

EASIER : Un détecteur radio à l'Observatoire Pierre Auger



Romain Gaior pour
le groupe EASIER

CAB -
LPNHE -
IPNO-
LPSC -
UFRJ-
Subatech
Pierre Auger
Observatory

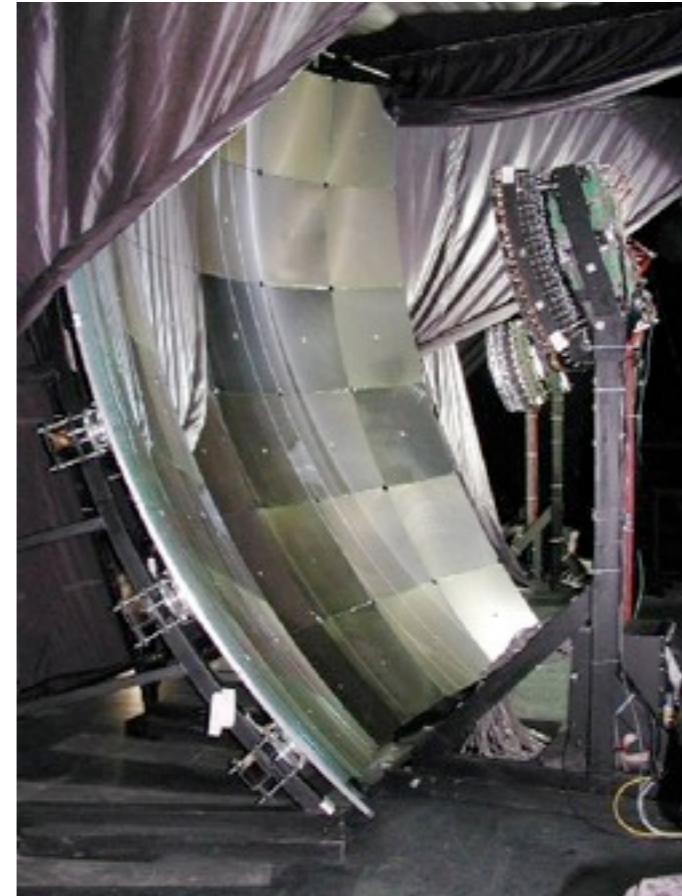
Observatoire Pierre Auger

Détecteur de surface



- **Image de la gerbe au temps t**
énergie (grâce aux hybrides)
distribution latérale
direction
- **100% de cycle utile**

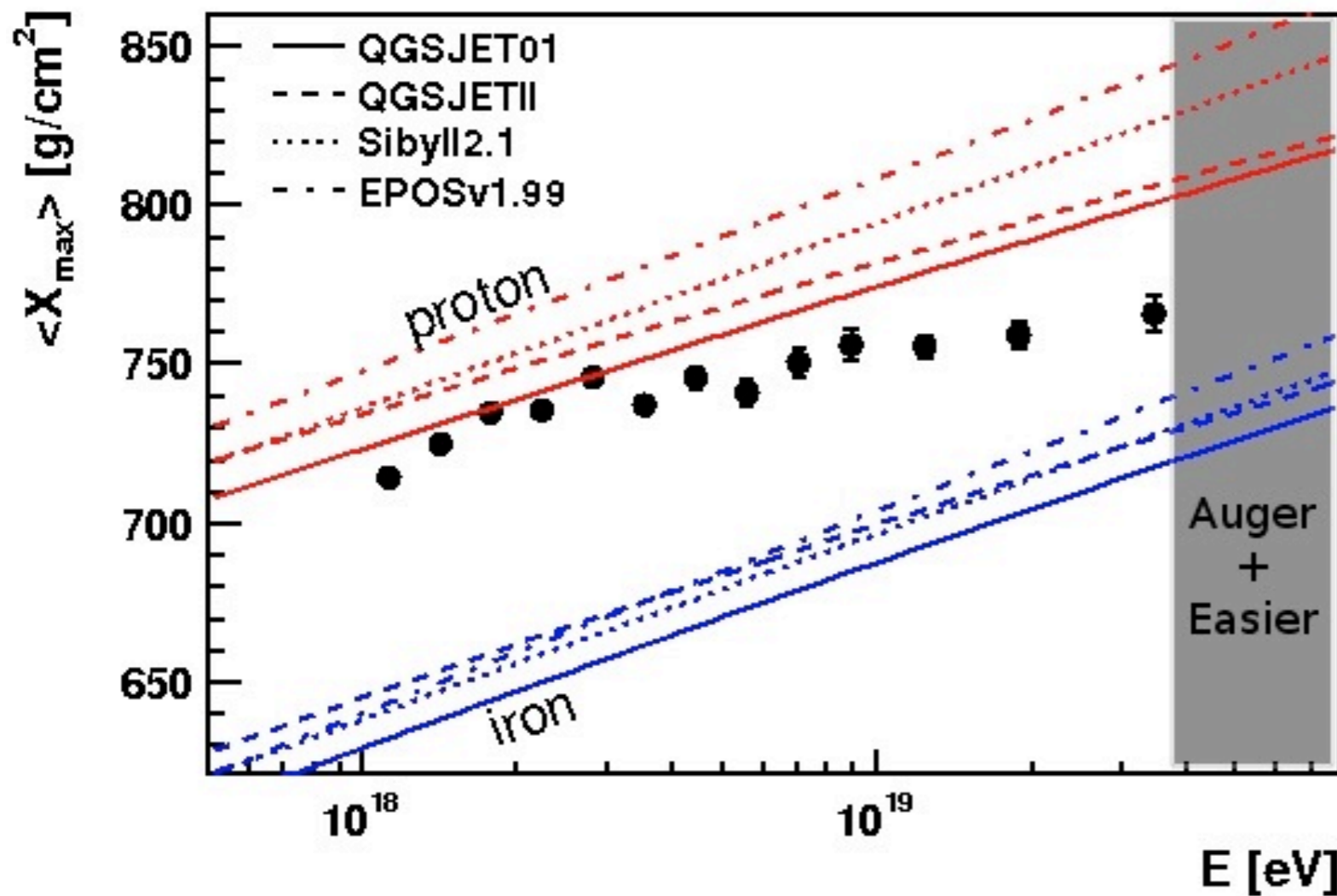
Détecteur de fluorescence



- **Profile temporel de la gerbe**
énergie
distribution longitudinale (X_{max})
direction
- **~ 10% de cycle utile**

