

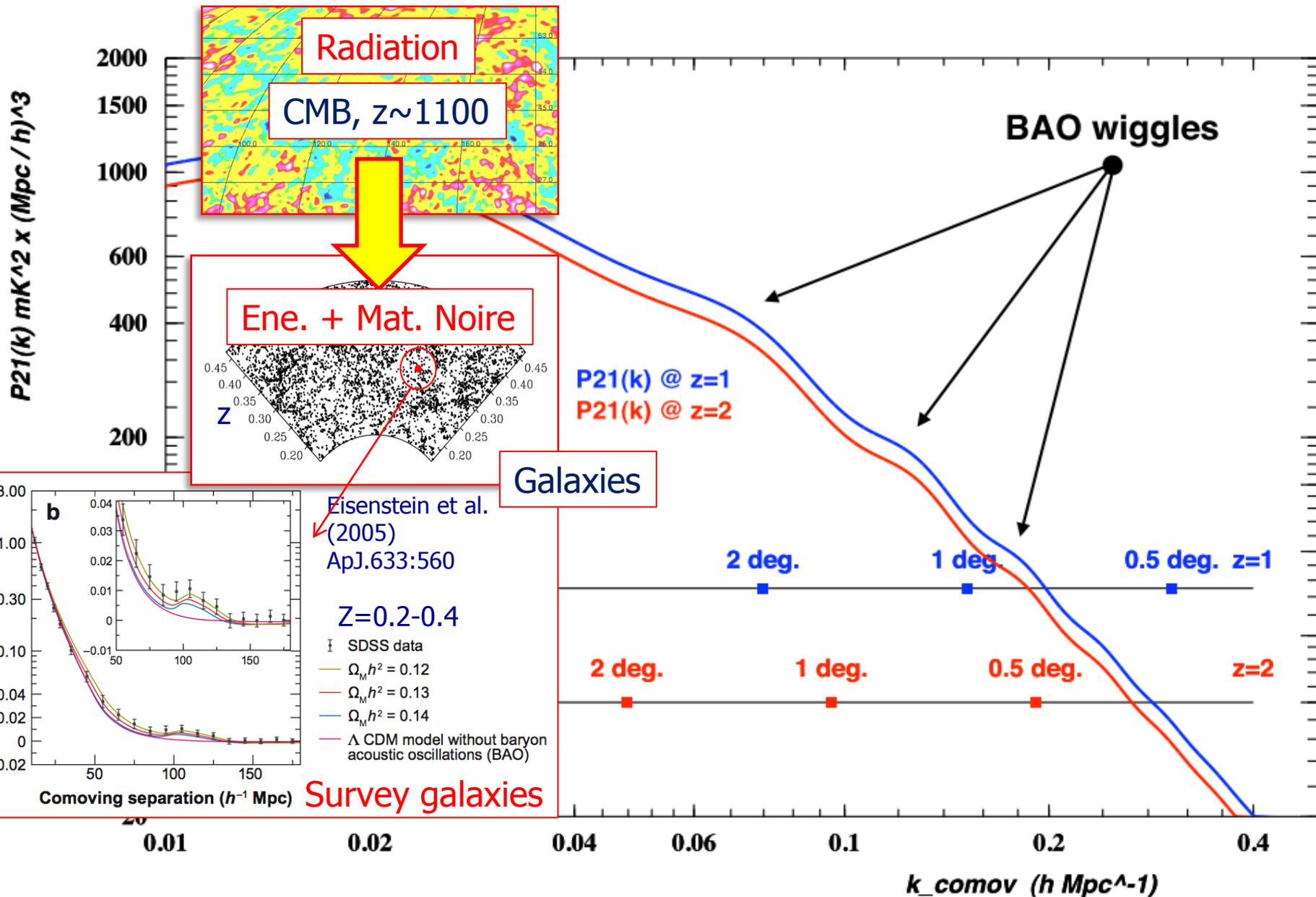
Paraboles à Nançay

J.E Campagne

(Groupe Cosmo/Energie Noire)

Mini-CS LAL 15 Mars 2012

Rappel présentations au CS: M.M Dec. 2009, [R.A Juin 2011](#)



BAO en radio

A la manière des relevés optiques

$O(10^{5-6} \text{ m}^2)$
 $\Delta\theta \sim 1/10''$
 $O(\mu\text{Jy})$

- ≡ Identification des sources d'émissions H_I (21 cm), détermination de la position angulaire et du décalage vers le rouge - Détermination de la fonction de corrélation à deux points ou le spectre P(k) à partir du catalogue des objets identifiés

A la manière des observations du CMB

$O(10^4 \text{ m}^2)$
 $\Delta\theta \sim 10'$
 $O(100\mu\text{Jy})$

- ≡ Cartographie à trois dimensions de l'émission H_I (21 cm) T₂₁(α, δ, z) - Estimation et soustraction des avant-plans, détermination du spectre P(k,z) sur les données du cube 3D
- Grand FOV $\sim 10-100 \text{ deg}^2$, $O(100)$ paraboles $\varnothing \sim 5\text{m}$
- bande fréq. large $> 100 \text{ MHz}$
- Sensibilité à atteindre $< O(\text{mK})$
- Avant plan $\sim O(^{\circ}\text{K})$, T_{sys} typique (bruit ramené à l'entrée) $\sim 50 \text{ }^{\circ}\text{K}$ (n.b. le sol rayonne à $300 \text{ }^{\circ}\text{K}$)



21cm BAO R&D

Depuis 2007



Changement de paradigme

- * J.Peterson 2006 : 10 Cylindres de 1 km x 100m, >10000 digital channels, 10^9 galaxies (FFT telescope) !
 - * 2007-2008: Intensity Mapping, $100 \times 100 \text{ m}^2$, > 1000 receivers (digital channels)
 - * 2010: RAID concept (Radio Array of Inexpensive Dishes) - Interferometer with ~ 100 D-5 m dishes, > 100 receivers channels or a single-dish/multibeam (FAN) instrument with ~ 10 -50 beams
- 

Collaboration avec la Chine

- NAOC (M. Xuelei CHEN): 1 M\$
- Institut 54: Ingénieurs/Réalisations: Antennes, électronique
- Institut d'automatique (CAS): électronique numérique
- Plusieurs sites potentiels mais... rien n'est simple

2012: année charnière
convaincre d'utiliser des Paraboles
+ TDR vers **TIANLAI Experiment**

Phases du projet

0. Pittsburg + HI-Cl@ Nançay

0+. Test Interf. $2 \rightarrow x$ (2x2) paraboles @
Nançay

1. $2 \rightarrow x$ (4x4) Test interf. + corrélation optique
soit à Nançay soit au GBT
2. $2 \rightarrow x$ (11x11) Interf. Science 1ere détection
HI radio
3. $2 \rightarrow x$ (20x20) Interf. Science cartographie

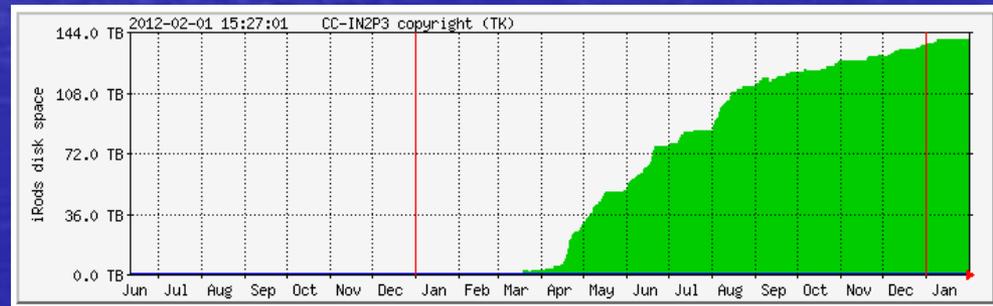
Pourquoi Nançay actuellement?

