant de compléter les observations interférométriques faites avec le VLA de l'hémisphère S : MeerKAT. (*centaine d'objets ?*)



# **Pulsars : surveys - découvrir des pulsars et des objets particuliers :**

**avec 100 beams, on obtient la  
sensibilité en mode survey x 10  
sensibilité du survey de Parkes.**

**Dans la zone non couverte par  
Arecibo et Parkes:**

**$80^\circ < l < 170^\circ$  et  $-145^\circ < b < -100^\circ$ .**

**5000 heures NRT@1lobe,  
Recherche de  
transients**

**New band ?!  
~700-900 MHz**

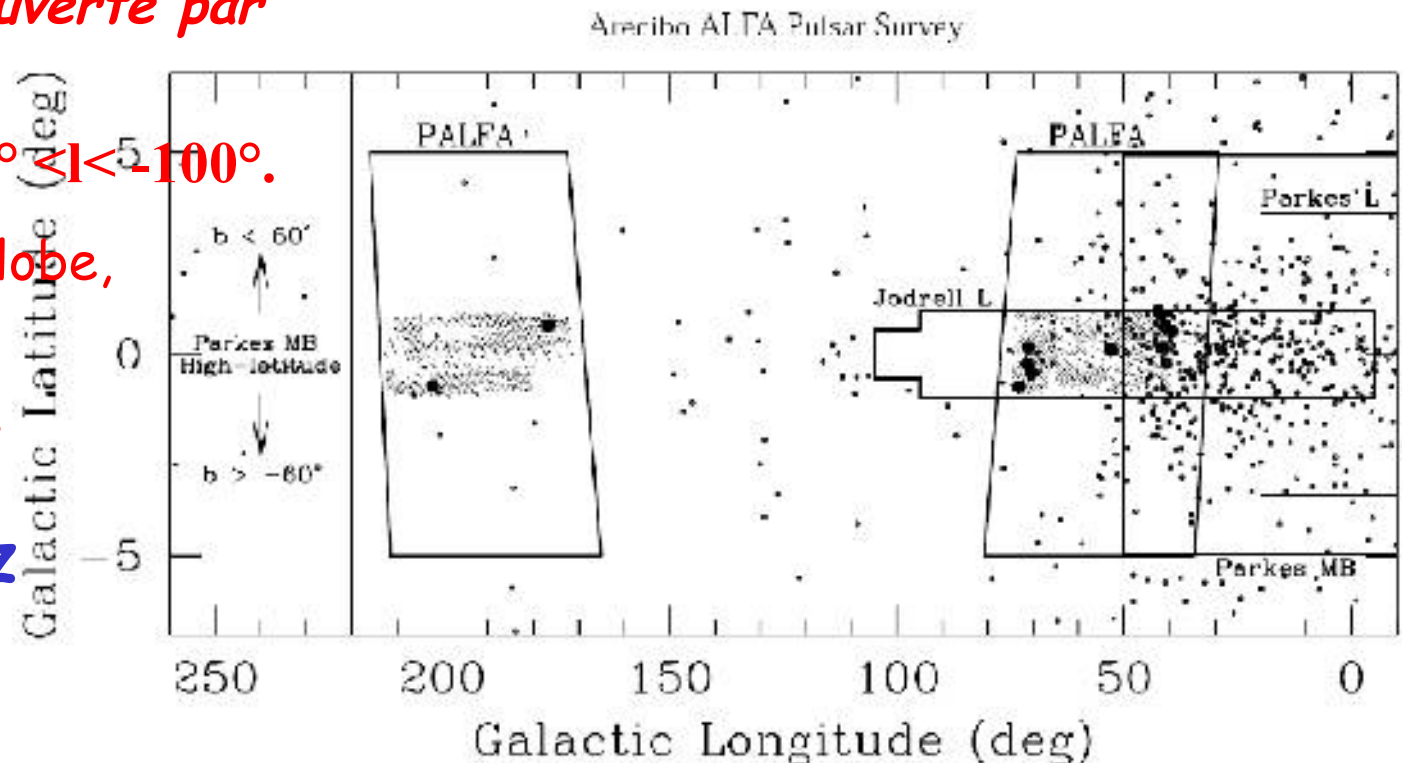
**! LEAP**

**Projet financé par Bruxelles.**

Large European timing Array for Pulsars.  
But : mise en évidence des ondes  
gravitationnelles émises par les trous noirs  
binaires supermassifs.

Savoir-faire / timing dense de pulsars et  
objets particuliers (magnétar, Camillo et al.)