Objectif

Mesure de l'évolution électromagnétique de la gerbe

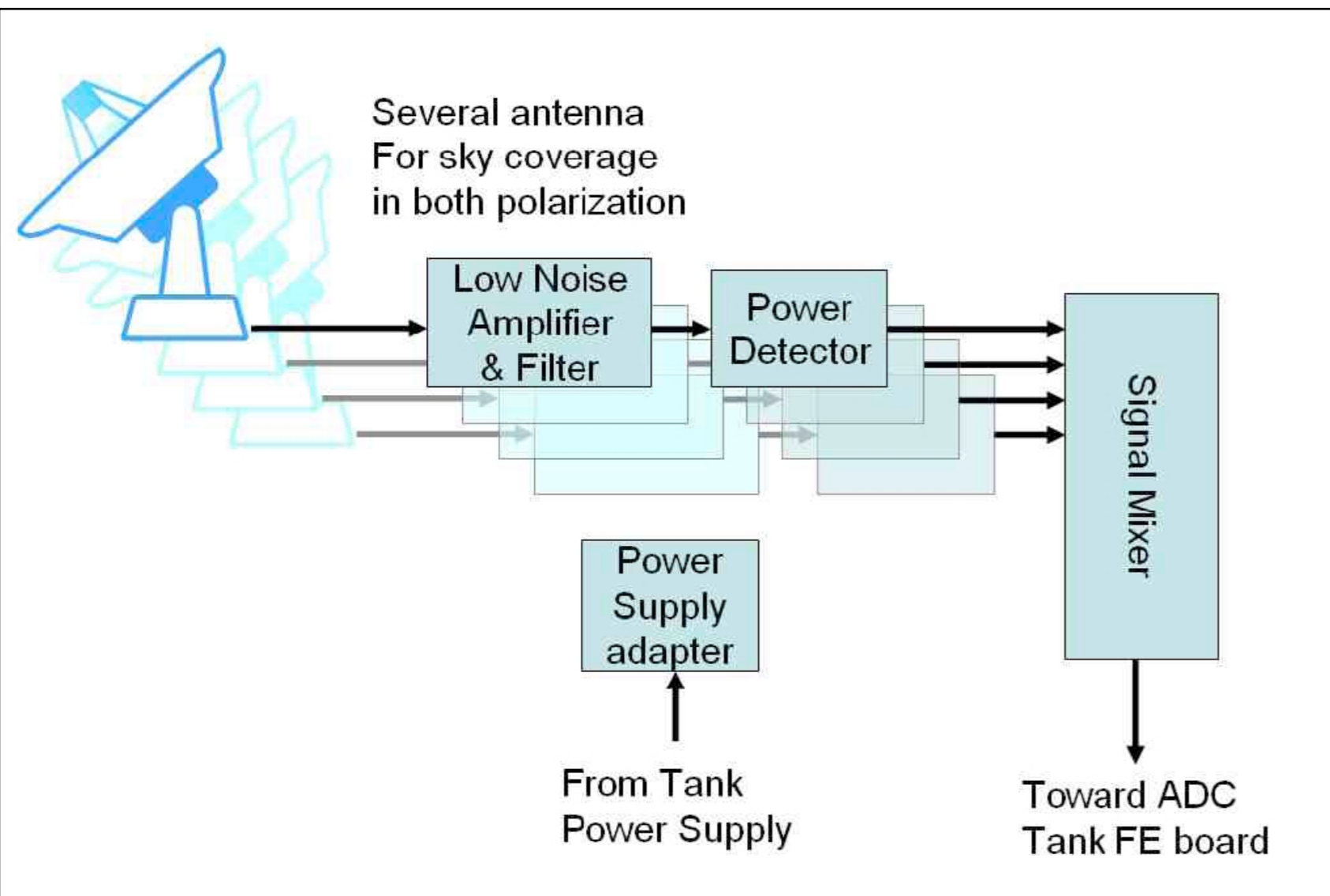


Mesure de la composition à haute énergie

**Mesure du nombre de muons (par soustraction)
→ composition événement par événement**

Principe

Détecteur esclave



-Alimentation fournie

- Trigger fourni par la cuve

-100% cycle utile

- 2 bandes de fréquence

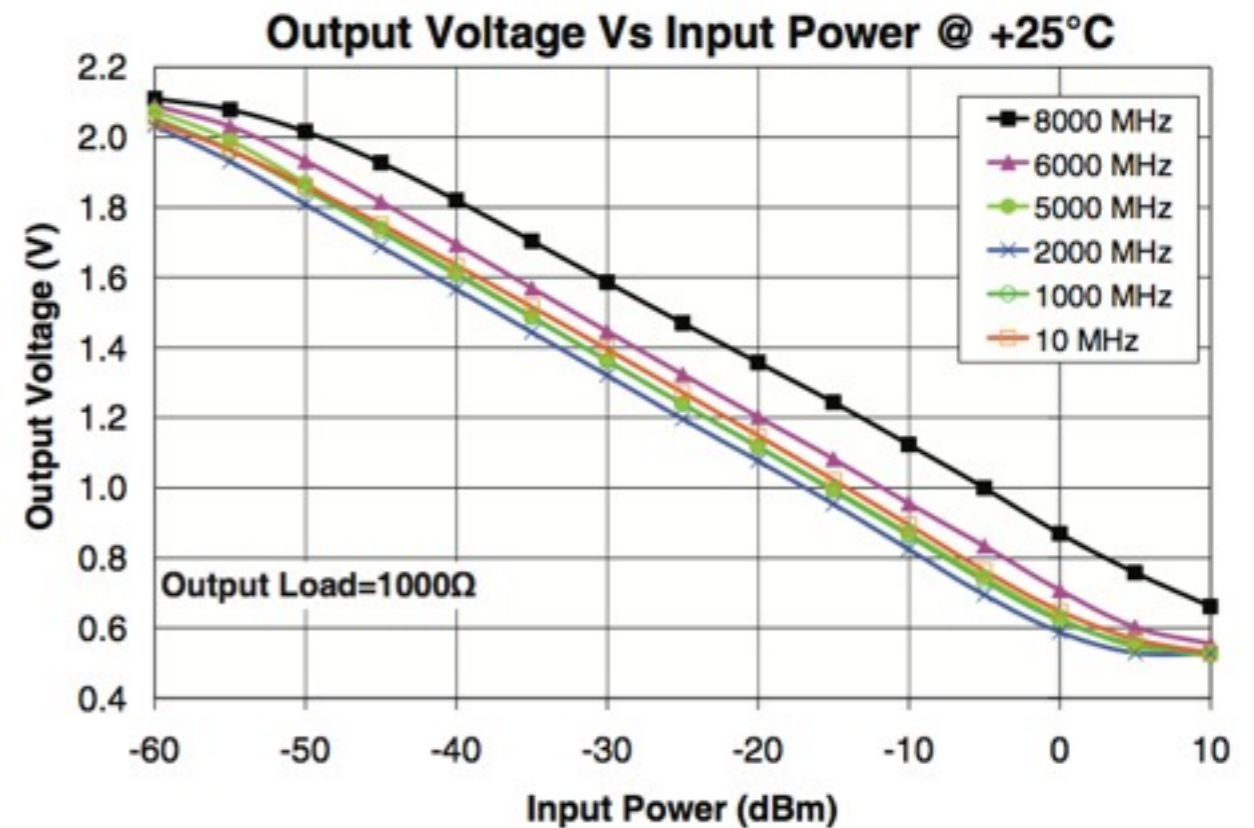
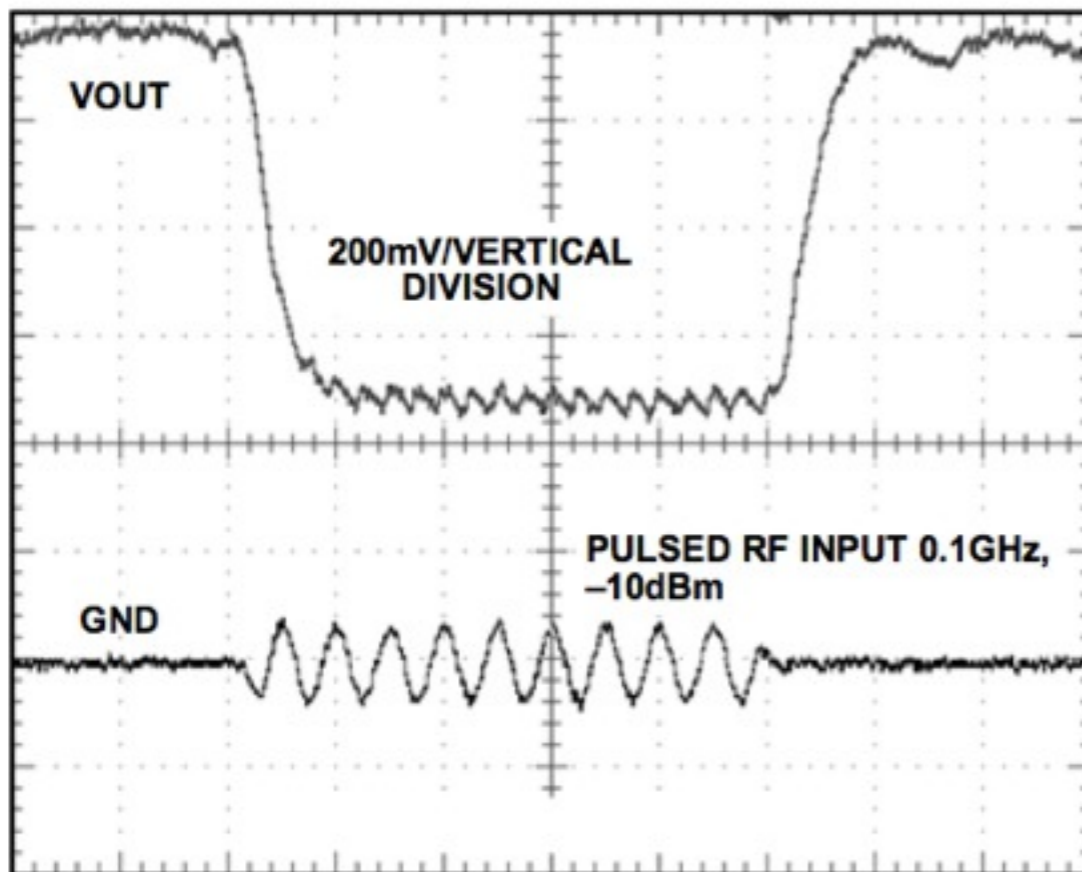
→ 30 - 80 MHz

→ 3.4 - 4.2 GHz

Adaptation du signal

Signal hautes fréquences \longrightarrow ADC 40MHz (0 -2V)

Power Detector : image DC de la puissance



Contexte MHz

Physique du rayonnement

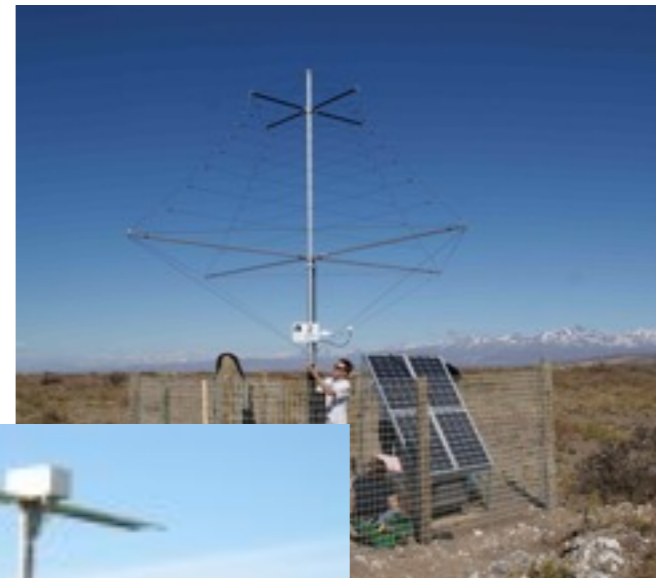
Rayonnement attendu : Emission due au champ géomagnétique

- geosynchrotron
- séparation des charges (effet Askaryan)

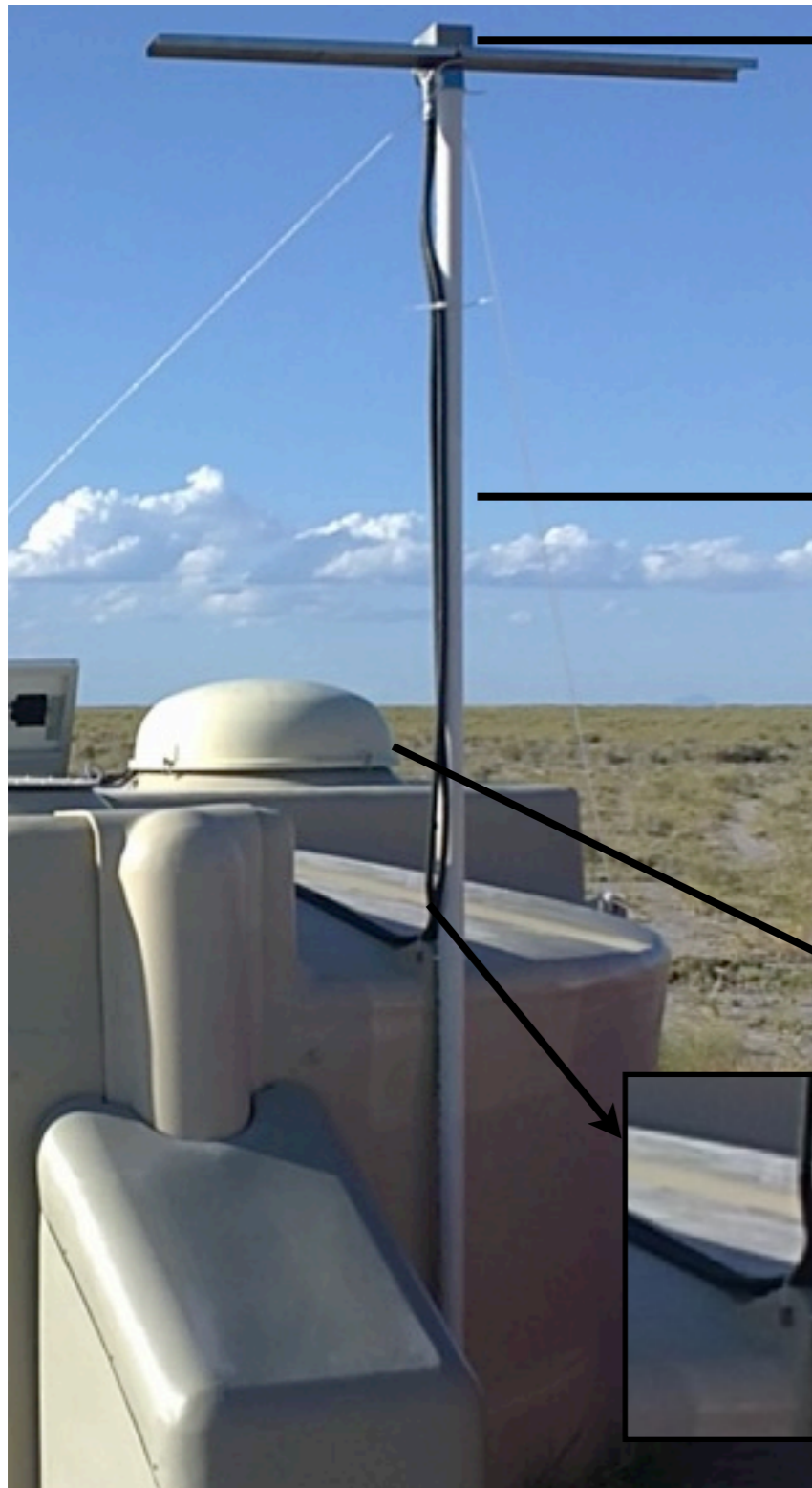
Historique

-Technique initiée dans les années 60 (Kahn & Lerche)