- **150 ha** dédiés à la radioastronomie depuis le début des années 50 (Y. Rocard, ENS)
- **Proche d'Orsay** (cf. mission dans la journée possible)
- **Infrastructure locale**
- **Bande protégée** [1400-1427]MHz
- Depuis 2008 au foyer du NRT
 - Prog. Focal Array at Nançay
 - Prog. HI-Cluster at Nançay



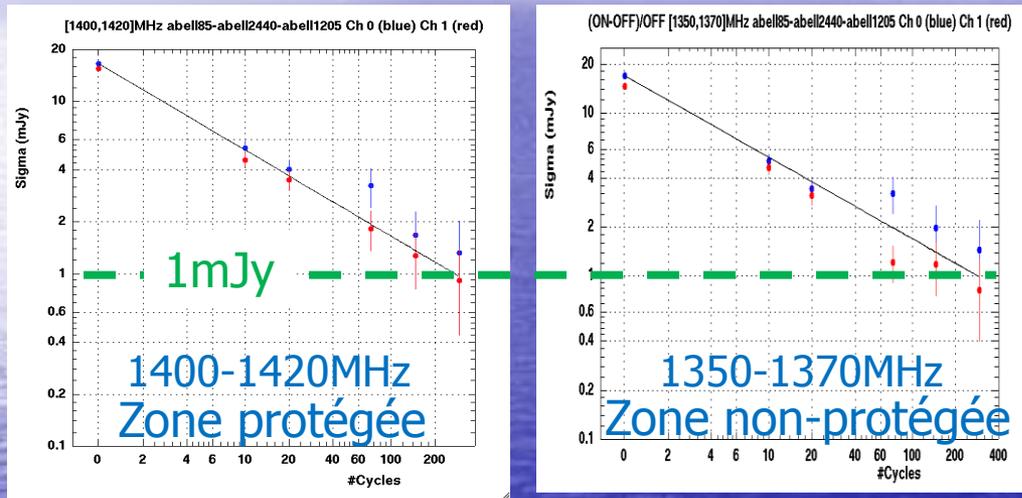
En cours: HI-Cluster at Nançay

- 2 polarisations ortho. au foyer du NRT
- Observations [1250, 1500]MHz avec l'électronique BAORadio sur de longues périodes: Avril 11- Dec 11, >140To @ CCIN2P3
- Nettoyage RFI (*)
- Evolution des galaxies d'amas, détermination de la fraction de gaz HI
- Cartographie HI large bande (corrélation avec les observations optiques $z \sim 0.3$)



Analyse essentiellement faite au LAL: A. S. Torrento & J.E
(*): Radio Frequency Interference

Evolution de la sensibilité



Cycle = « ON source » et « OFF source »

Ensemble des données des 3 amas visés. ~ **1500 cycles ~ 50^h** soit **4^h « ON source »** effectif ($\varepsilon \sim 30\%$ DAQ)

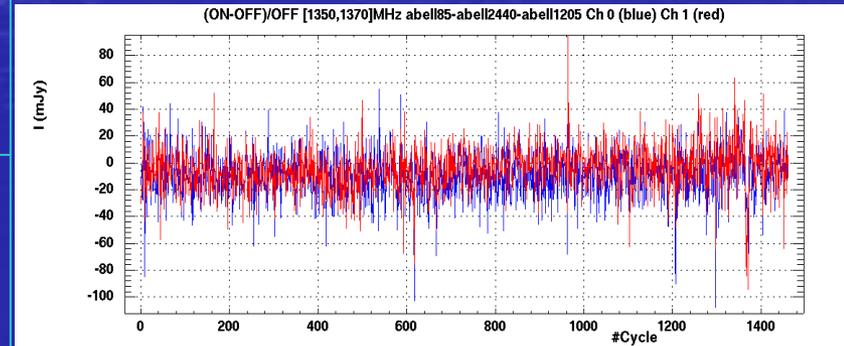
Ex. de stabilité du système dans une bande non protégée après nettoyage

Sensibilité identique dans les 2 bandes de fréq.

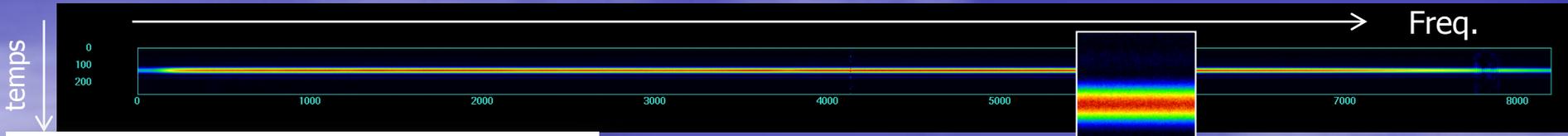
$$1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1} \text{ (Cas A @ 1420MHz } 2300\text{Jy)}$$

Identification de 2 phénomènes parasites

- interférence spéculaire (miroir secondaire – cornet): 514kHz
 - On peut les réduire (futurs tests)
- autre d'origine « inconnue » ~ 5MHz sur Ch 0 (à suivre...)



Pris sur une période de 6 mois



3C161BDR Drift Scan [1405,1415]MHz cycles [3,7] Ch 0 (blue) Ch 1 (red) Mean (black)

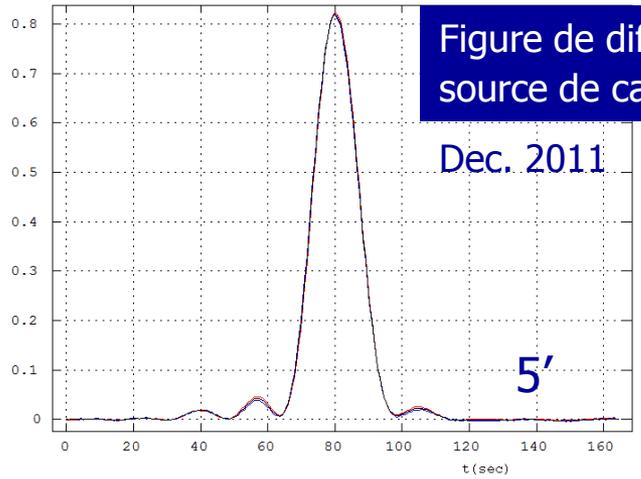
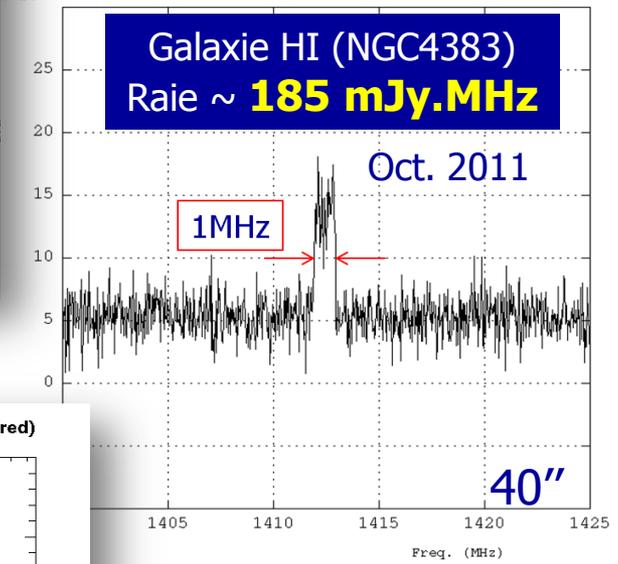


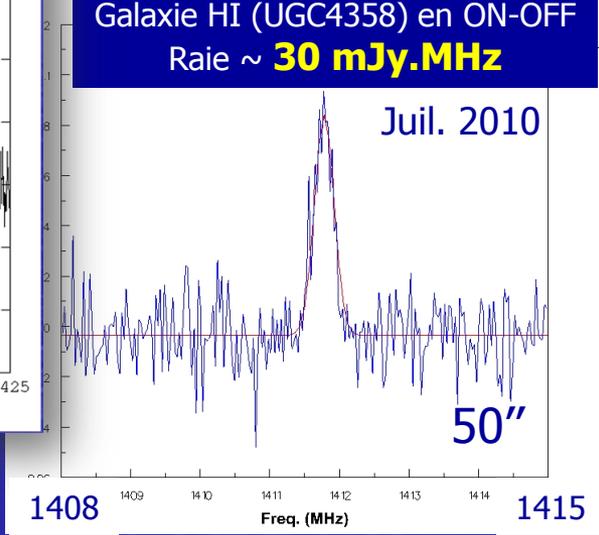
Figure de diffraction du RT au passage d'une radio source de calibration (continuum $\sim 20 \text{ Jy}$)

(ON-OFF)/OFF NGC4383 22/10/11 4cycles, mean Ch0 & Ch1



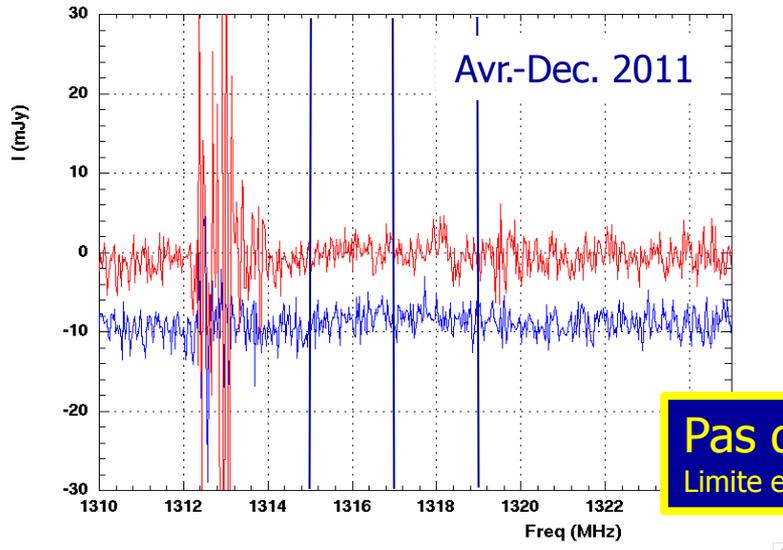
Galaxie HI (NGC4383)
Raie $\sim 185 \text{ mJy.MHz}$

Galaxie HI (UGC4358) en ON-OFF



Galaxie HI (UGC4358) en ON-OFF
Raie $\sim 30 \text{ mJy.MHz}$

abell1205 Raw (ON-OFF)/OFF abell1205 750 cycles, Ch 0 (blue) Ch 1 (red)



Pas de raies détectables, 2^h ON eff., avec $\sigma \sim 1 \text{ mJy}$
Limite en cours...