Préparation à SKA - suivi des meilleurs  
pulsars recyclés, recherche de nouveaux  
pulsars (*meeting SKA-F 10/09*)



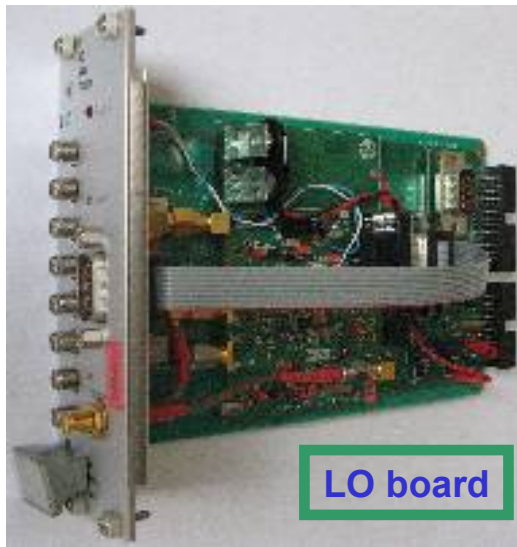
# Chaîne d'acquisition analogique et numérique

## Elements analogiques et horloge (SPP/CEA)

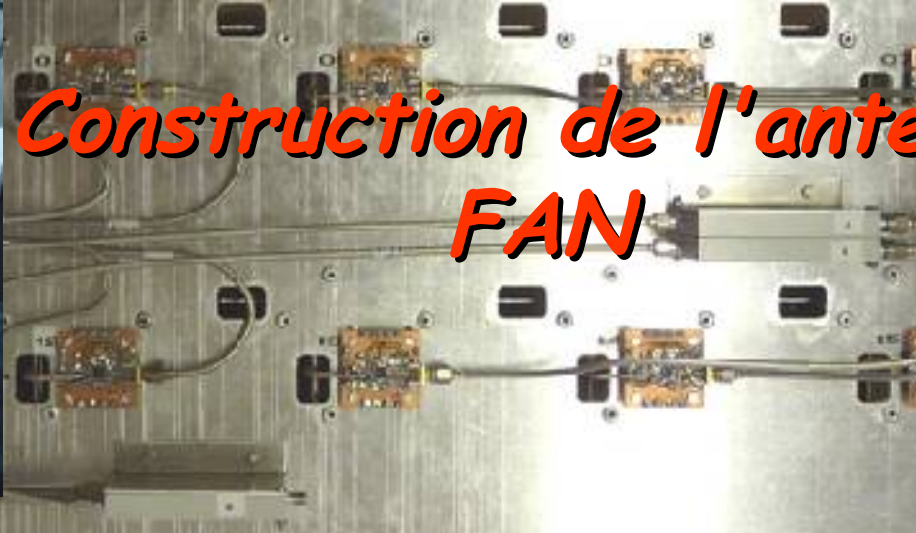
- Amplification, filtrage et conversion en fréquence
- 2 cartes analogiques, 1 carte pour la synthèse d'horloge et distrib.

## Conversion et acquisition numérique (LAL/IN2P3)

- Amplification, filtrage et down-conversion
- 4 entrées+2 sorties 5GS/s par carte
- acquisition/PC avec carte de dévelopt.



# Construction de l'antenne FAN



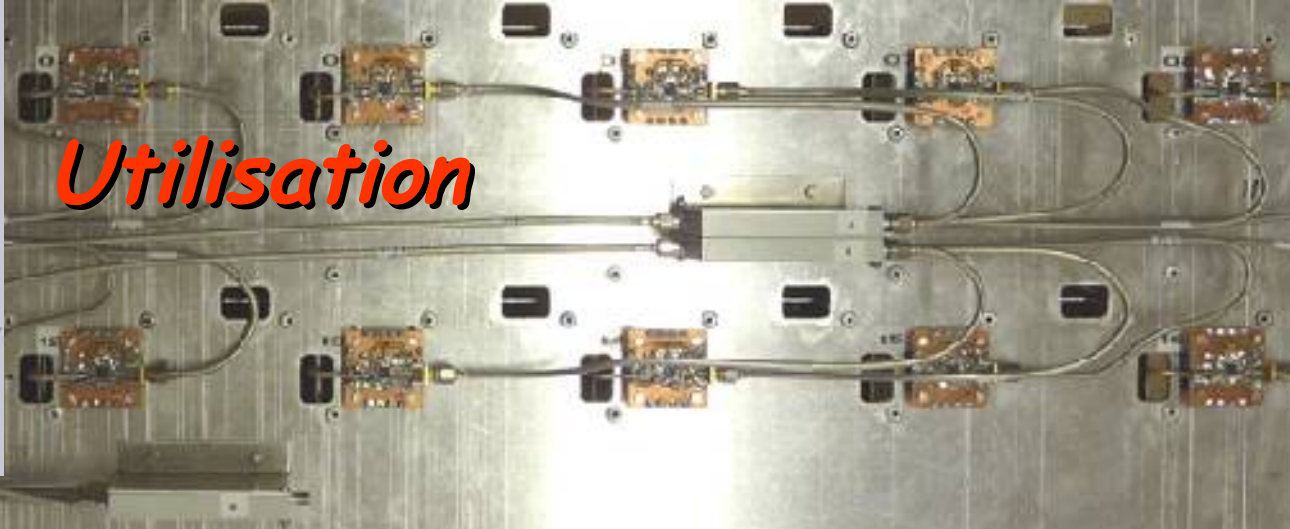
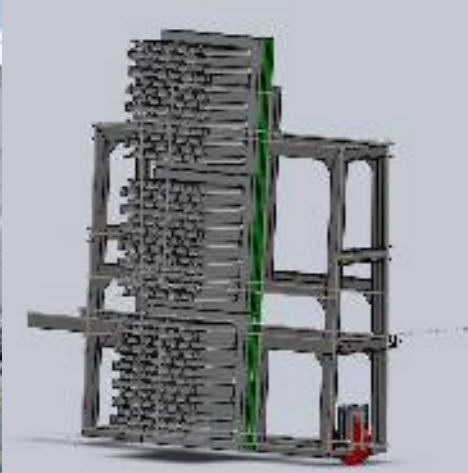
## Antenne:

- Acquisition de 3 tuiles EMBRACE de 1m<sup>2</sup> (+1 incomplète) en 10/08.
- Premiers essais d'adaptation de récepteur LNA (ASIC, design Nançay) fin 2008.
- Réalisation des 192 cartes LNA et **équipement des 3 tuile.**
- Mesure de lobe en champ proche (été 2009)
- Réalisation mécanique des châssis supports d'antennes
- Réalisation du support tracté par le chariot FORT en cours
- Modélisation du champ EM au foyer

## Acquisition:

- Tests carte de développement pour acquisition/PC à Nançay = été 2009
- Tests cartes analogiques et numériques (LAL, SPP, Nançay, Pittsburg)
- Tests d'acquisition rapide et traitement offline/GPU



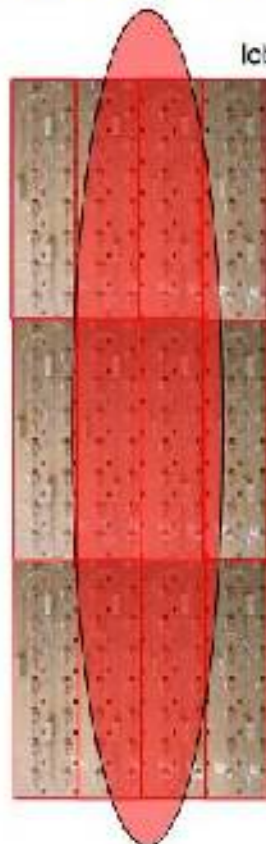


# Utilisation

## Assemblage en configuration verticale

configuration nominale

12 voies  
8 x 2 Vivaldis



lobe à 1400 MHz



un peu moins de rendement

8 voies seulement  
16 x 1 Vivaldi

test avec meilleur échantillonnage horizontal

nécessite un recâblage partiel des tuiles



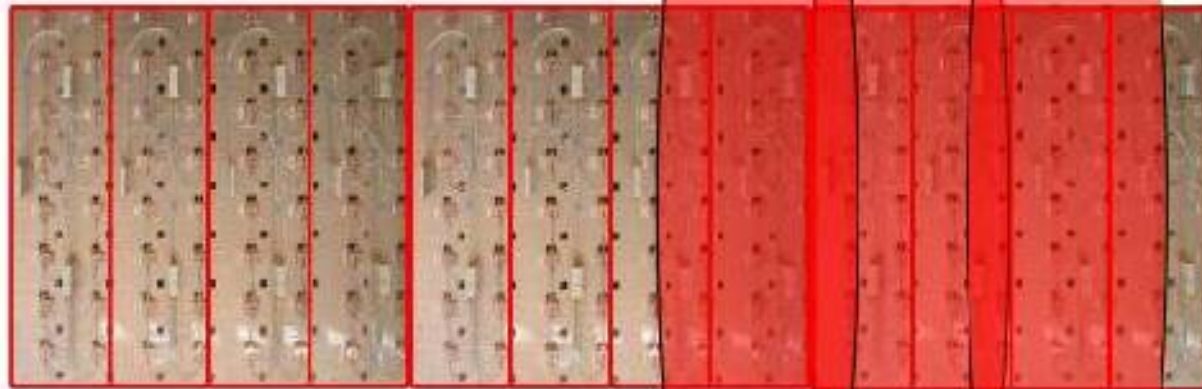
# Utilisation

## Assemblage en configuration horizontale

rendement beaucoup plus faible

12 pixels 8 x 2 Vivaldi

pas de recâblage des tuiles



permet le test  
multilobe ( $> 5$ )

nécessite un réarrangement  
des tuiles mais sans rotation

lobes à 1400 MHz

# Stratégie pour FAN

## Phase I (en cours)

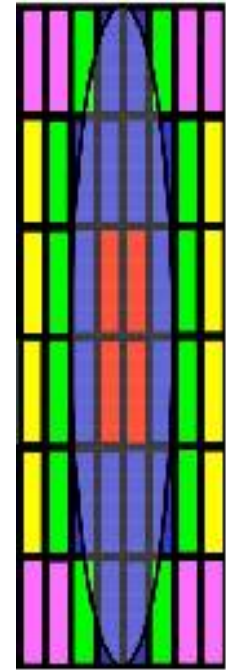
- Échantillonner finement la distribution d'amplitude et de phase au foyer du NRT
- Equiper 1x3m d'antennes Vivaldi
- 12-32 voies d'électroniques Saclay-LAL (Electronique numérique à 250 MHz )