Expériences actuelles: Aera, Lopes Codalema



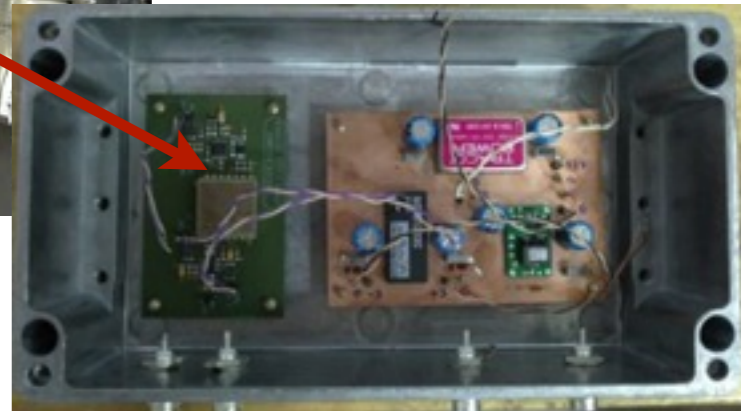
Set up MHz



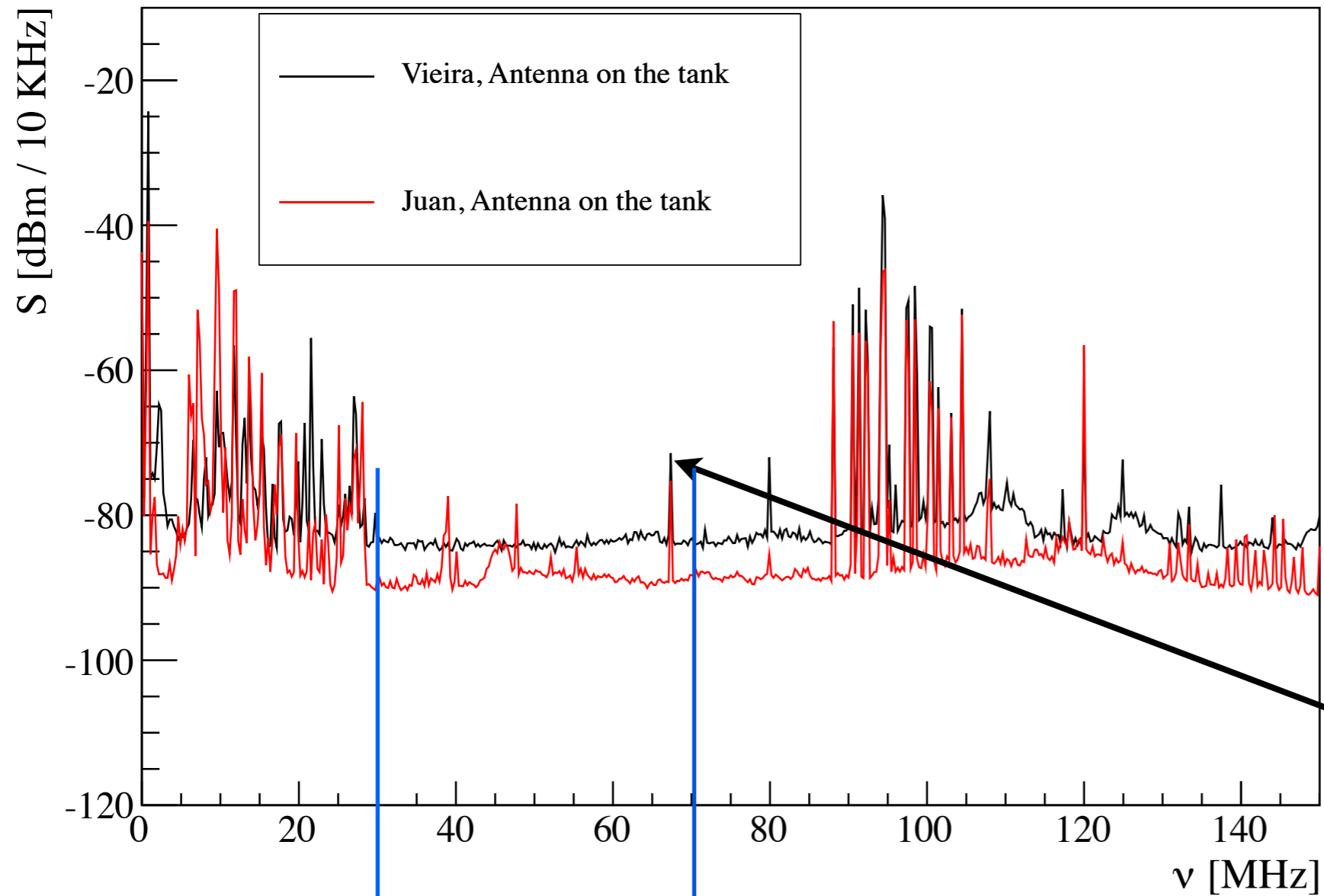
Low Noise Amplifier

mat de 3m

sous le dome : boite EASIER = Alimentation + carte EASIER



Spectres

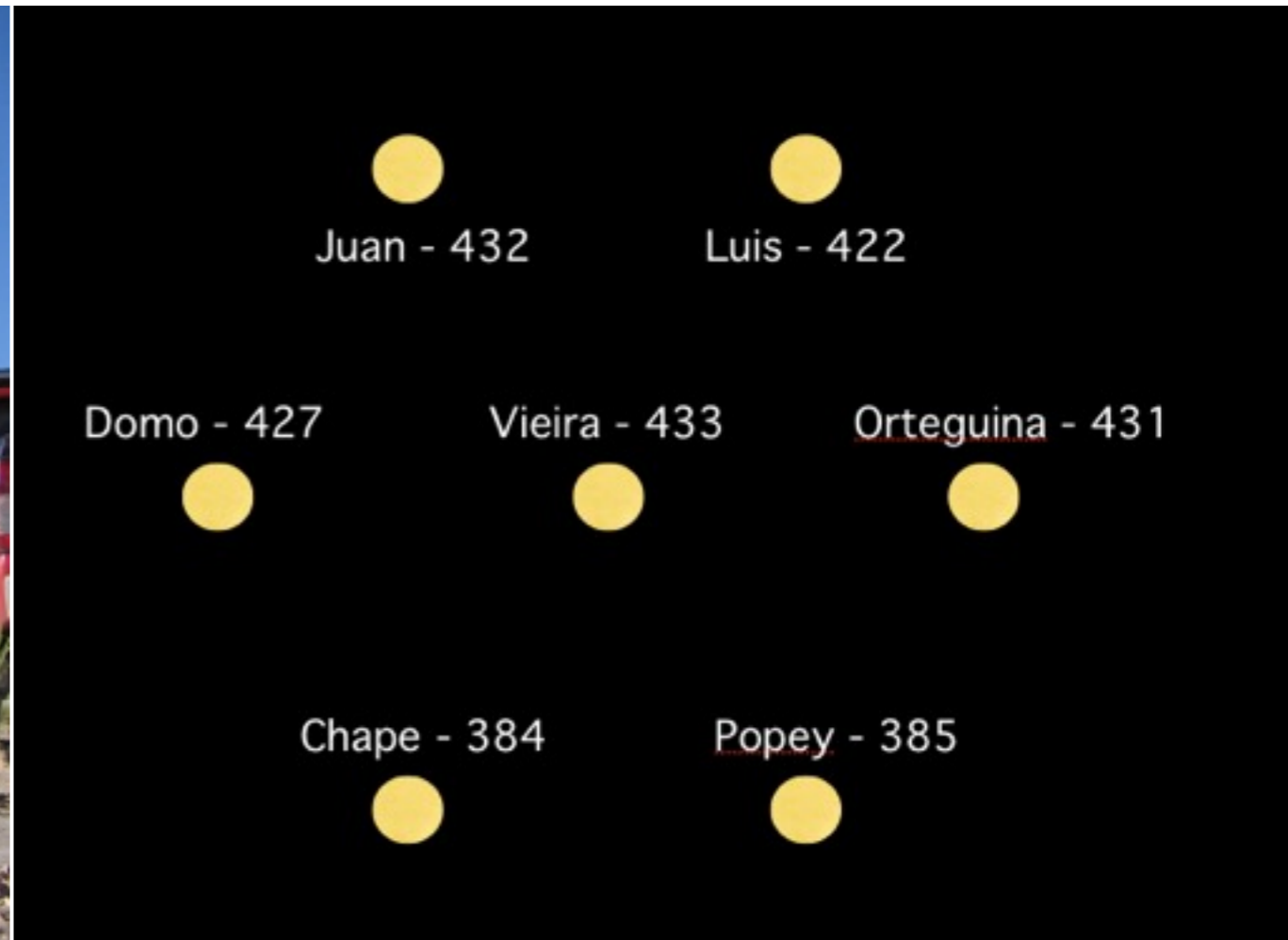


-(\neq gain de LNA)
- Pic à 67.3 MHz

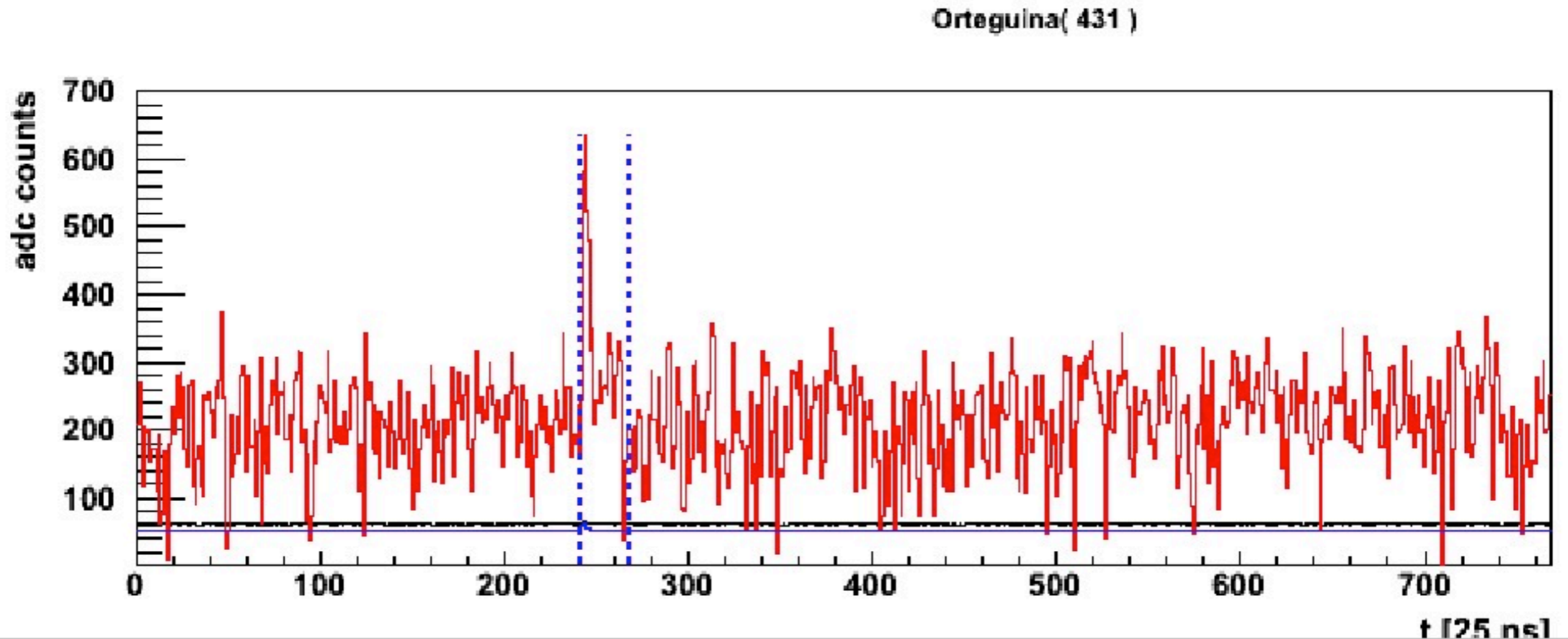
domaine EASIER

Installation

Installation mars 2011



Evenement typique

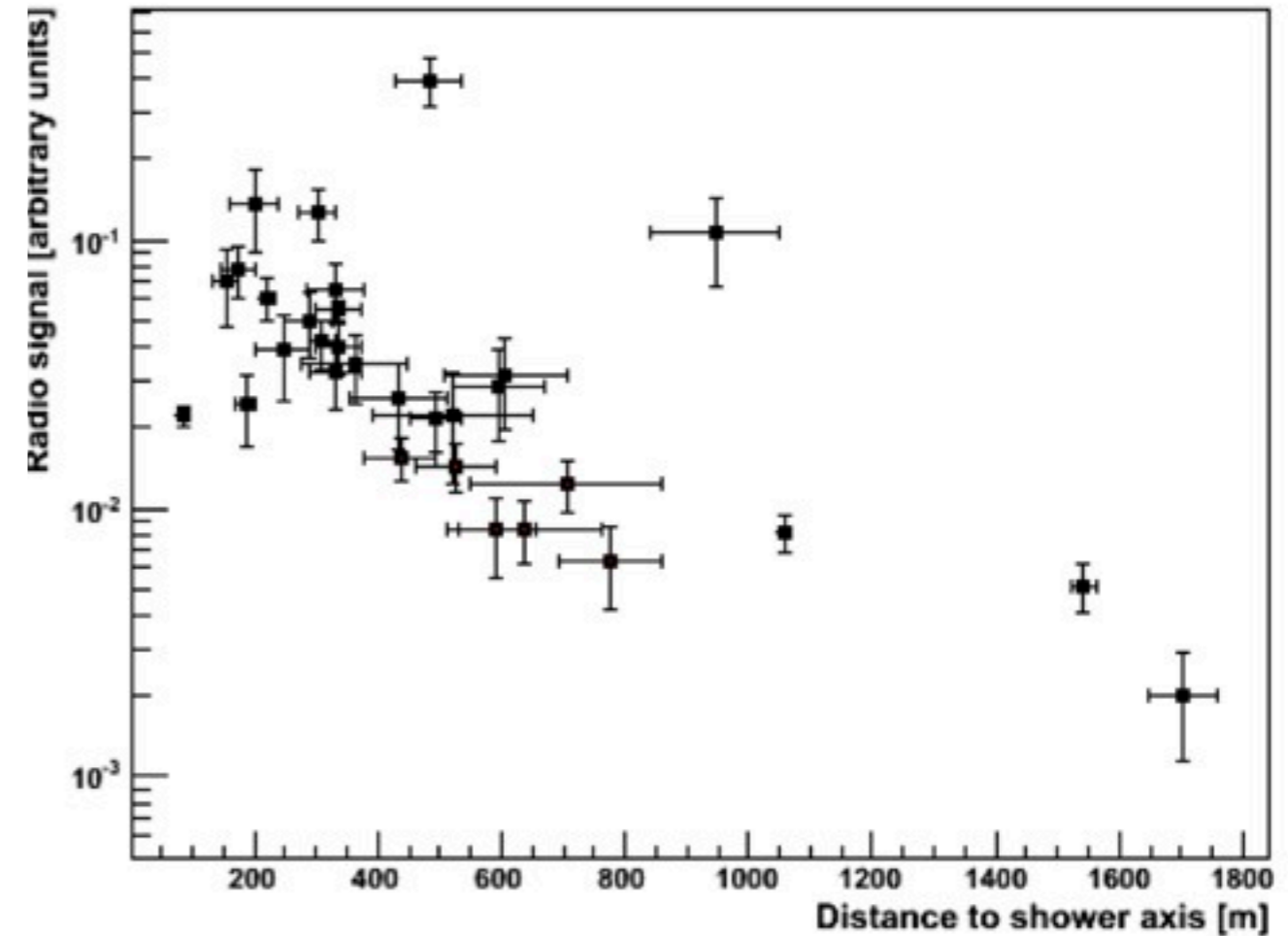
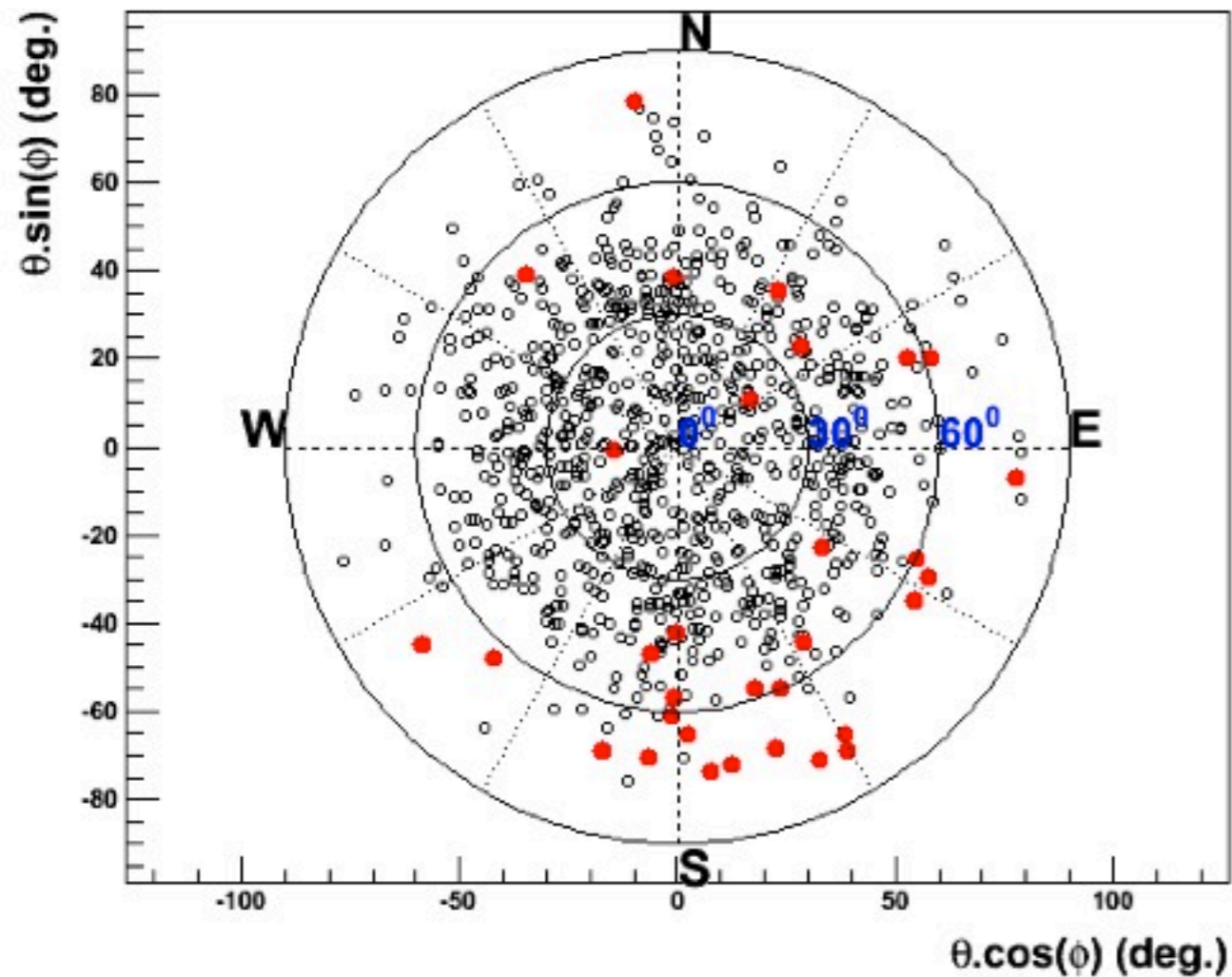