Avec qui?

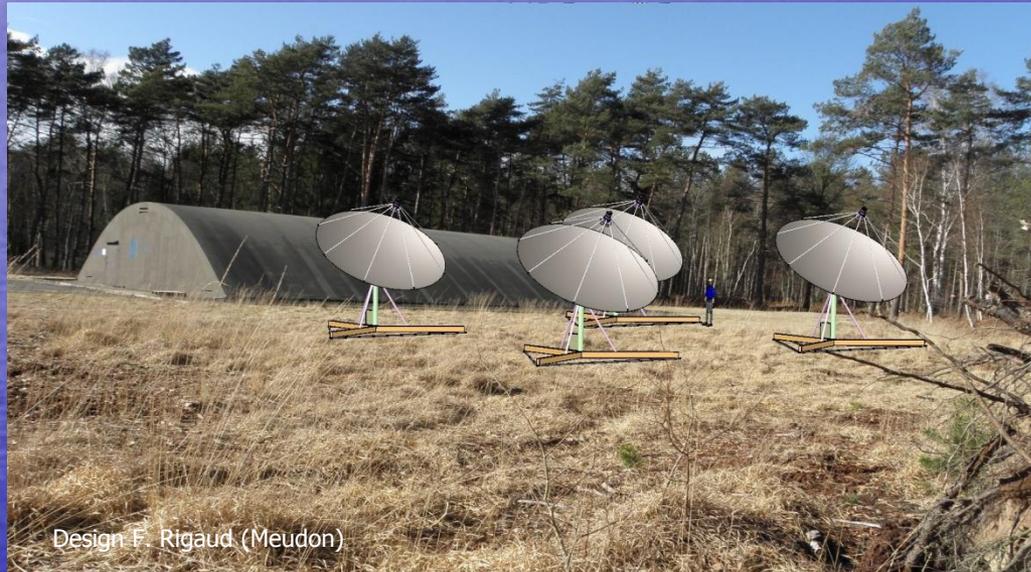
LAL
Irfu/SPP
Meudon (GEPI, LESIA)
Nançay (USN)

Coll. USA/Chine...

NOM	Prénom	Laboratoire	Fonction	% du temps consacré au projet
Martin	Jean-Michel	GEPI	ast. adj, coI Meudon, tests, lien/ méca USN, GEPI	30
Mei	Simona	GEPI	Professeur, cosmologie	10
Rigaud	François	GEPI	Resp. mécanique projeteur, supports antennes, implantation, cornets focaux.	20
Colom	Pierre	LESIA	ast-adj, radioastronomie, tests	10
Pezzani	Jacques	USN	ingénieur, antennes	10
Viou	Cédric	USN	ingénieur, traitement du signal, acquisition digit.	10
Garnier	Samuel	USN	ingénieur, implantation logistique	10
Torchinsky	Steve	USN	ingénieur, suivi, lien avec SKA	5
Ansari	Réza	LAL	prof., PI, & coI coll. internationale, tests, logiciels/corrélateur	50
Campagne	Jean-Eric	LAL	chercheur, coI, tests, analyse des données (et données prog. HIcluster)	60
Moniez	Marc	LAL	chercheur, Resp. interféromètre prototype actuel.	30
Torrento	Ana-Sofia	LAL	Postdoc P2I (LAL, lien/GEPI), analyse des données (actuellement sur programme HIcluster)	>50 selon évol. du prog. HIcluster
Charlet	Daniel	LAL	ingénieur, acq. digitale	30
Mansoux	Bruno	LAL	ingénieur, informatique	5
Pailler	Claude	LAL	ingénieur, informatique	30
Taurigna	Monique	LAL	ingénieur, informatique	30
Marie	Rodolphe	LAL	dessinateur-projeteur, assistance à F.Rigaud	10
Cornebise	Patrick	LAL	Ingénieur, câbleur	10
Wicek	François	LAL	Ingénieur, contrôle-comande	20
Abbon	Philippe	SPP	ingénieur, récepteurs	15
Yèche	Christophe	SPP	Chercheur	10
Magneville	Christophe	SPP	Chercheur, BAO, traitement données interféromètres	25

Notre demande: de quoi s'agit-il?

4 paraboles de \varnothing 3 à 4.5m



Les **objectifs techniques** (4 paraboles):

- Amélioration des algorithmes de nettoyage des RFI en bande large (250 MHz),
- Validation de la modélisation du bruit,
- **Amélioration et validation des méthodes de calibration du gain et de la phase des récepteurs, prise de données longues** (cf. comme pour HI-Cluster au NRT)
- Aide au choix des récepteurs (feeds +LNA: Irfu/SPP, Univ. Wisconsin),
- Mise au point des programmes d'analyse des visibilitées pour reconstruire les cartes du ciel.

Ce que l'on a: BAOradio chain

- **AEM** : Analog Electronic Module (Amplification, filtering, frequency shifter)
- **DCLK** : Clock and trigger distribution system
- **DFS** : Digitizer Frequency Separator (ADC-Board)
4 channel, 500 MHz sampling, with on the fly FFT capability, dual high speed optical data transfer
- **PDR** : PCI-Express data reception module

Analog Electronics

Goals:

- > Filtering and down conversion: Shift from 1.5 GHz signal to a 0-250 MHz window.
- > 2nd 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




Cl. Yicko Analog and digital electronics June 17, 2009 4



L'interférométrie: « at work »

Pittsburg 3 campagnes de mesures : 06/09, 11/09, 12/10

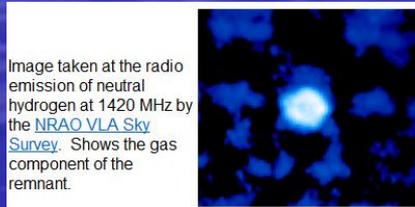
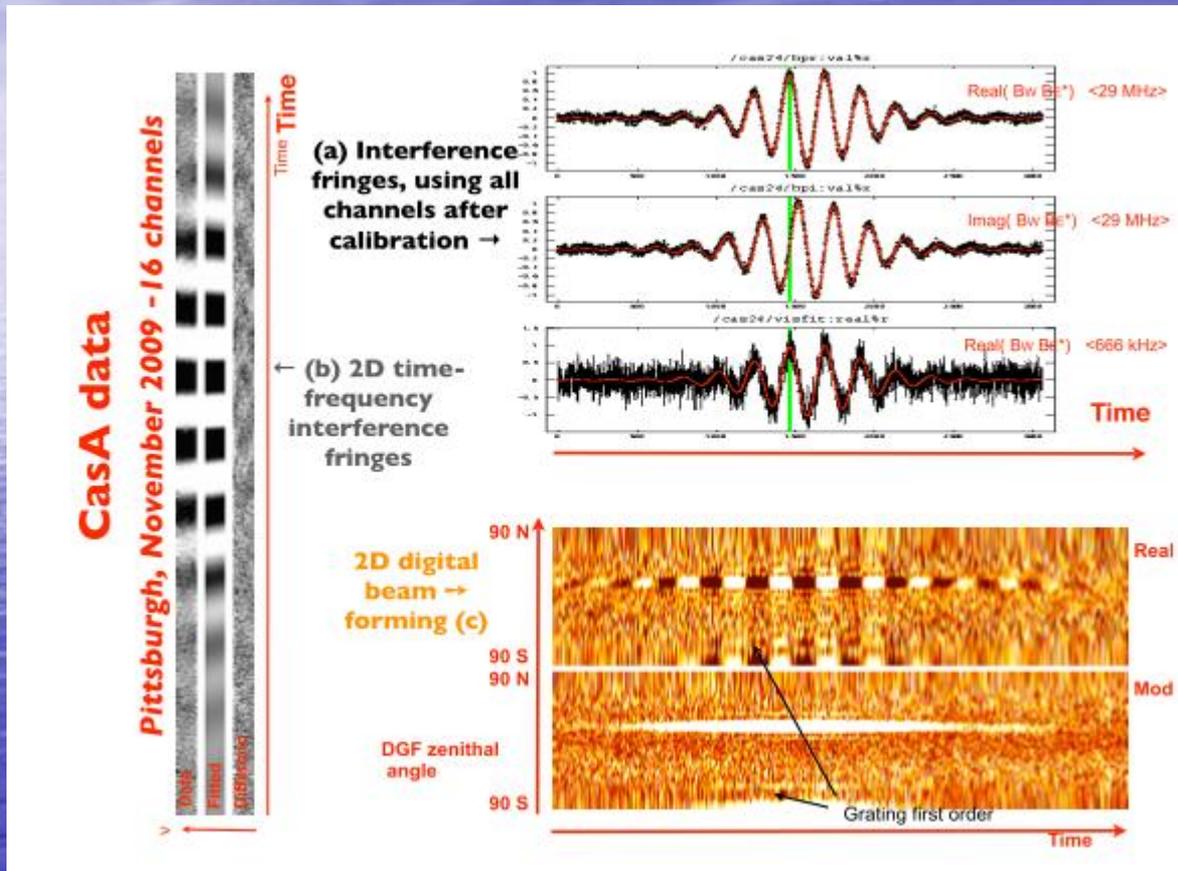


Image taken at the radio emission of neutral hydrogen at 1420 MHz by the [NRAO VLA Sky Survey](#). Shows the gas component of the remnant.