## Phase II (FAN 2010-2012)

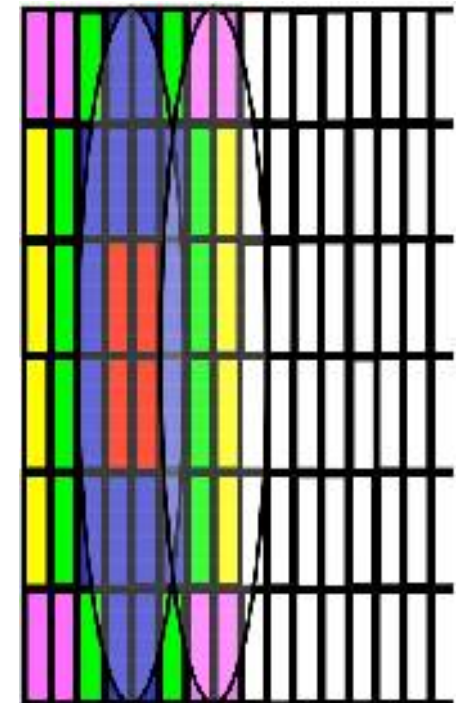
- 3mx7m, ~1000 antennes
- 96 voies numériques x 2
- Correction en temps réels des aberrations de coma (beam former)

## Phase III

- Equiper tout le plan focal (vers 2013-2015)



Phase I

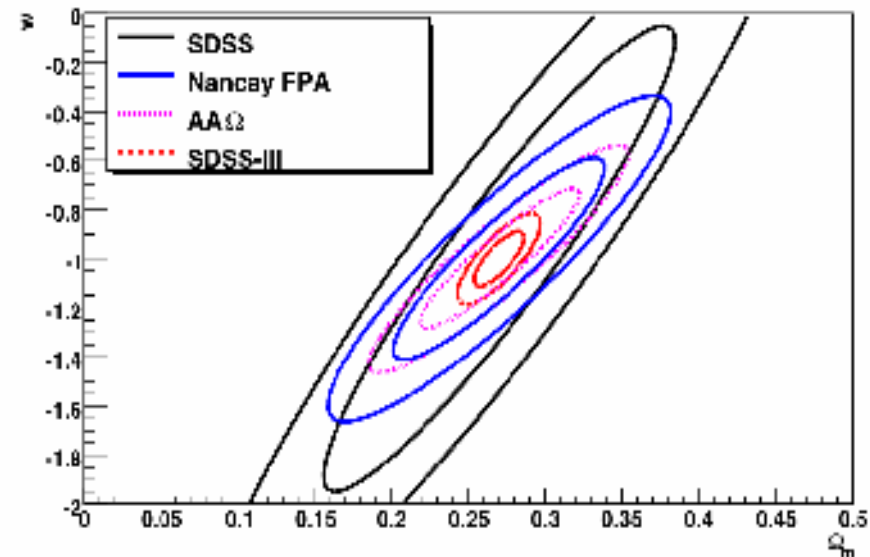


CDS de Nançay Phase II

# Conclusions

## FAN : un projet pour étudier l'énergie noire

- Première étude des BAO en HI  
950-1200 MHz ( $0.35 < z < 0.50$ )  
750-900 MHz ( $0.6 < z < 0.9$ )
- Concurrentiel avec les relevés Optiques SDSS (4  $\sigma$  en  $\sim 2000$  heures)
  - Zone de redshift  $z \sim 1$  qui n'est pas accessible par les relevés optiques
  - Communauté en émergence ?