Bruit de fond important -> filtrage nécessaire
Signal court ~ 50 à 100 ns

Résultats MHz

Excès de détection dans la
direction sud

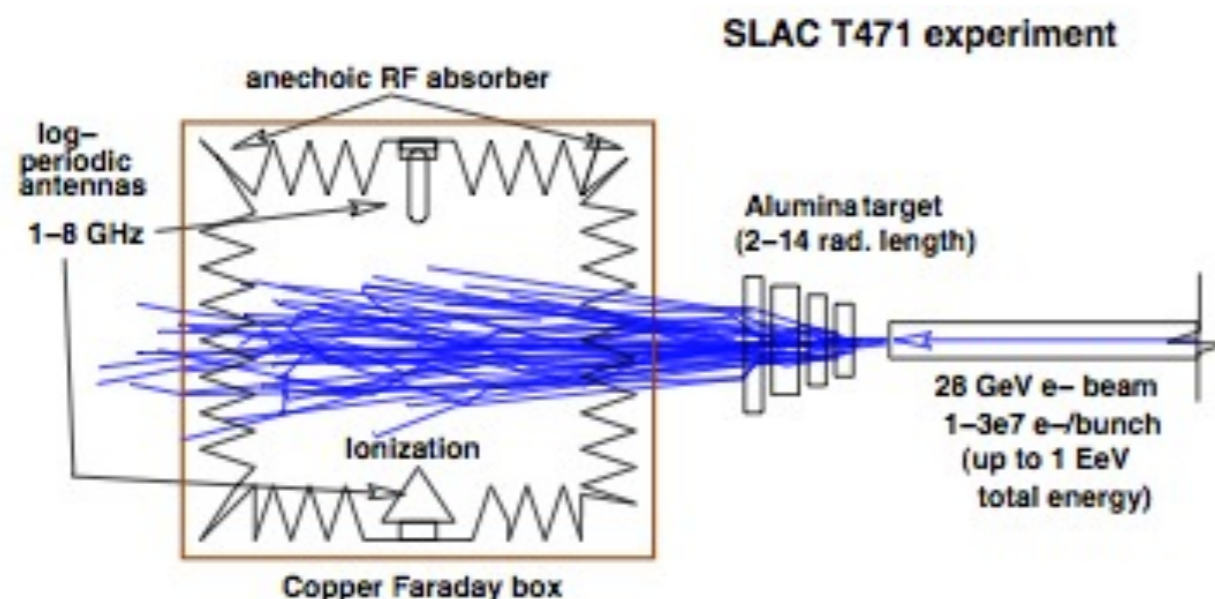
Distribution latérale en :
 $E \propto E_0 \exp(d/D_0)$ avec $D_0 \sim 200\text{m}$



Contexte GHz

Rayonnement attendu : **Bremsstrahlung moléculaire (MBR)**

- Plasma crée après le passage de la gerbe
- Rayonnement des électrons dans le champ des molécules neutres (N_2)



Signal observé en laboratoire
Observation of microwave continuum emission
from air shower plasmas", Phys.Rev.D78,2008

Autres expériences : Midas, Amber
(Auger) et Crome (Karlsruhe)



Antenne : ESX 241



Model: DMX241

Digital Ready Expanded C Band LNBF



Input Frequency:	3.4-4.2GHz
Output Frequency:	950-1750MHz
Noise Figure:	13K
Gain:	70dB
Polarity:	1 (Hor or Ver)
LO Frequency:	5150MHz
Image Rejection	45dB Min
Switch Voltage	
Vertical:	14V DC
Horizontal:	18V DC
Output Impedance:	75Ohms
Output Connector:	F-Female

Private
Label
Available

Super High
Gain of
70dB

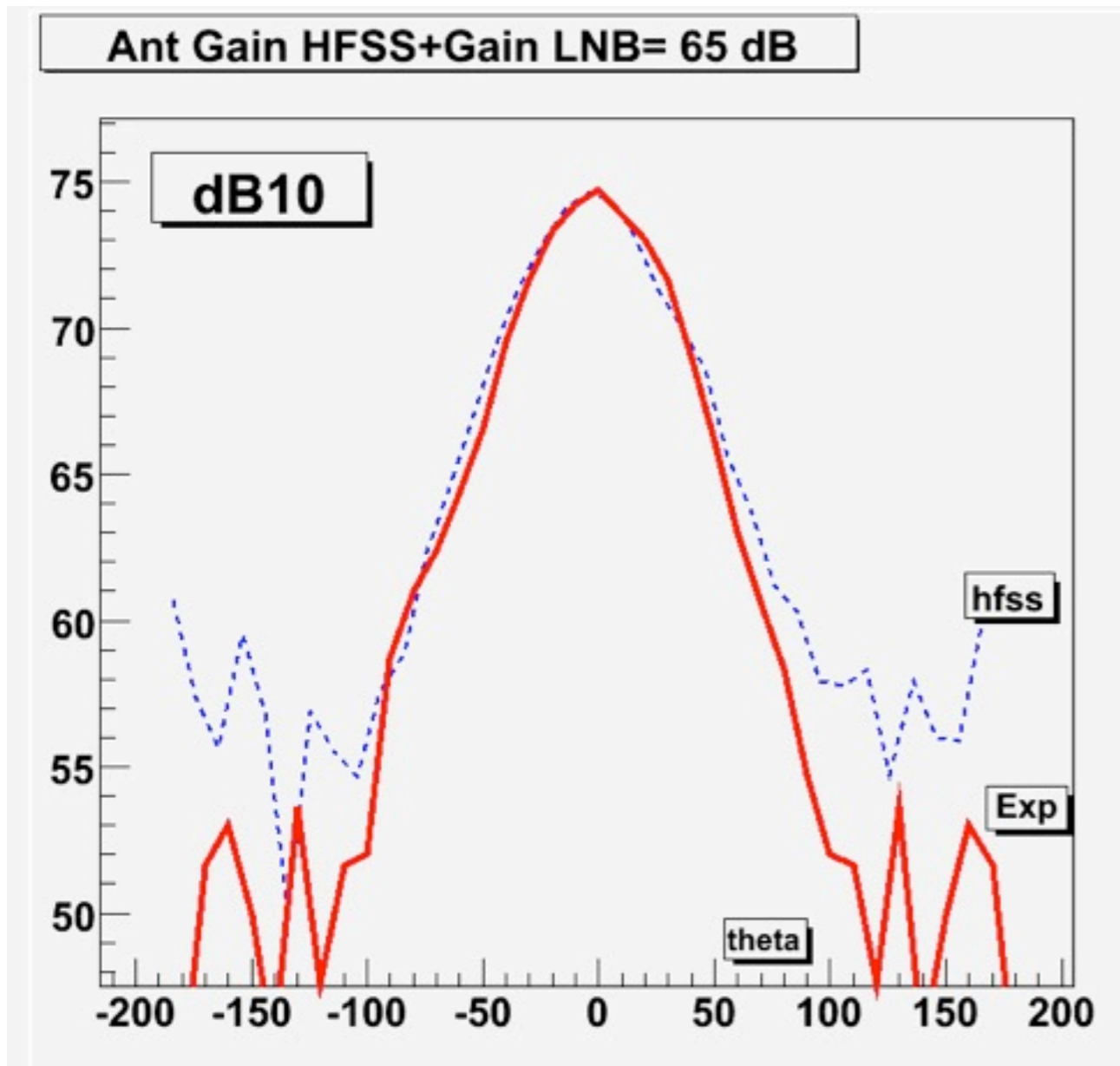
WS International Global Satellite Distribution

1200 Cobb Parkway North ~ Suite 100B ~ Marietta, GA 30062-2418 USA
Tel: +770 420 5272 ~ Fax: +770 420 5350
Email: sales@wsdigital.com ~ Web: www.wsidigital.com

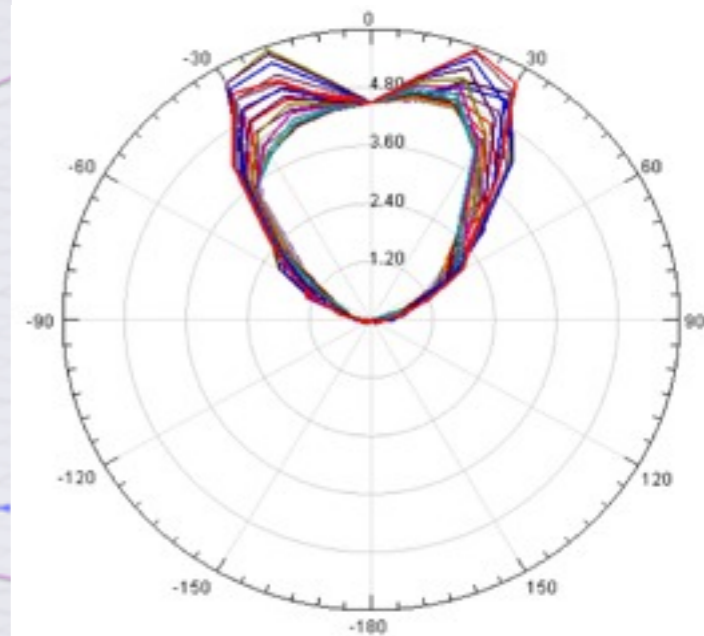
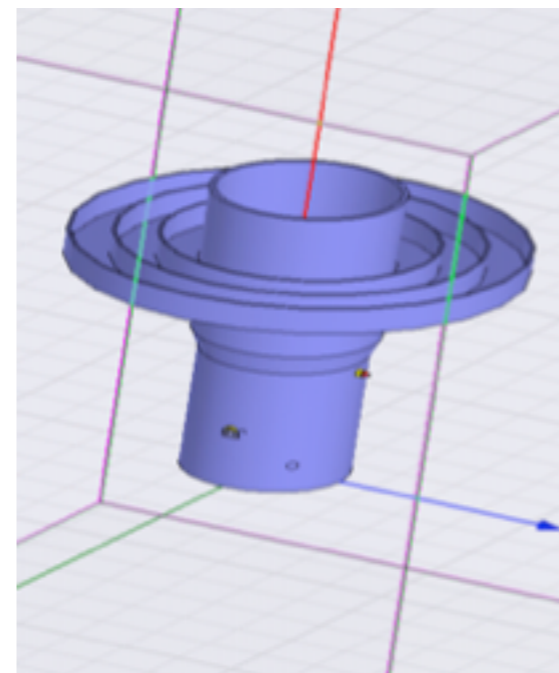
- Antenne commerciale (TV satellite)
- Fréquence : 3.4 - 4.2 GHz transformé en 0.95 -1.75 GHz
- Data sheet inexistante
- Température annoncée 13K