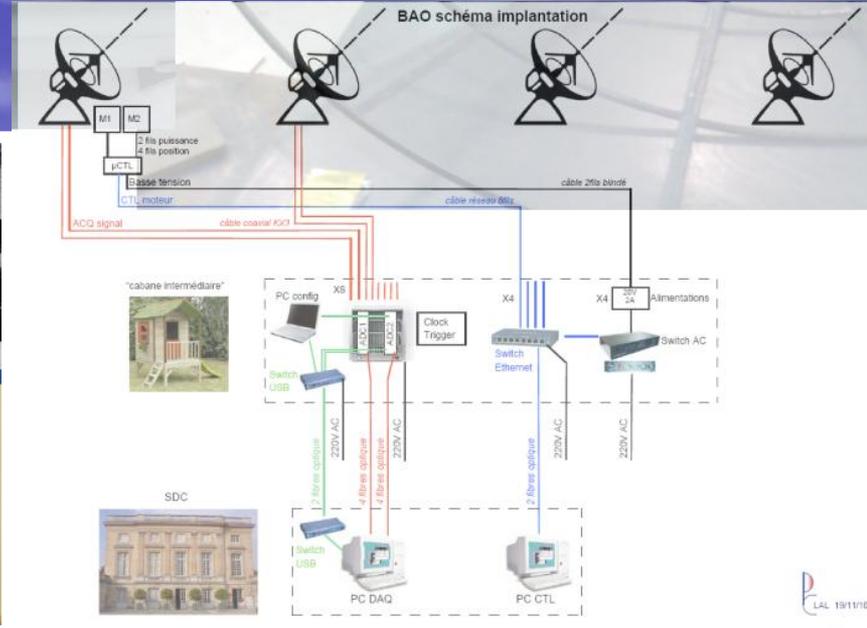
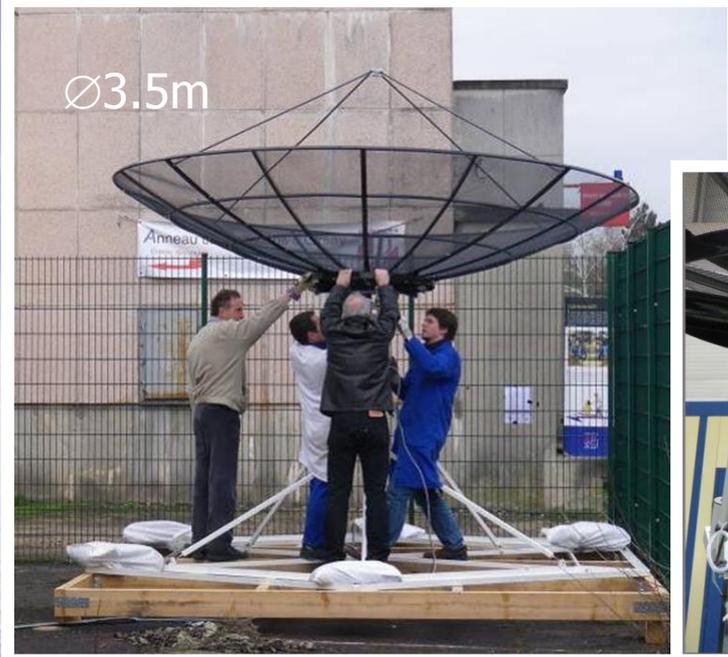
0.5° x 0.5°

Cas A : ~2300 Jy @ 1420MHz
Quelques minutes de DAQ

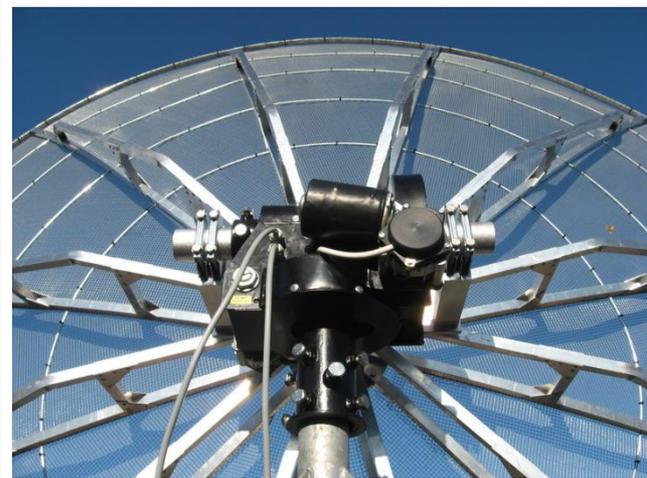
Développements en cours

- **Hardware**: concevoir et réaliser un back plane de la carte UNIBOARD (FAN, SKA R&D) adapté la sortie des cartes ADC (passage fibre au cuivre)
- **Soft+Driver**: Se passer de la liaison USB pour la configuration des cartes ADC (passage par le coté descendant de la fibre optique).
- **Soft UNIBOARD** (avec Nançay): Faire du regroupement de voies par tranche de fréquences au format Ethernet pour pouvoir faire les visibilitées dans les PCs sans carte PCIExpress et son driver dédié.
- **Firmware**: amélioration du firmware FFT pour passer à 100% sur le ciel (mode streaming, 8bits → 4bits)

Version chinoise + LAL (mouture/pieds)



Version commerciale: ex. RFHAM design



Budget (ré-estimation)

Item	Prix unitaire	Nombre	Prix	Source Fin.
Paraboles(D=4.5m)	2,250 €	4	9,000 €	LAL
Motorisation	1,470 €	4	5,880 €	LAL
Puissance	320 €	4	1,280 €	LAL
Support+béton	8,129 €	1	8,129 €	OBS. PARIS
Feed (mécanique)	311 €	4	1,244 €	OBS. PARIS
Interface Feed-Parabole	800 €	4	3,200 €	OBS. PARIS
LNA, Electronique	1,250 €	4	5,000 €	IRFU
Fibres, Ethernet, câblerie...			2,000 €	LAL
PowerEdge R710+disques SAS	2,500 €	2	5,000 €	LAL
Total			40,733 €	

On dispose de tous les modules électroniques pour équiper jusqu'à 16 réflecteurs munis de 2 polarisations. Donc:

- Achat des réflecteurs + motorisation et commandes (LAL)
- Fabrications des Feeds et interfaces (Obs. Paris/Meudon)
- Infrastructure locale (Obs. Paris/Nançay)
- LNA et électronique (IRFU)
- PC « musclé » CPU, mémoire, échange de données pour effectuer les visibilitéés (LAL)

Demandes: CS Obs. Paris (13 k€), Irfu/SPP (5k€)
LAL (23 k€ + 4k€ missions)