## FAN : un projet de R&D et un upgrade d'un instrument français

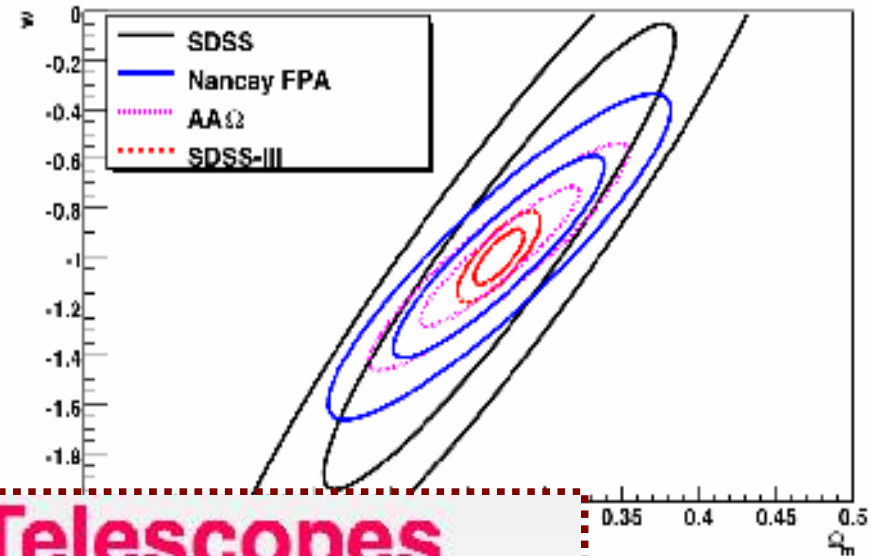
- Les relevés BAO ne représenteront que 20-30% du temps d'observation
- Un gain  $\times 100$  pour tous les relevés
- Recherche systématiques de pulsars dans des zones pas couvertes par Parkes et Arecibo.
- Observation d'objets étendus



# Conclusions

## FAN : un projet pour étudier l'énergie noire

- Première étude des BAO en HI
  - 950-1200 MHz ( $0.35 < z < 0.50$ )
  - 750-900 MHz ( $0.6 < z < 0.9$ )
- Concurrentiel avec les relevés Optiques SDSS ( $4\sigma$  en  $\sim 2000$  heures)
  - Zone de redshift  $z \sim 1$  qui n'est pas accessible par les relevés optiques
  - Communauté en émergence ?



## Science w/ Fast Radio Telescopes

FAN  
instru

October 8-10, 2009  
Fermilab, Batavia, IL, USA

- L
- ten
- C
- F
- COL
- C

<a href="#">Home</a>	<p><b>PURPOSE:</b></p> <p>Technological advances have opened the possibility of surveying the large scale structure in huge cosmological volumes at modest costs by measuring intensity fluctuation in the 21cm emission from unresolved galaxies. Such a project could be a stage III-IV dark energy probe, pre-SKA. A generic telescope might have</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• very broad band (think 1 GHz +/- 500 MHz),</li> <li>• high spectral resolution (think 1 MHz),</li> <li>• moderate angular resolution (think 10 arcminutes),</li> <li>• survey a very wide area (think 10,000 square degrees),</li> <li>• produce low noise intensity maps (think 50 <math>\mu</math>K)</li> </ul>
<a href="#">Program (preliminary)</a>	
<a href="#">Participants</a>	
<a href="#">Location</a>	



*Merci !*



# *Diapos supplémentaires !*

# Simulations à 1420 MHz - Perspectives

*Projet à plusieurs étapes.*

Collaboration avec PRISME pour le traitement des interférences.

*Augmentation sensible de l'efficacité du NRT.*

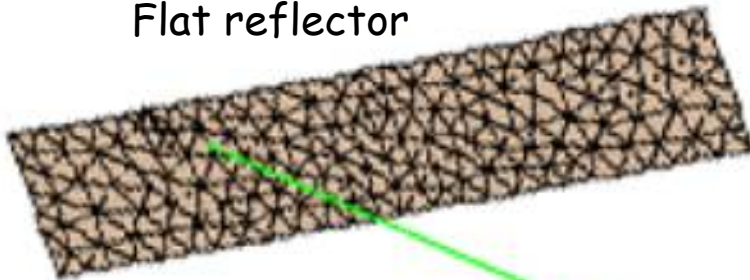
Développement de nouvelles synergies (SKA...) tant scientifiques que techniques, en interne à Nançay et avec les laboratoires du CEA et de l'IN2P3 (ex. Microélec, Corrélateur CEA).

Validation / S2E2 ?