Diagramme de puissance

Simulation (HFSS) + Mesures en chambre anéchoïque



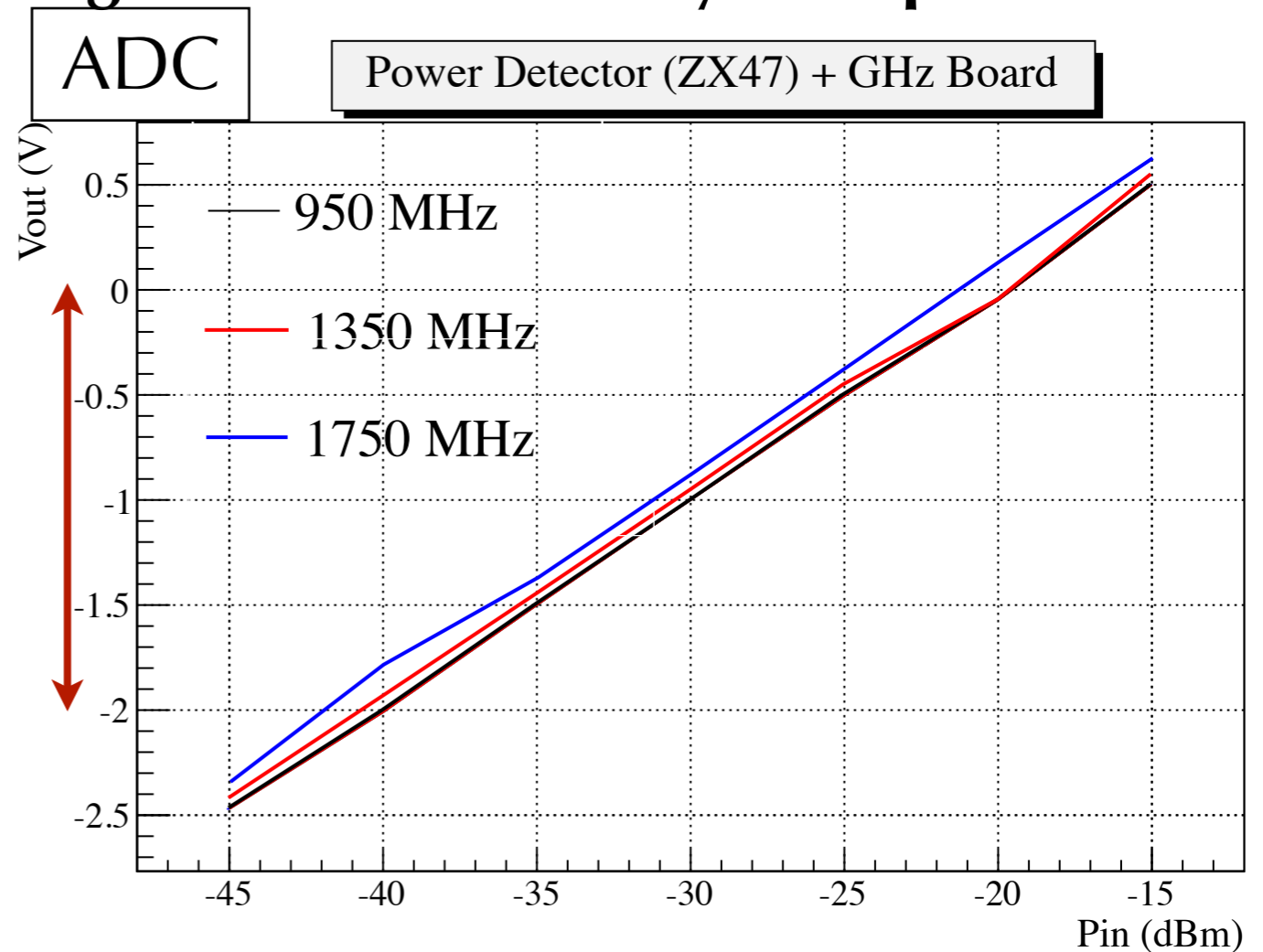
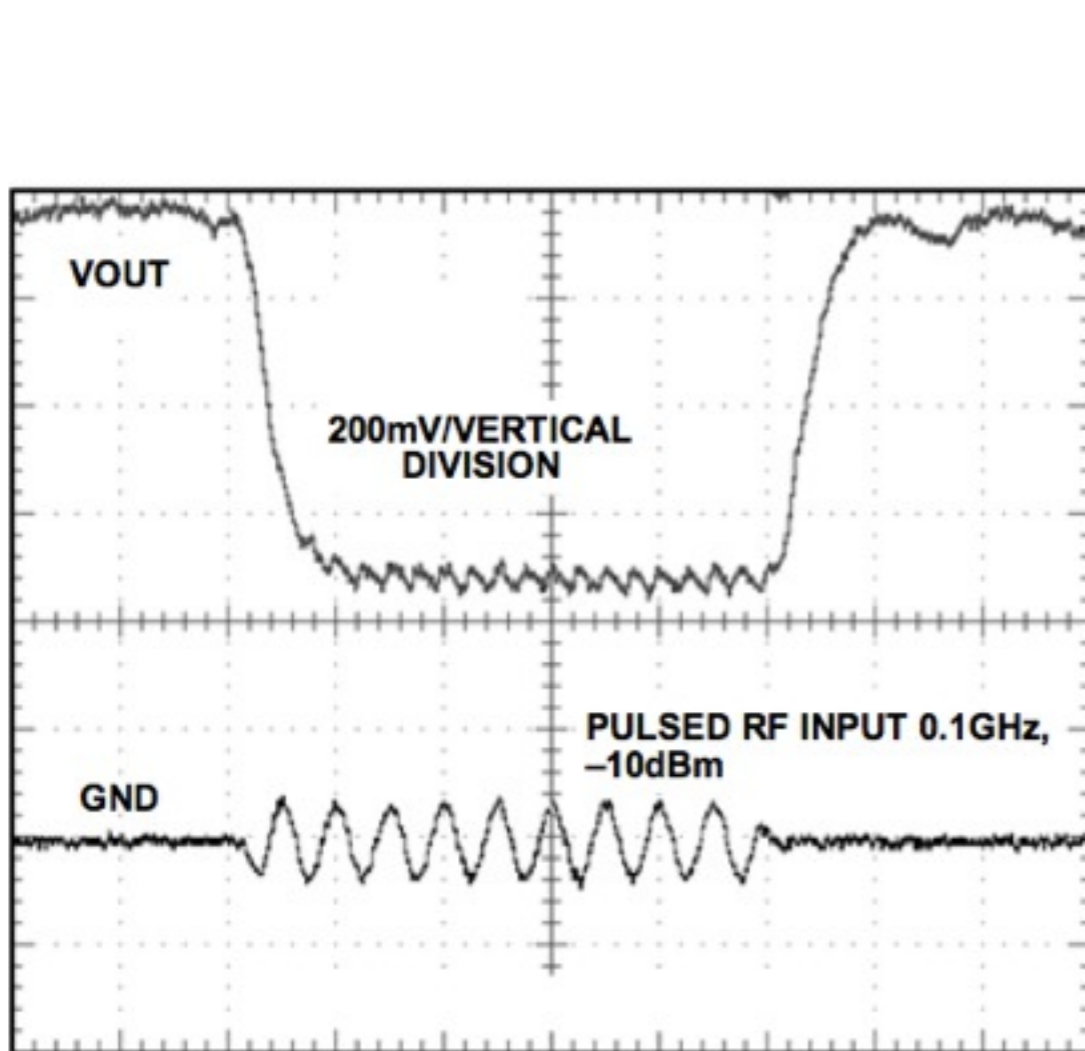
- ➔ Calibration
gain(75 dB), ouverture angulaire (30°)
- ➔ Optimisation (anneau)
ouverture angulaire plans grande + lobes arrières réduits



Adaptation du signal

Signal hautes fréquences \longrightarrow ADC 40MHz (0 -2V)

Carte EASIER GHz : Translation du signal + choix de la dynamique

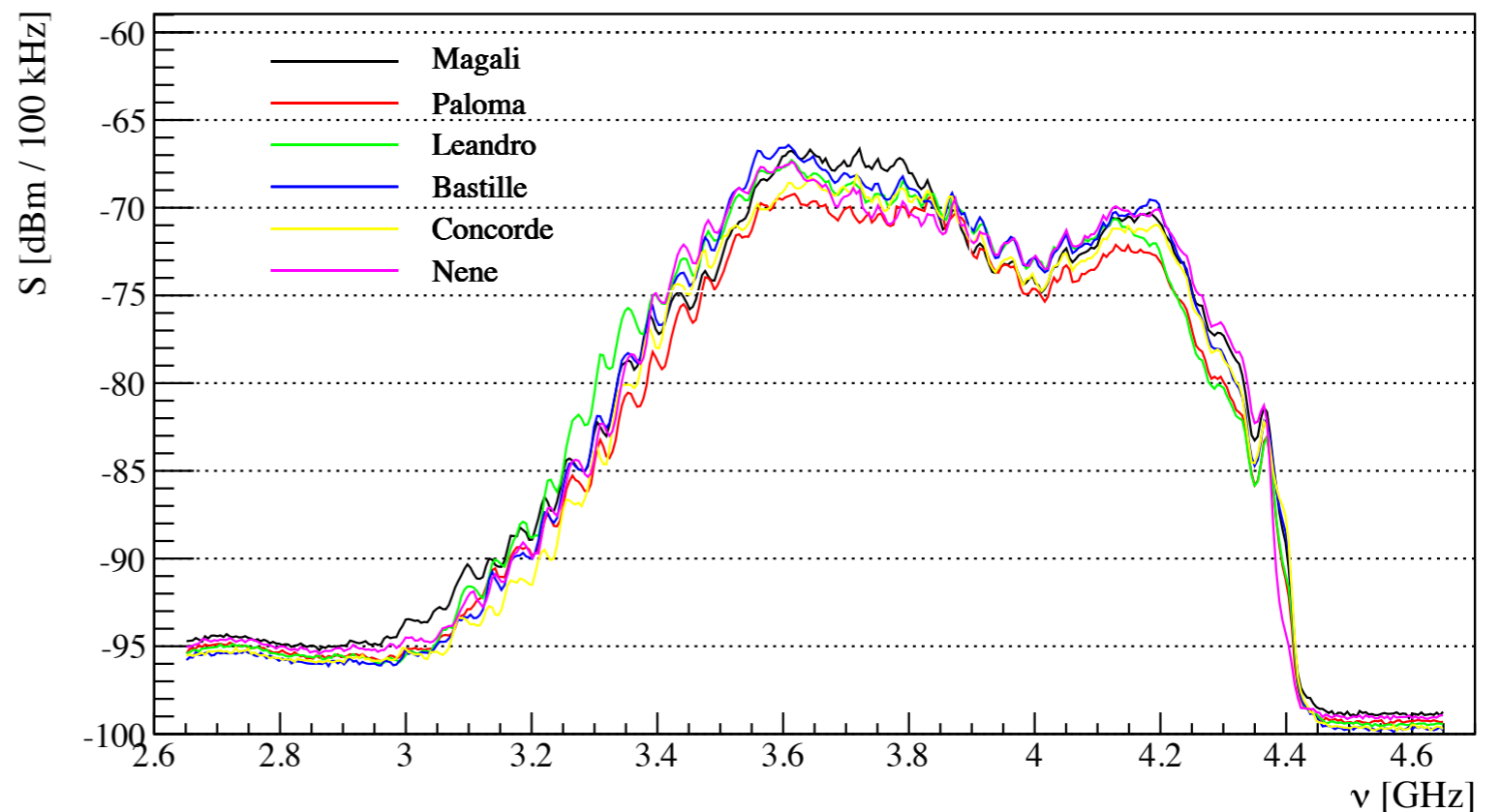


- 20 dB de dynamique

1ère Installation (Avril 2010)