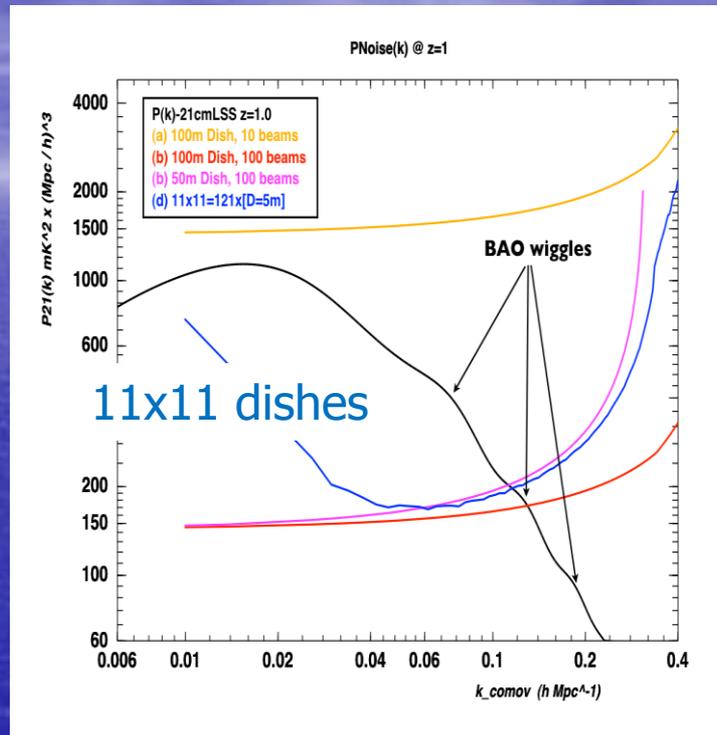
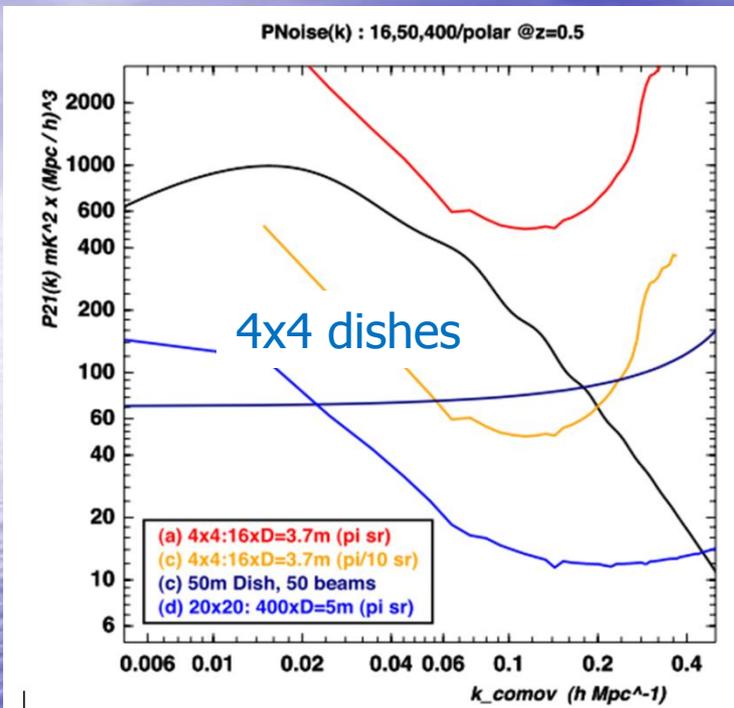
➤ 2012

- mesure du niveau de bruit, du bruit corrélé et du lobe d'antenne pour un réflecteur et son cornet.

➤ 2013

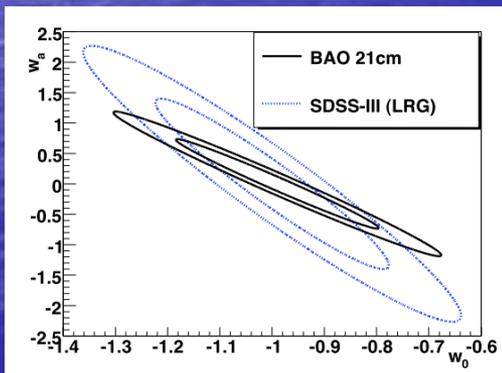
- **exploitation, observation du Ciel sur une longue période ~ 1 an** (à la HI-Cluster)
- amélioration du firmware FFT de la carte DIGFFT, associée à
- une nouvelle version du corrélateur logiciel à base de GPU possible
- Test de nouveaux feed/LNA

Et si on avait un peu plus de sous...



• $z = 0.5$ ($\nu \approx 947$ MHz)

- $z = 1$ ($\nu \approx 710$ MHz)
- 10 000 sq.deg (π srad)
- 1 year observation
- $T_{\text{sys}} = 50$ K



20x20 dishes, 3 ans, $0.25 \leq z \leq 2.75$

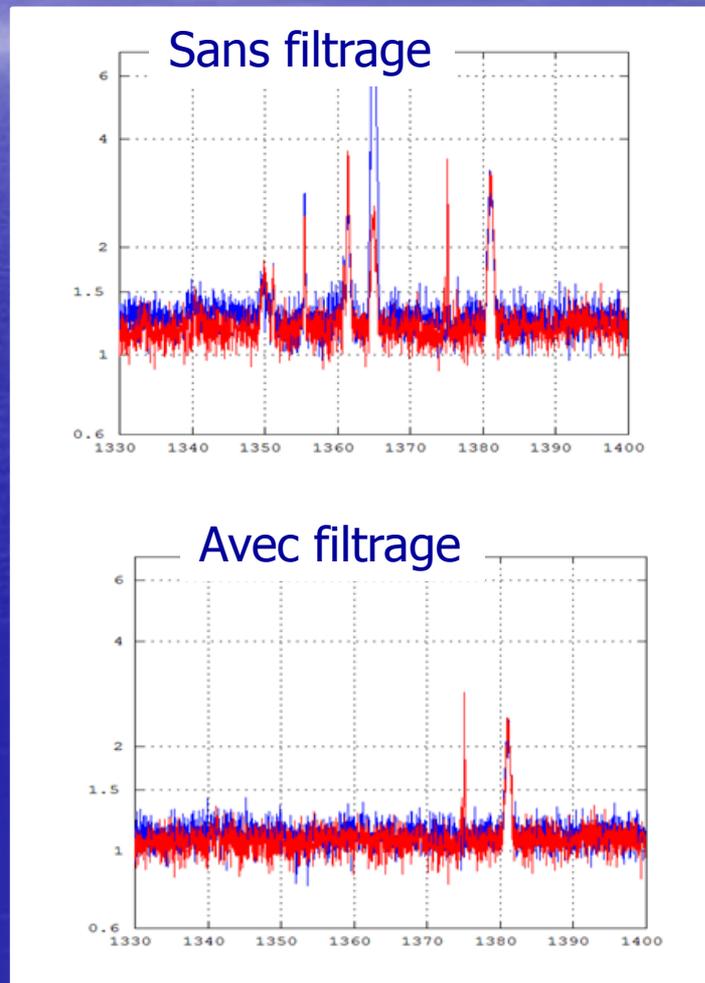
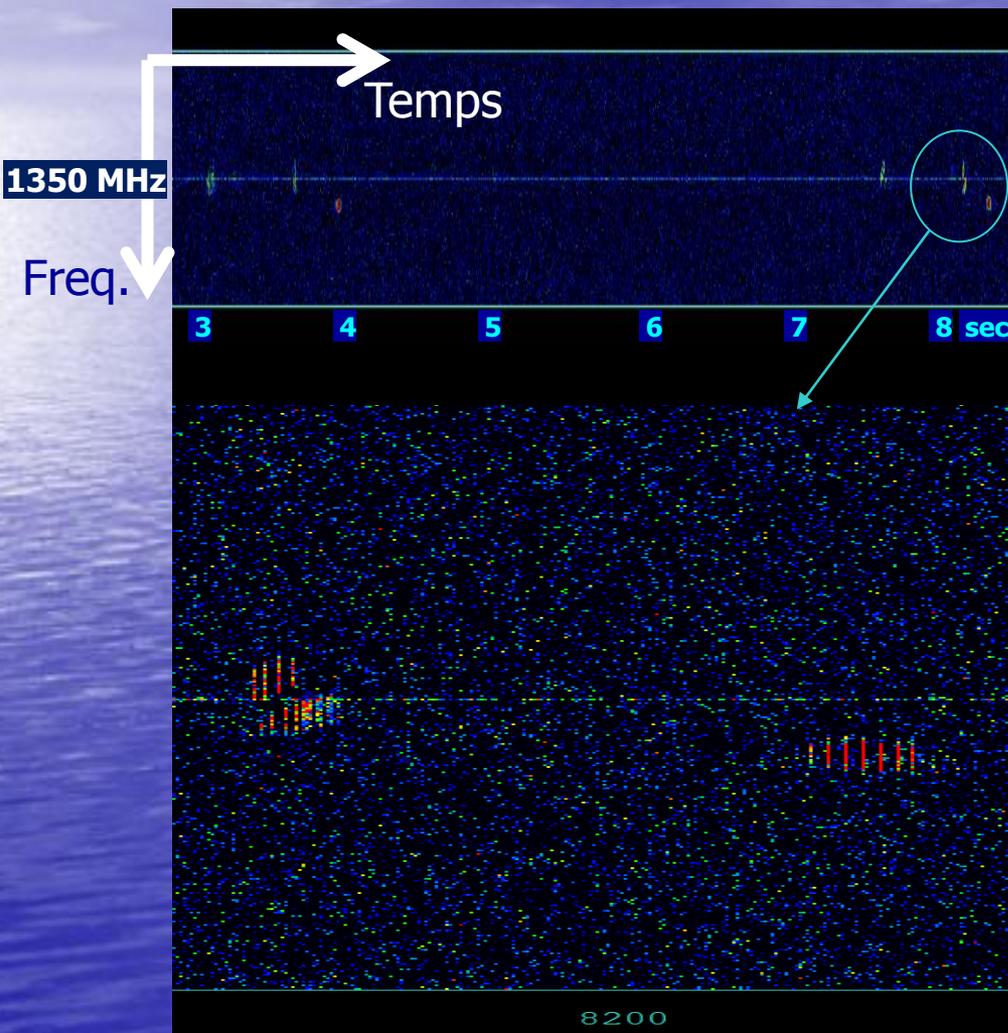