Incident plane wave

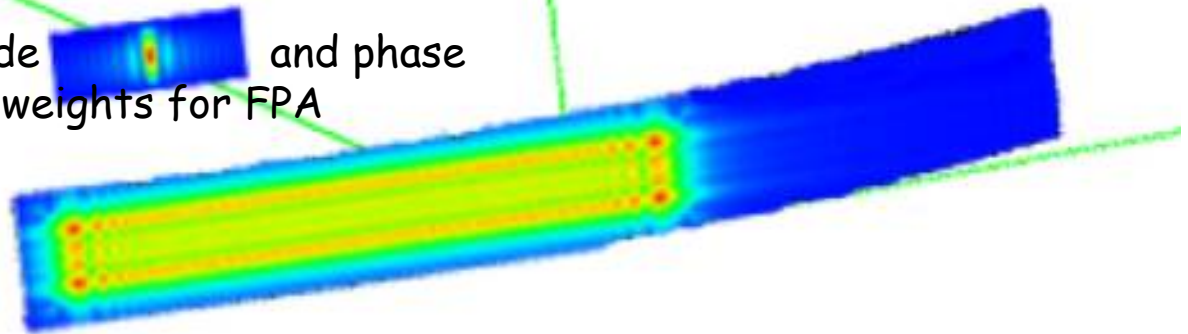


Flat reflector



PO near field at focus

amplitude and phase weights for FPA

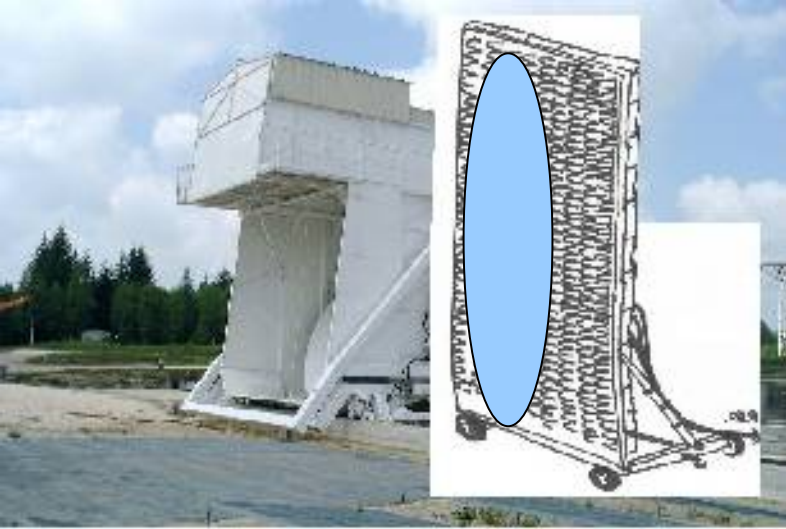


Spherical reflector with superimposed UTD near field



FEKO. J.Pezzani

# Budget...



## Démonstrateur 3m<sup>2</sup> avec 12 voies:

### Financé sur PNCG 2009:

1 carte PCI-Express	1kEuros
1 carte synchro	1kEuros
1 carte ADC 4 voies	4kEuros
câbles+connecteurs	2kEuros

### Financé sur PNC 2008:

Combineurs 4entrées	4kEuros
---------------------	---------

Démarrage du projet : CS 2008:

Tuiles, FEKO... ~15kEuros

**Avec 48 voies:** utilisation des cartes analogiques et numériques LAL et SPP en prêt.

### La demande CS 2009 (prio/Méca)

1 carte PCI-express	1 kEuros
1 carte ADC LAL	4 kEuros
Fibre opt. Labo-chariot	7 kEuros
Absorbant	0,8 kEuros
Alimentations 5V	0,7 kEuros
<b>Support mécanique</b>	<b>5 kEuros</b>



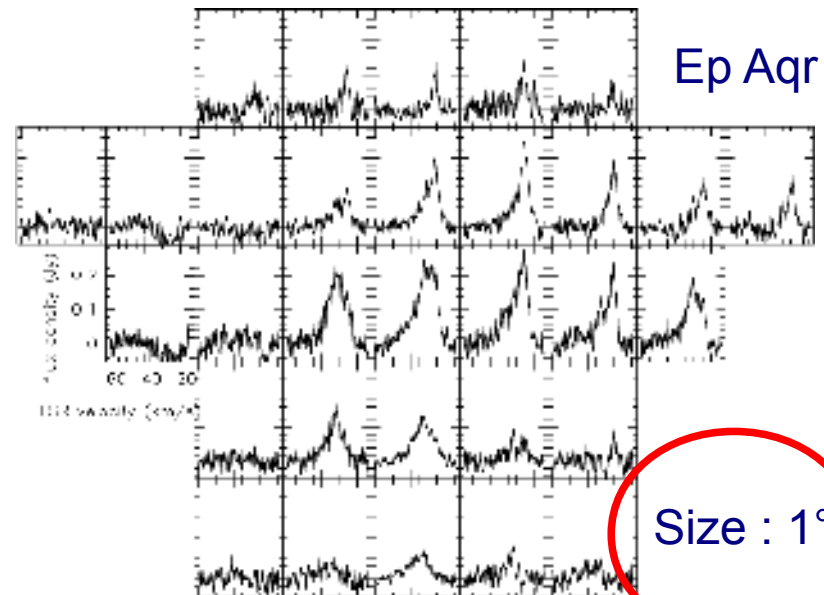
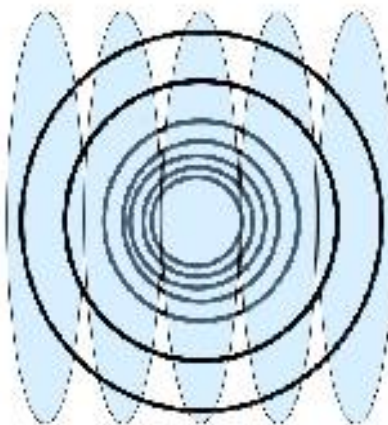
# Comètes, étoiles

Ces objets sont résolus par les interféromètres (incluant les précurseurs de SKA). En attendant SKA, il faut associer observations single-dish et interférométriques (cf. Matthews et al. 2008).