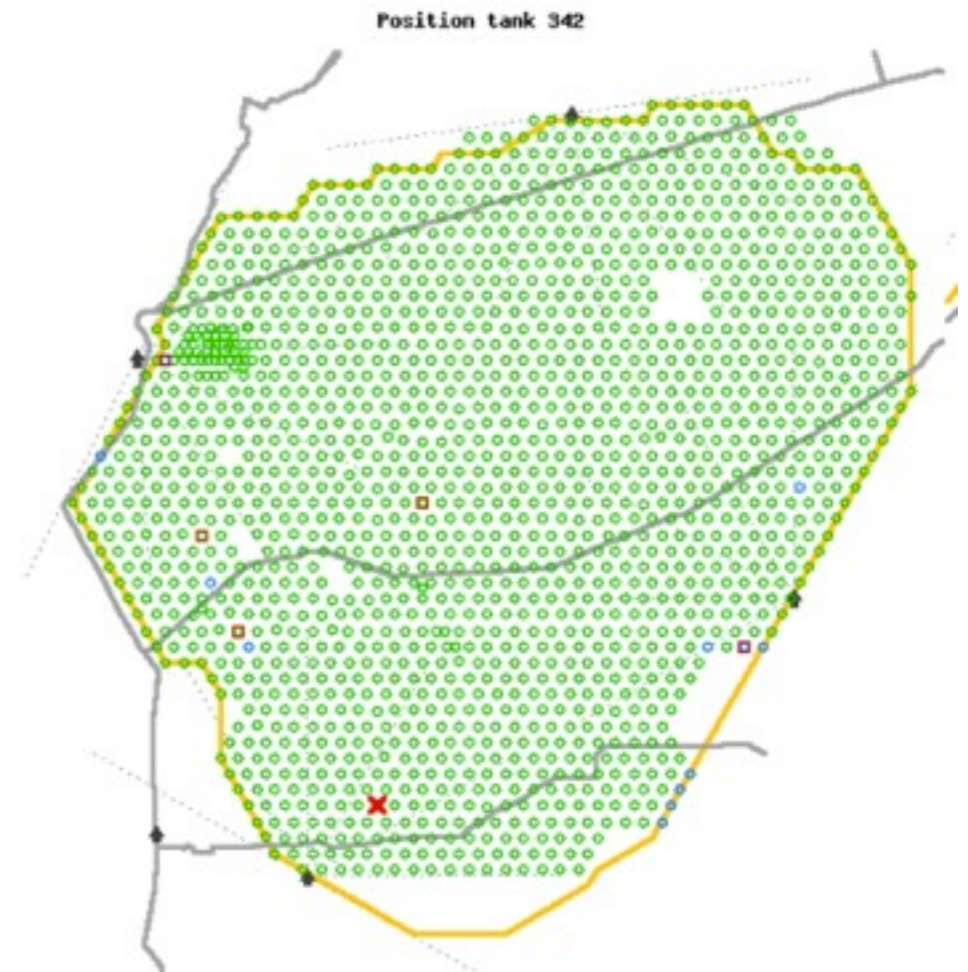
7 antennes installées



Différence de gain : < 4dB

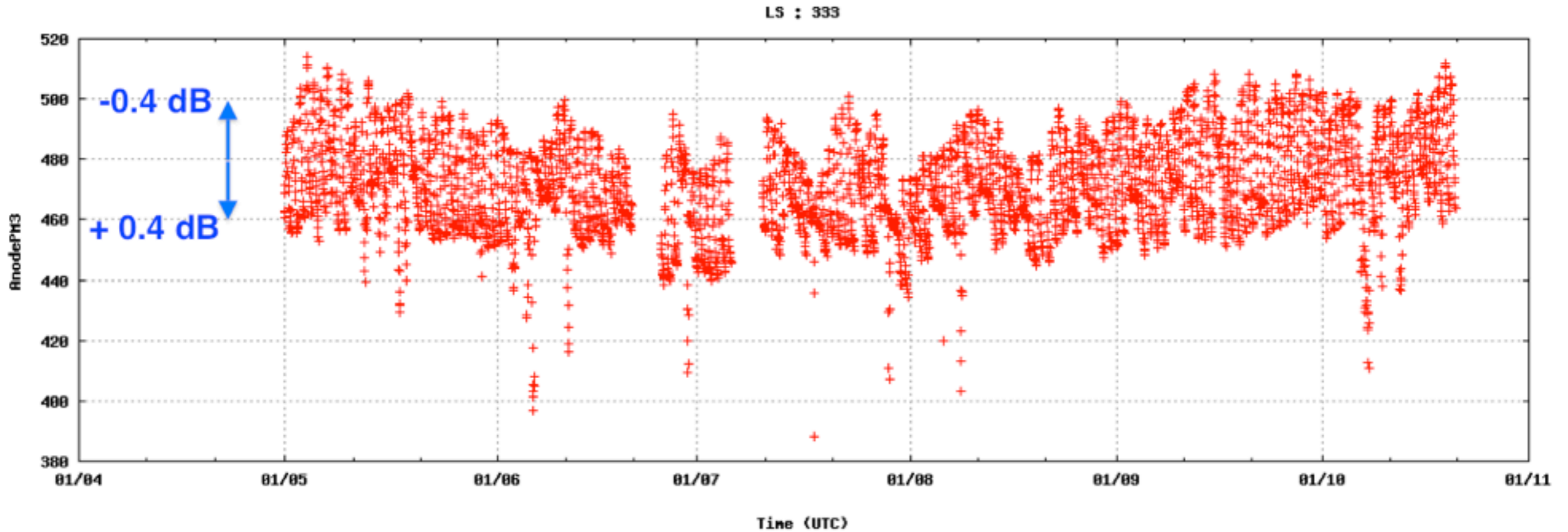
Hexagone GHz

1st & 2nd EASIER Hexagons



- A cote de l'hexagone MHz
- Dans le champ de vue de MIDAS

1ères mesures

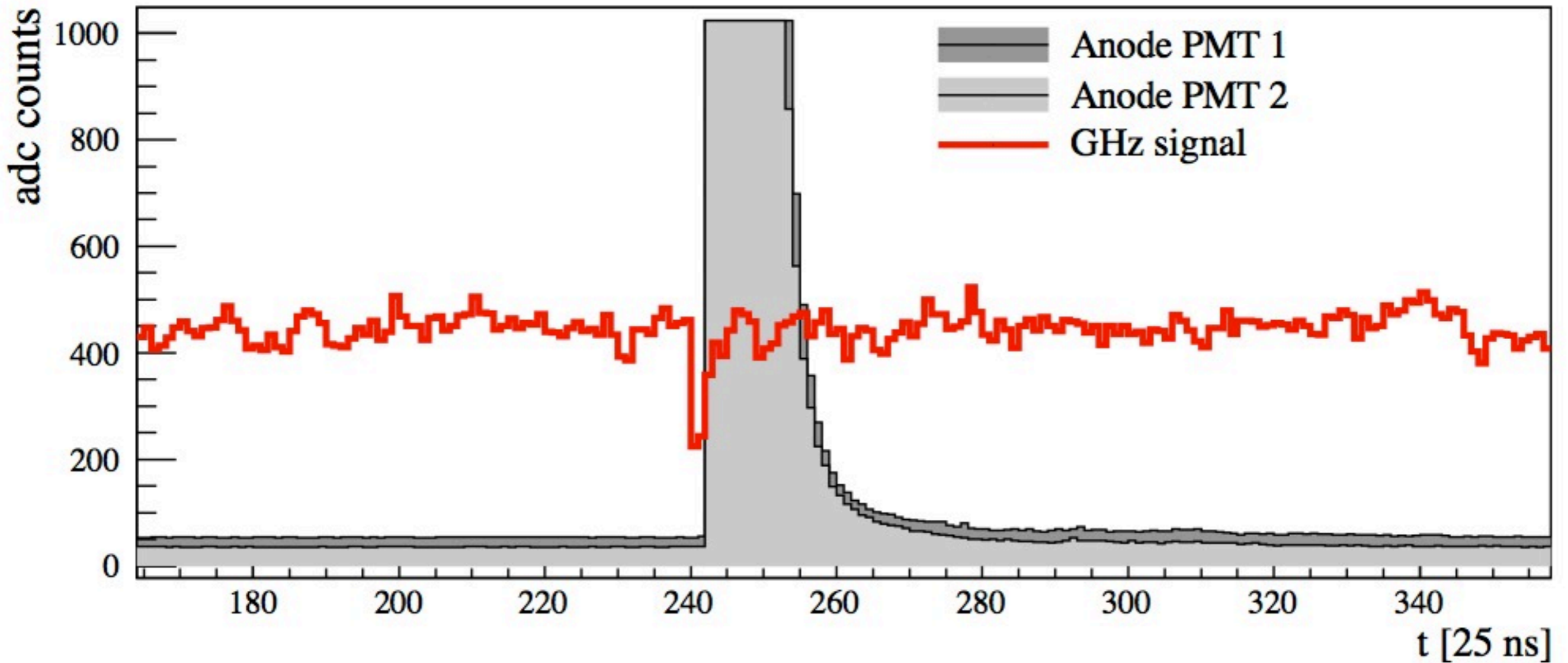


Stabilité de la baseline

Pas de perturbation du réseau régulier

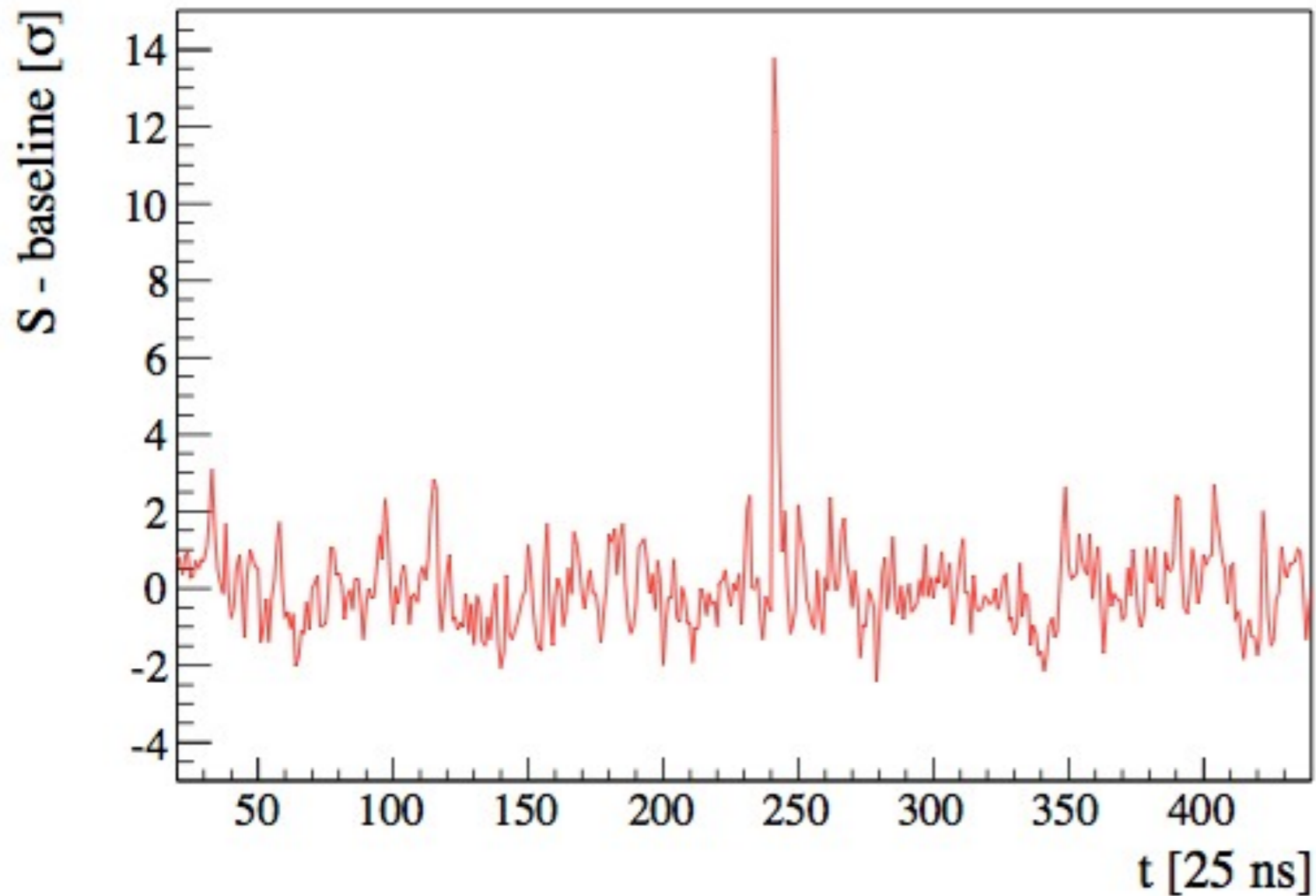
1er Signal

1er signal radio détecté dans cette bande de fréquence



- $E = 13.9 \pm 1.3 \text{ EeV}$
- Angle zénithal $\sim 30^\circ$
- Distance du coeur : 136 m