BACK-UP

Elimination des RFI

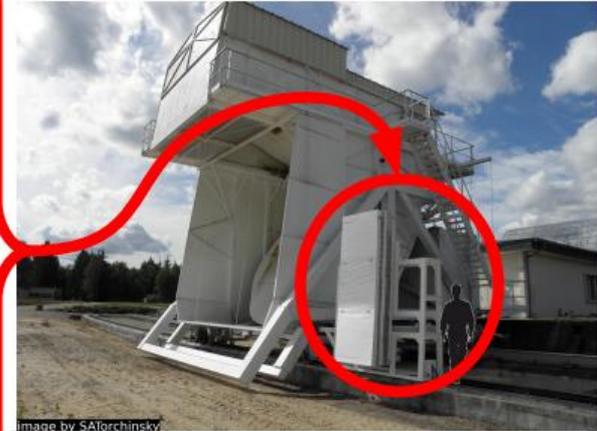
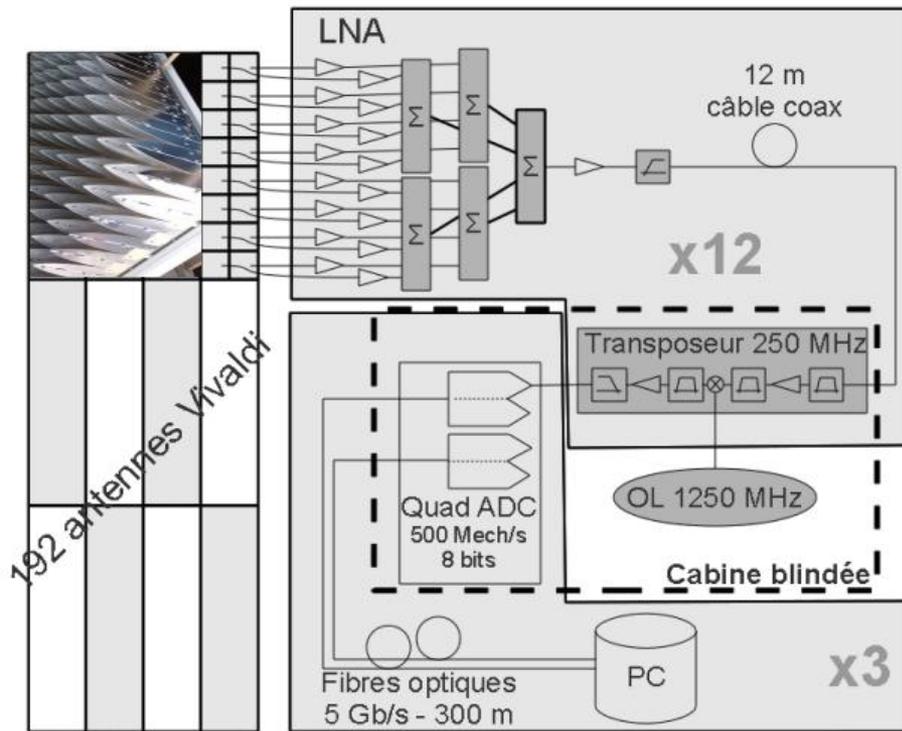
Radars Roissy et bruit électronique

Résol. $\Delta\nu = 30\text{kHz}$ (sur 250MHz) et
1 trame toutes les 100 μs



Filtrage médian sur 0.6s

FAN : Focal Array at Nançay



- Mesure de T_{sys} (bruit LNA, couplage, ...)
- Calibration ON-source / OFF-source :
 - Corrélation des voies
 - Generalized SVD
 - Calcul de gains complexes de correction
- Utilisation des corrections pour observer
- Stabilité des corrélations ?
- Validité des corrélations en Alt-Az ?

C. Dumez-Viou

Financements 2007-2010

Source	Montant
P2I	70 k€
PNCG	50 k€
AstroPart/P&U	65 k€
Irfu	70 k€
Total	255 k€

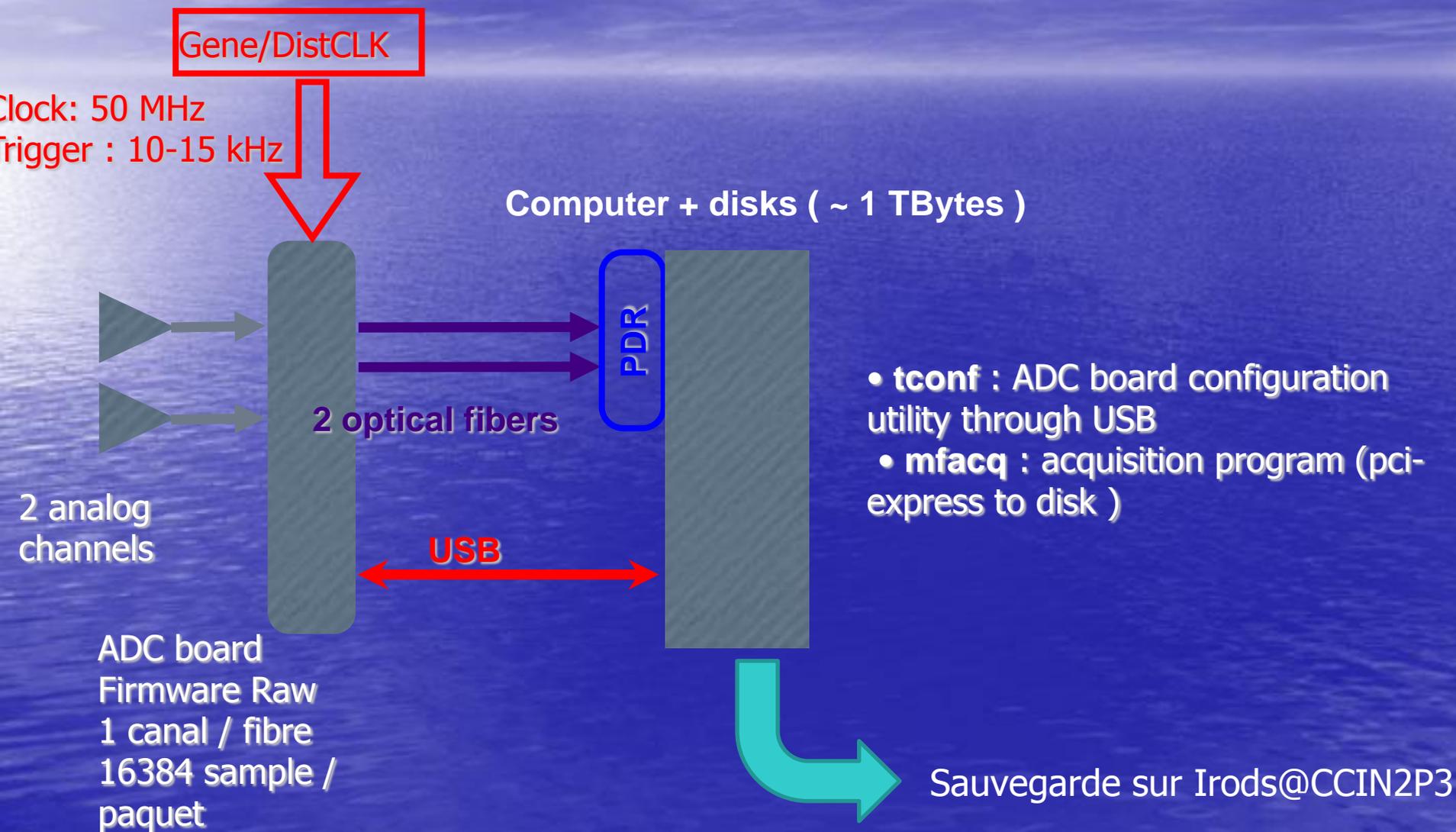
2011: 12k€ (PNCG)

2012: 6.4k€ (PNCG)

Financement post-doc d'Ana (ex. P2IO)

Nb: thèse financée par la Chine

Config électronique Amas@Nançay



~2G\$
1 obs. 2020
10Gpixels x 200°



[Investigating galaxy evolution, cosmology and dark energy](#)



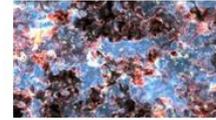
[Strong-field tests of gravity using pulsars and black holes](#)



Investigating the origin and evolution of cosmic magnetism



[The cradle of life searching for life and planets](#)



[Probing the dark ages - the first black holes and stars](#)