Comètes : amélioration de la détermination du taux de prod.  $H_2O$ .

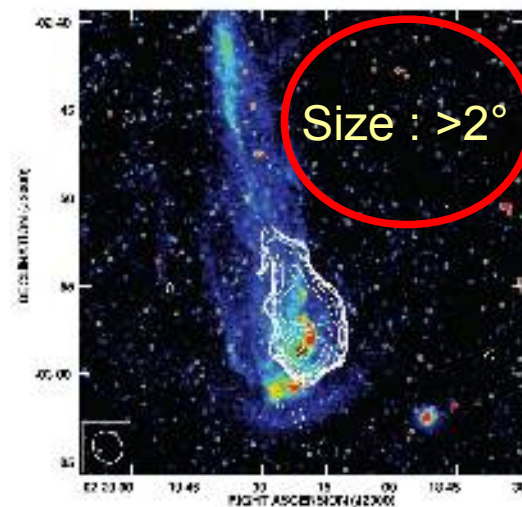
Comètes : 500h/an. HI stellaire : >500h/an. Survey 100/200 sources à 3000-6000 heures.

Size : >20'



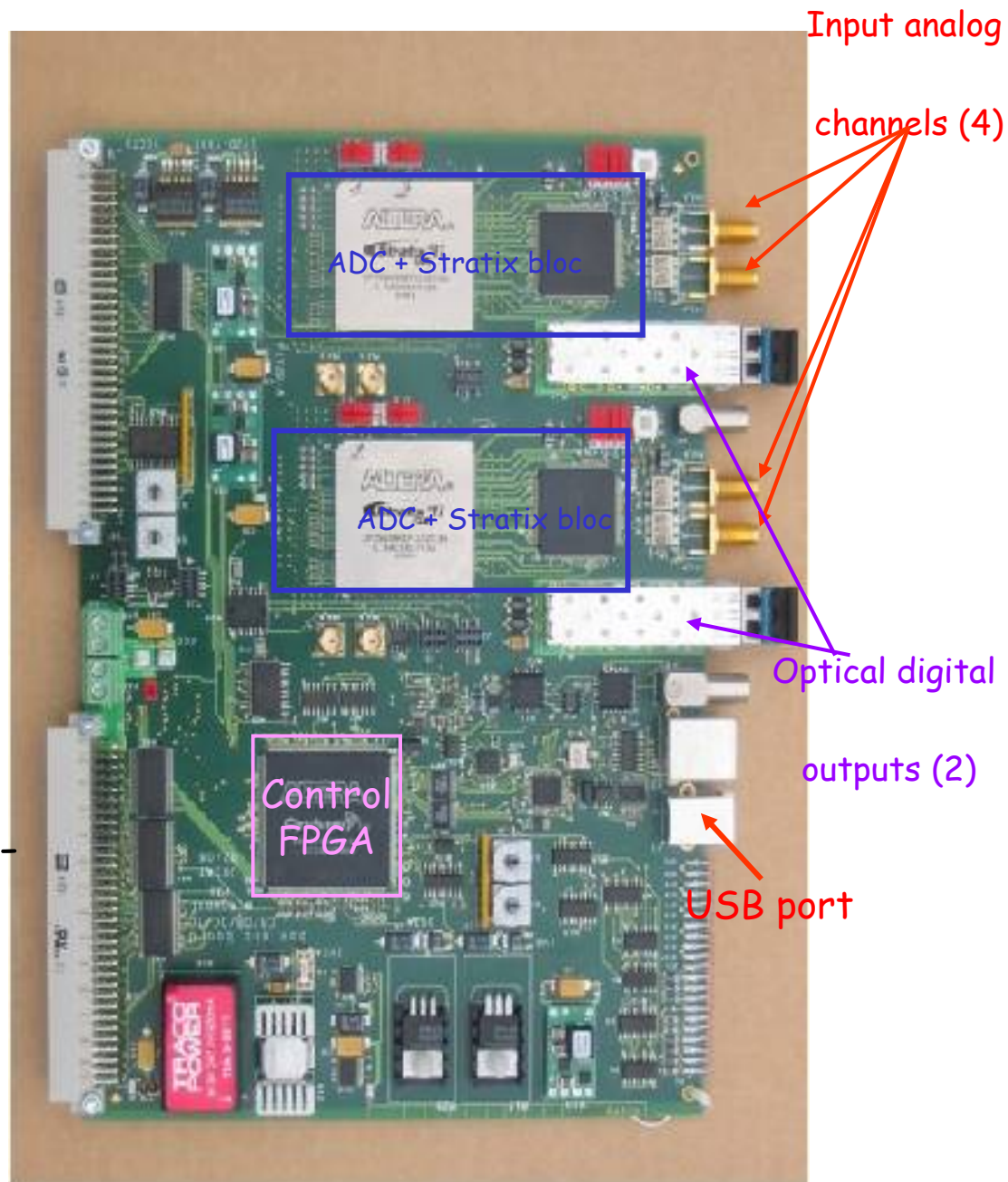
Le Bertre, Gérard 2004

Size : >2°



# 500MHz ADC board

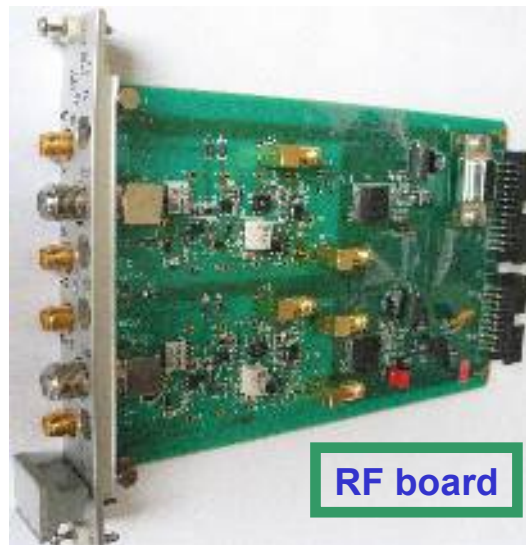
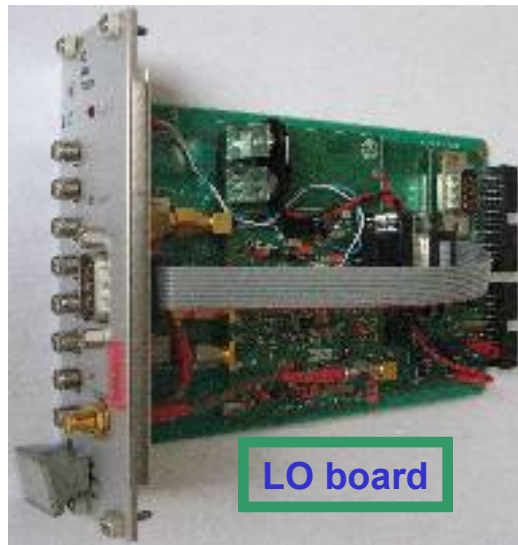
- Each ADC board has :
  - 4 input channels (digitized at 500 MHz max)
  - Input clock + control (start/stop...) ports
  - USB, and VME communications port (for control)
  - 2 high speed (4.8 Gbit/s) optical outputs (data links to PCI-express boards)
- Data recorded on fits format on server disk (~200MB/s)



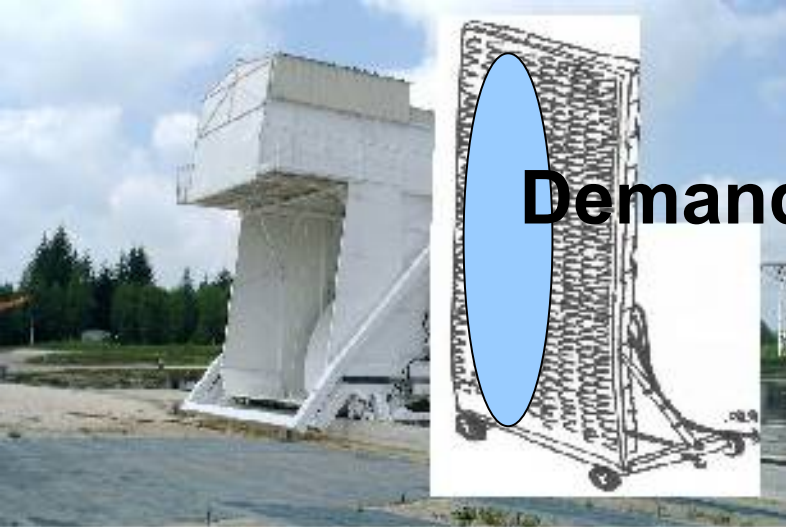
# Analog Electronics + clock distribution

## Goals:

- Filtering and down conversion: Shift from 1.5 GHz signal to a 0-250 MHz window.
- 2<sup>nd</sup> stage amplifier up to 650 mV (signal input for ADC)
- Two boards have been developed
  - "LO" board: LO clock and splitter
  - "RF" board: Amplifier + Mixer
- Interferometer clock sync., ADC and LO clock dist.







## **Demande CS 2009 ~18 kEuros**

- Construction du prototype, installation mécanique à côté du chariot FORT.
- Signaux amenés/cabine basse (installation des 12 voies de réception LAL/SPP).
- Mise en oeuvre des PC d'acquisition au laboratoire NRT (fibres).
- Simulation électrique du miroir primaire. Calcul des poids pour beam-forming.
- Acquisition de signaux de sources astronomiques, en drift et poursuite.
- Optimisation de la modélisation, et calcul de dipôles optimisés.