1er Signal

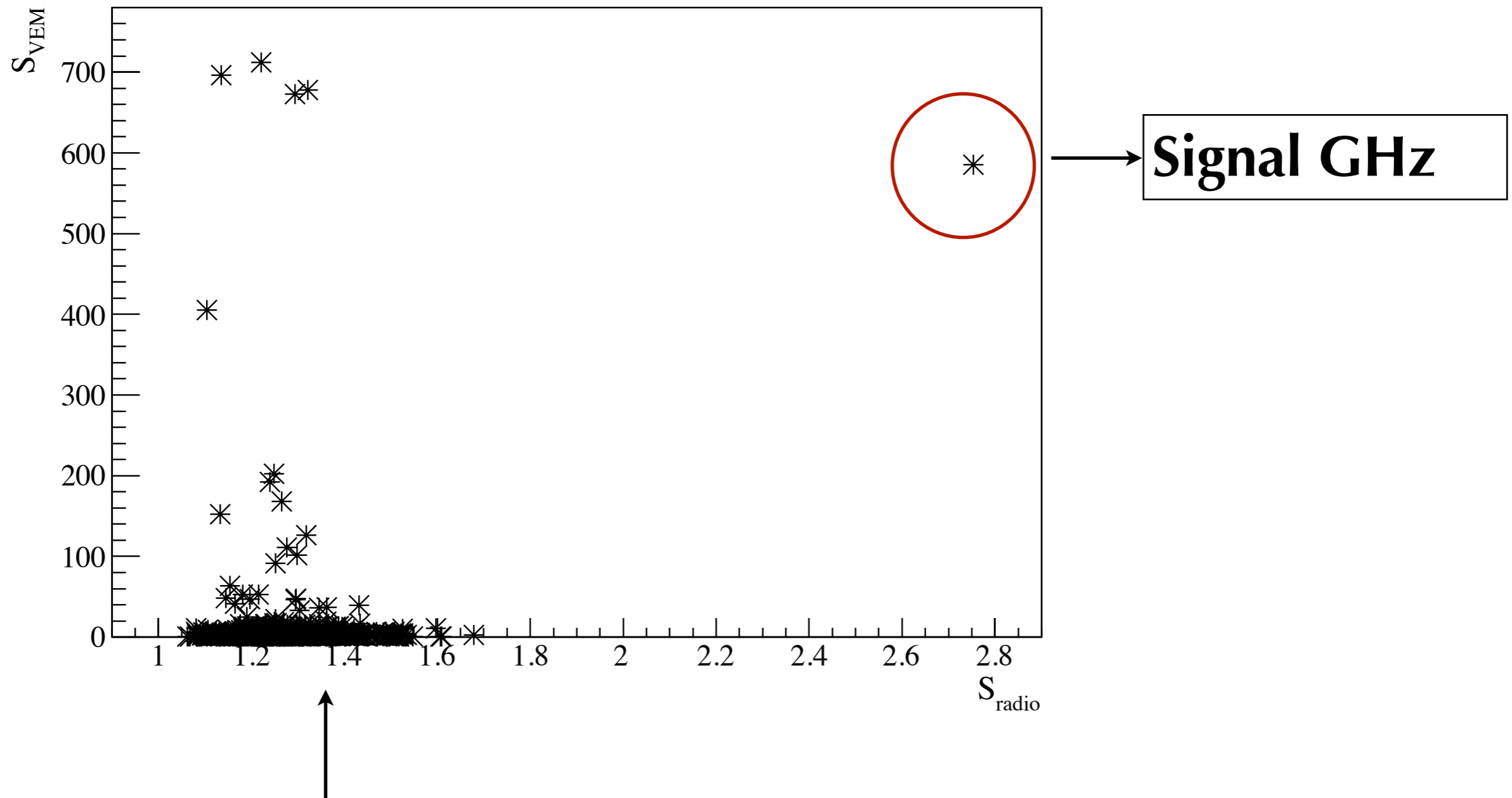


- signal linearisé
- unité : σ (fluctuations du bruit)

- 14 σ
- 50 à 75 ns de long
- 25 à 50 ns avant les particules

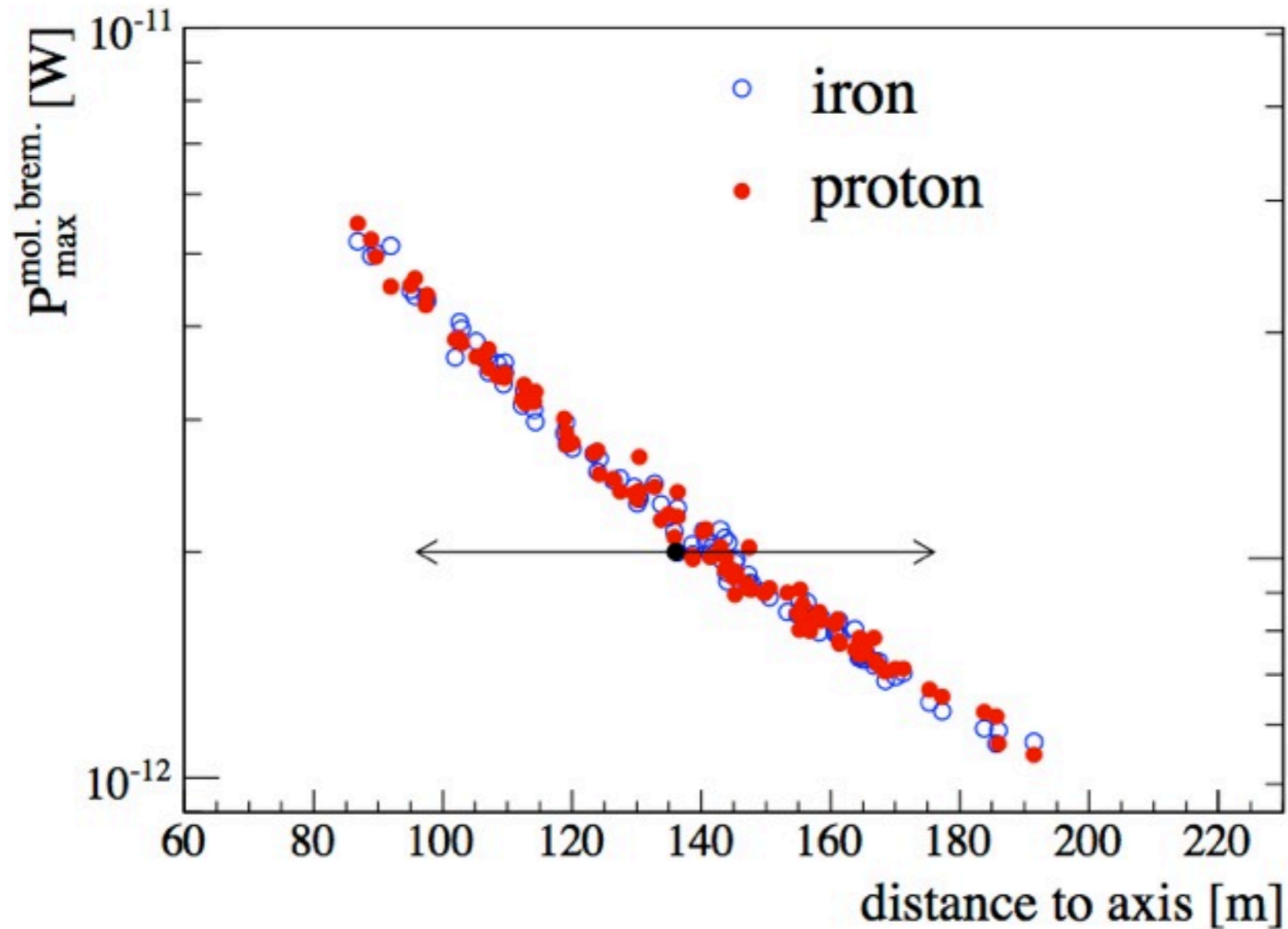
Origine du signal ?

1er Signal : Bruit



Pas de corrélation entre la lumière dans la cuve et le signal radio

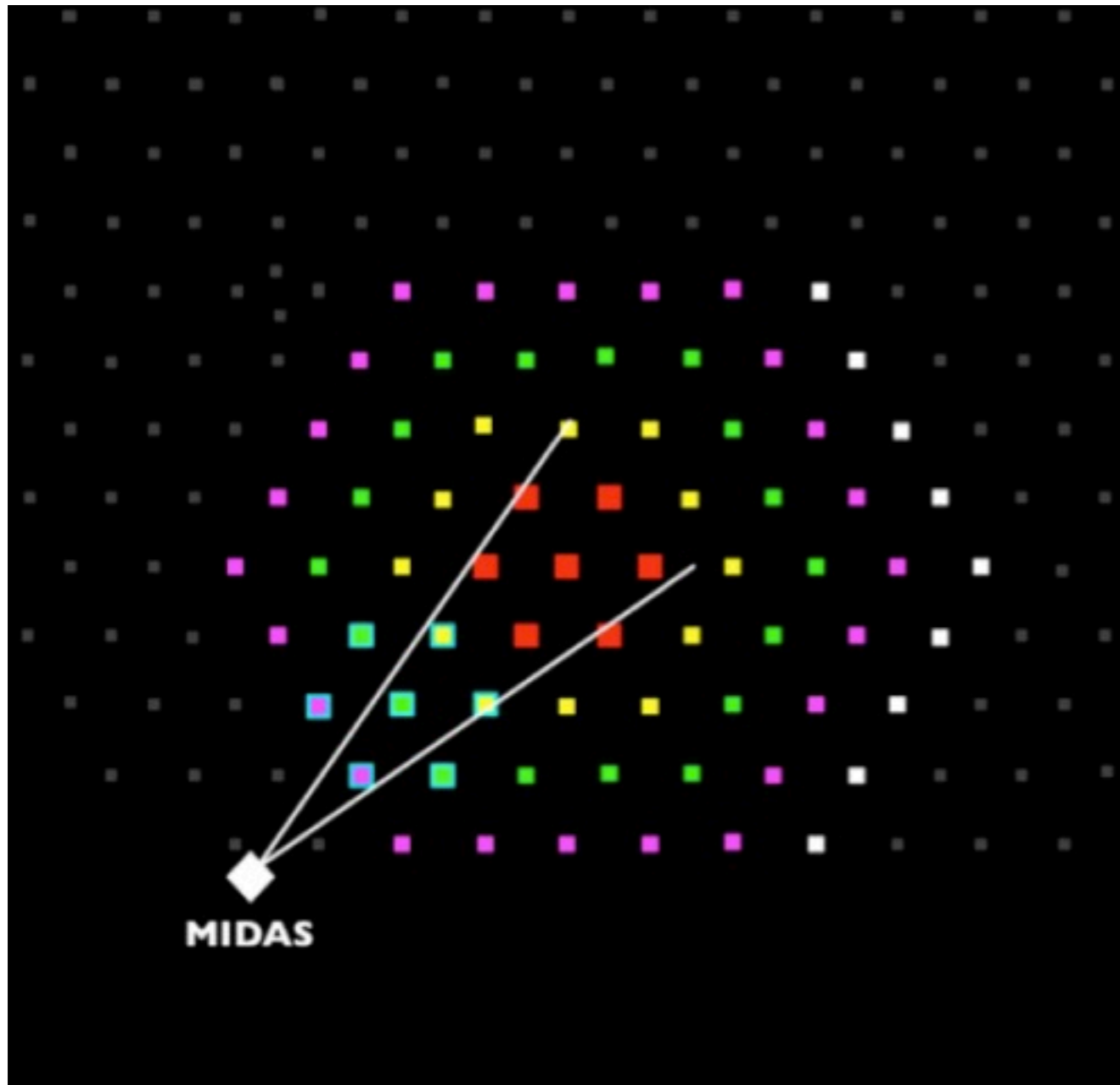
1er Signal : Simulation MBR



$$P_{\text{MBR}} = 2.10^{-12} \text{ W}$$

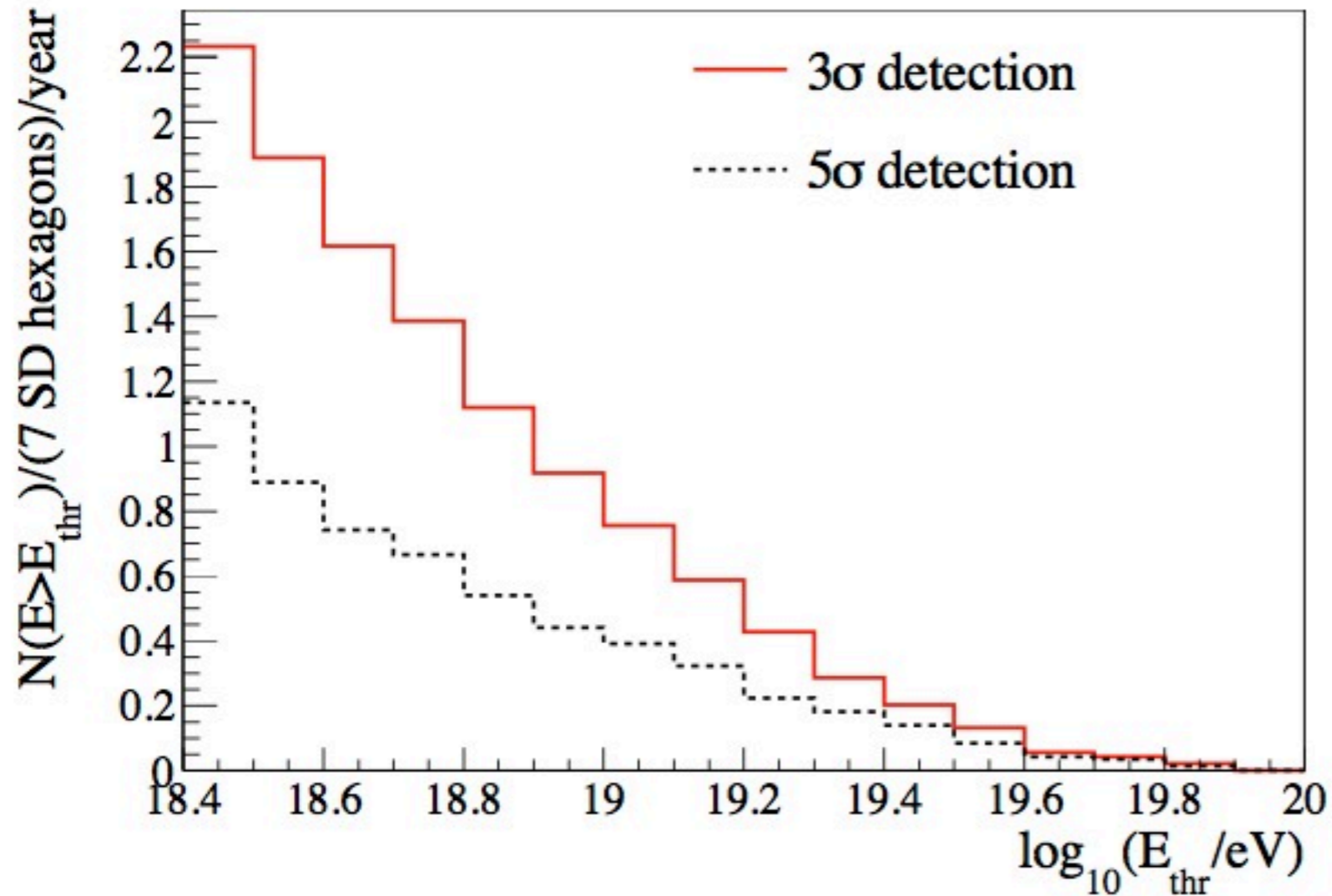
Compatible avec observation

EASIER 61



- Extension à **61** **antennes** prévue début janvier
- Electronique câblée à Grenoble
- tests électroniques et calibration des antennes à Paris