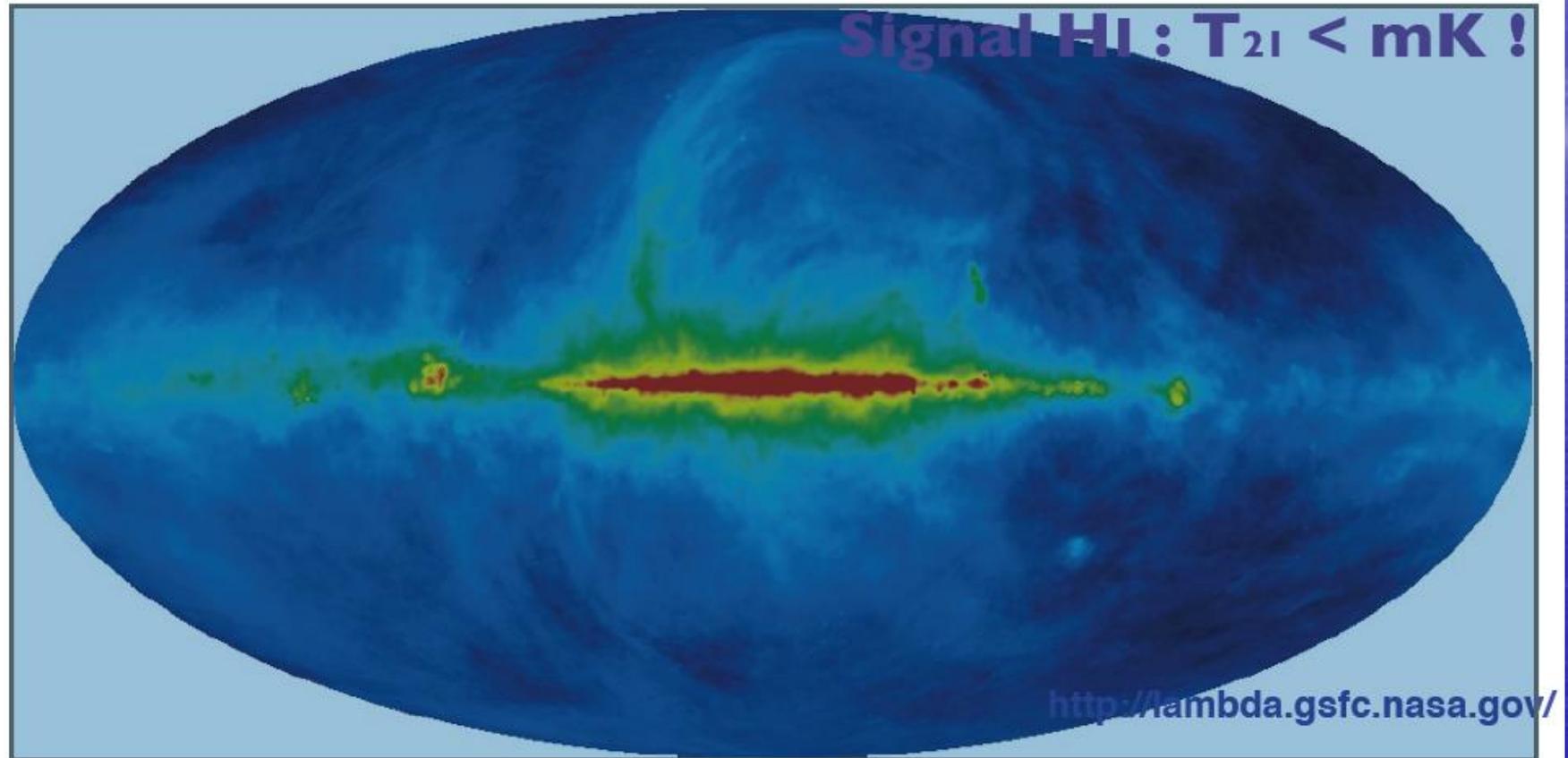
Flexible design will enable exploration of the unknown



skatechstudios.com

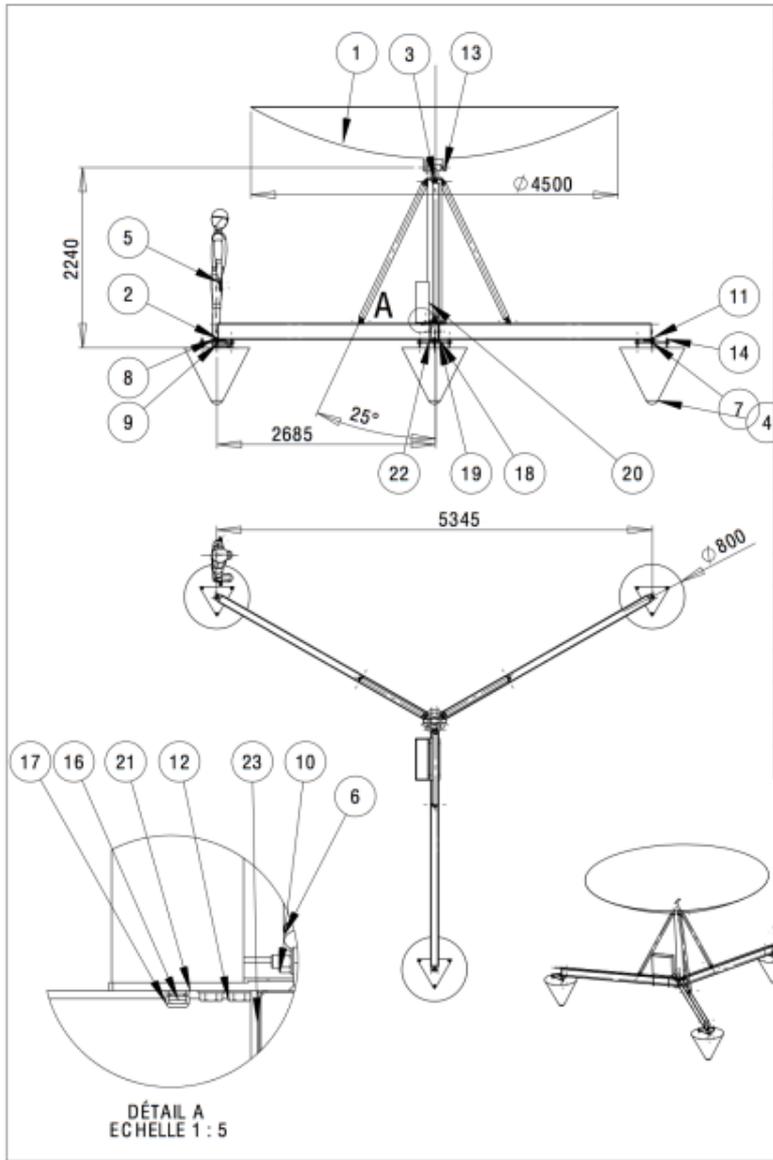
SKA

Les avant plans



10 K **Temp. T (Ech. Log)** **250 K**

Carte Haslam à 408 MHz (émission
Synchrotron de la Galaxie)



No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	parabole		1
2	22-02-11_bras_pied		3
3	22-02-12_montant		1
4	22-02-16_plot_en_beton	600 Dm3, 1.5 tonnes	3
5	Droit		1
6	22-02-13_renfort_poteau		3
7	22-02-14_triangle_ancrage_sol		3
8	rd_spherique_D16		6
9	rondelle plate M16		36
10	écrou h M16		24
11	Vis H M16-60		9
12	Vis H M16-30		6
13	spid_big_ras_hr		1
14	22-02-15_tige_filete_ancrage_beton		9
15	spid_controlleur_md-01		1
16	presse_etoupe_Japp_kabel_53111010		2
17	presse_etoupe_Japp_kabel_53111020		1
18	rondelle plate M8		4
19	écrou h M8		4
20	22-02-17_boite_electronique		1
21	22-02-18_platine_boite_electronique		1
22	22-02-19_fixation_platine_elec		2
23	22-02-20_tige_fixe_platine_elec		4

mercredi 22 février 2012 21:09:44, création

Date	Nom	Modification	Vers.
			A

Rugosité : Ra 6.3
Masse : Kg
Traitement :
Protection :