EASIER 61



Prévision dans la configuration actuelle

Avec EASIER 61 : ~ 10 événements/an

Conclusions

Détecteur

- Systèmes fonctionnent (MHz et GHz)
- Stabilité dans le GHz

- Amélioration (température)
- Calibration absolue (Novembre)
- Installation EASIER 61, nouvelles antennes dans le MHz

Données

- **MHz** : Résultats physiques
- **GHz** : 1er signal dans cette bande de fréquence

- Recherche d'événements
- Simulation des rayonnements possibles

Température de l'antenne

Puissance du bruit en sortie de l'antenne exprimé en Kelvin

Simulation

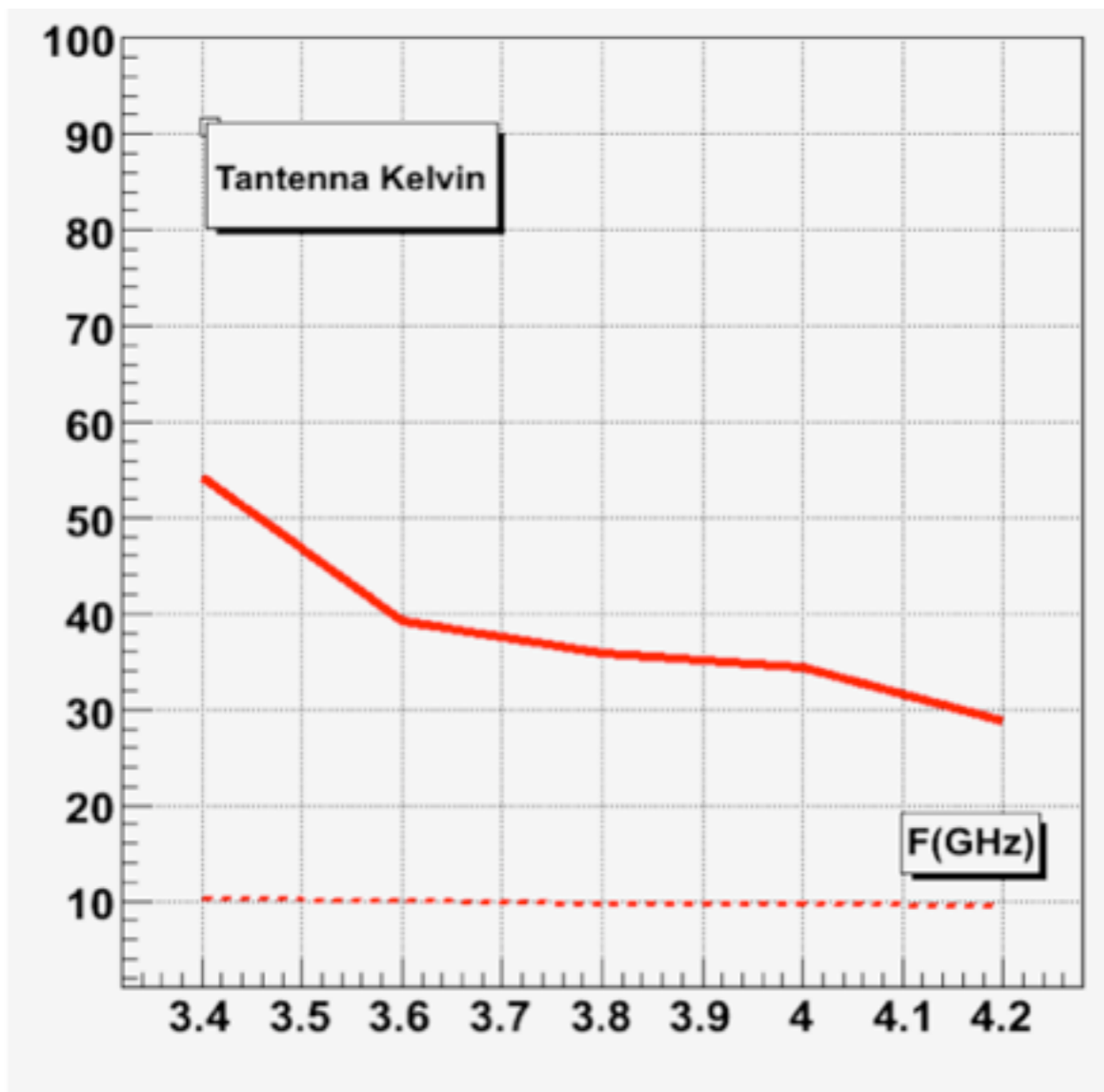
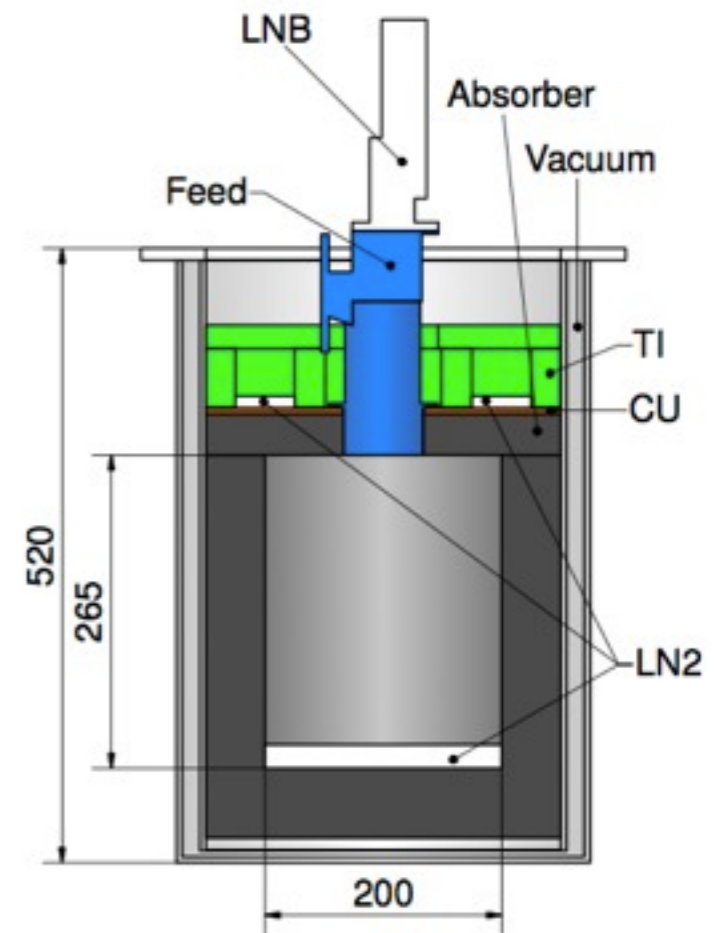


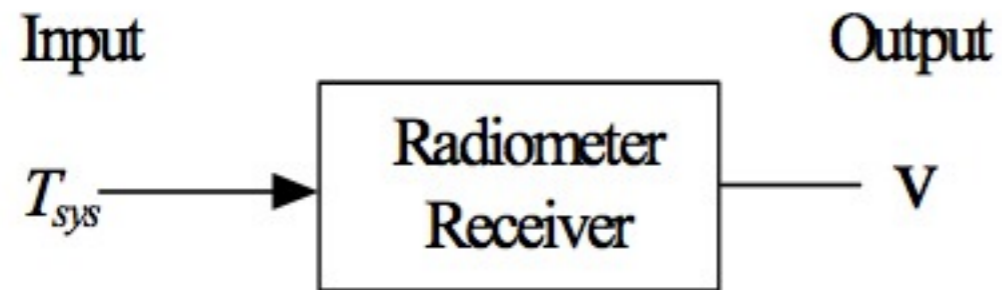
Fig. 4. Upper curve $T_{sky} + T_{CMB} + T_{gal} + T_{soil}$

Mesure (par Karlsruhe)

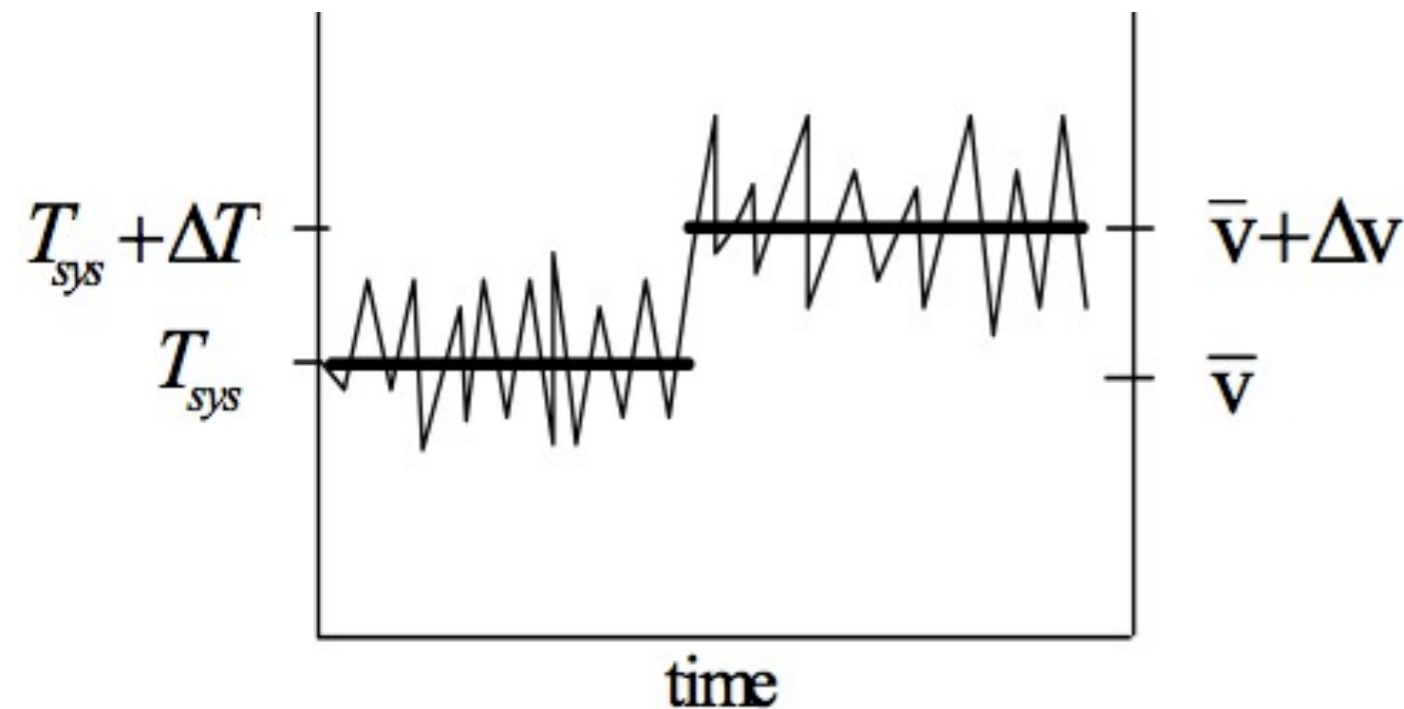


**T mesurée ~ 100K
(70K sans radome)**

Détecteur de puissance



$$\frac{\Delta T}{T_{sys}} = \frac{1}{\sqrt{\Delta \nu \tau}}$$



ΔT : Variation minimum de température détectable
 $\Delta \nu$: Largeur de la bande de fréquence
 τ : Temps d'intégration du système

Conclusions 1ères mesures



- Signal radio stable
- Pas de perturbation

- 1er signal radio détecté dans la bande C
- Besoin d'une meilleure calibration
- Besoin de plus de statistique