Tolérance générale: Js13-j13
Arêtes cassées: 0.25 à 45°

Qté : 4 ensembles

Désignation : 22-02-00_ens_pied_parabole

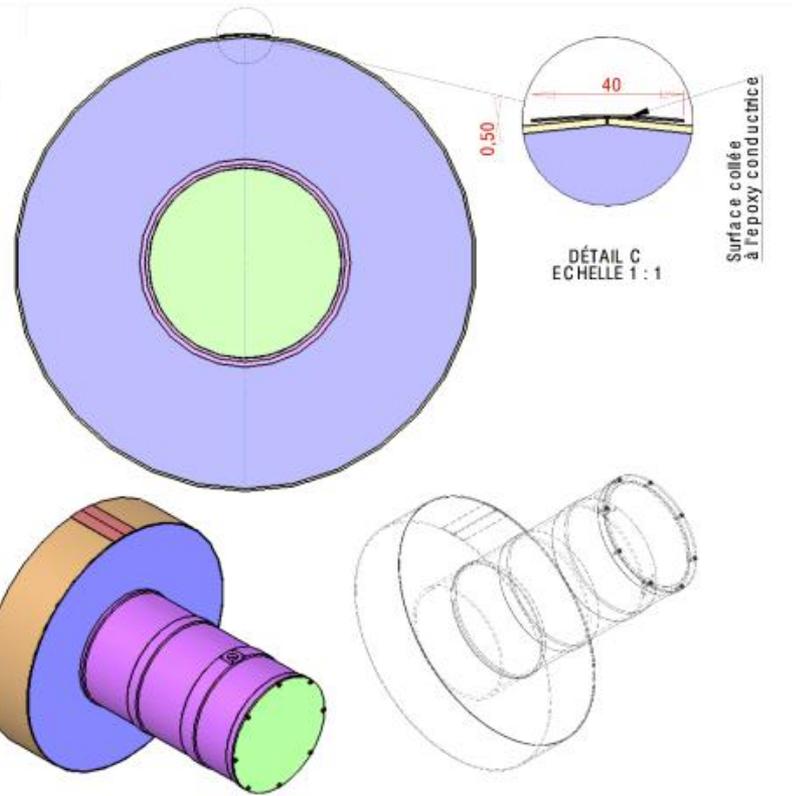
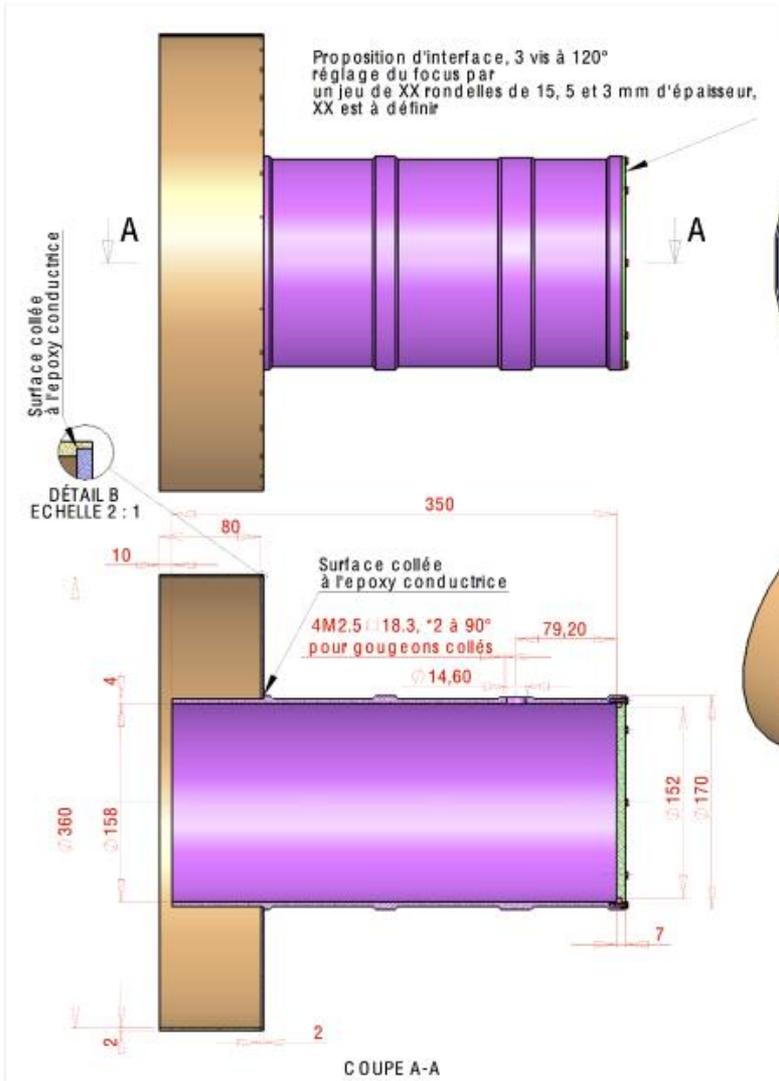
Frédéric Rigaud
François.Rigaud@obspm.fr 01.45.07.76.44

Usé en mm
A3H Ech. 1:50

l'Observatoire de Paris - GEPI
Géométrie Cosmologie Physique et Instrumentation

FEED BA O

22-RDME-02-00



Date	Nom	Modification	lundi 30 mai 2011 19:04:47, création	A
Rugosité : Ra 6,3	Masse : Kg	Traitement : Protection :	Tolérance générale : Jst3-jt13	Vers.
Qté : 2 ensembles	Masse : 3,6 Kg	susceptible d'évoluer	Arêtes cassées : 0,25 à 45°	Unité en mm
Désignation : feed		François Rigaud François.Rigaud@obspm.fr 01.45.07.78.44		A3H Ech. 1:3
l'Observatoire de Paris - GEPI		Draft V00		FEED BAO
22-RDME-00-00		Imprimé le lundi 30 mai 2011 19:36:42 SolidWorks 2009		

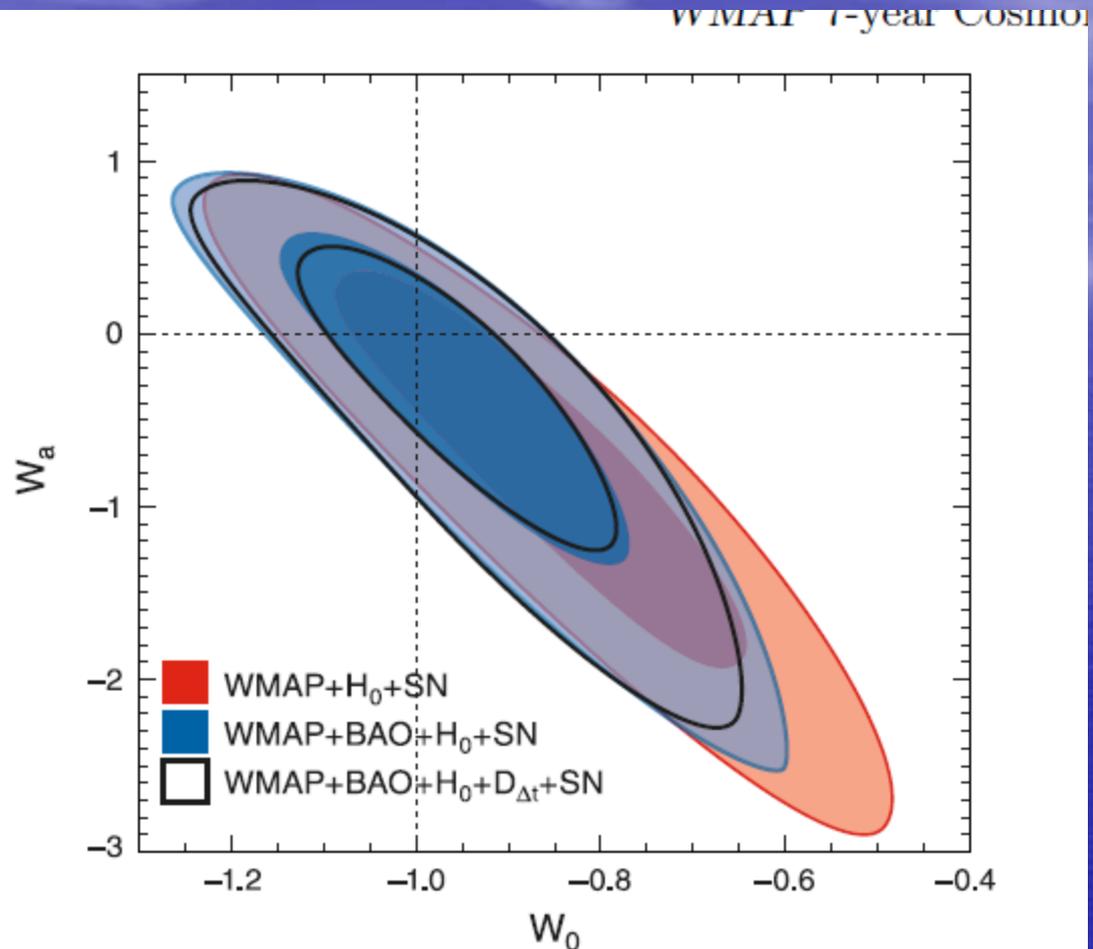


FIG. 13.— Joint two-dimensional marginalized constraint on the linear evolution model of dark energy equation of state, $w(a) = w_0 + w_a(1 - a)$. The contours show the 68% and 95% CL from WMAP+ H_0 +SN (red), WMAP+BAO+ H_0 +SN (blue), and WMAP+BAO+ H_0 + $D_{\Delta t}$ +SN (black), for a flat universe.