

la radioastronomie pour tous

Hervé Dole

Maître de conférences

Institut d'Astrophysique Spatiale

Université Paris Sud 11 & CNRS, Orsay, France

Imaginez ...

○ Des observations astronomiques...

- Effectuées quelle que soit la météo, même s'il pleut, de jour comme de nuit

○ Avec du matériel...

- Peu coûteux (moins de 200E)
- Disponible près de chez vous
 - par exemple dans les supermarchés de bricolage
 - voire même déjà chez vous !

○ Et de nombreuses possibilités...

- D'évolution en sensibilité (électronique) en résolution angulaire (interférométrie)
- D'étudier les astres différemment: météorites, Soleil, Lune, Jupiter, et éventuellement notre Galaxie et quasars

Plan

- 1. qu'est-ce que la radioastronomie ?
- 2. un radiotélescope pour tous
 - 2.1 Le concept LUCIE et RAMEAU0
 - 2.2 Premiers tests à Nançay avec B. Flouret en Juillet 2005
 - 2.3 Premiers résultats
- 3. des radiotélescopes à l'Université
 - RAMEAU à Orsay (Université Paris Sud 11)
- 4. d'autres types de radiotélescopes amateurs

1. Qu'est-ce que la radioastronomie ?

La radioastronomie

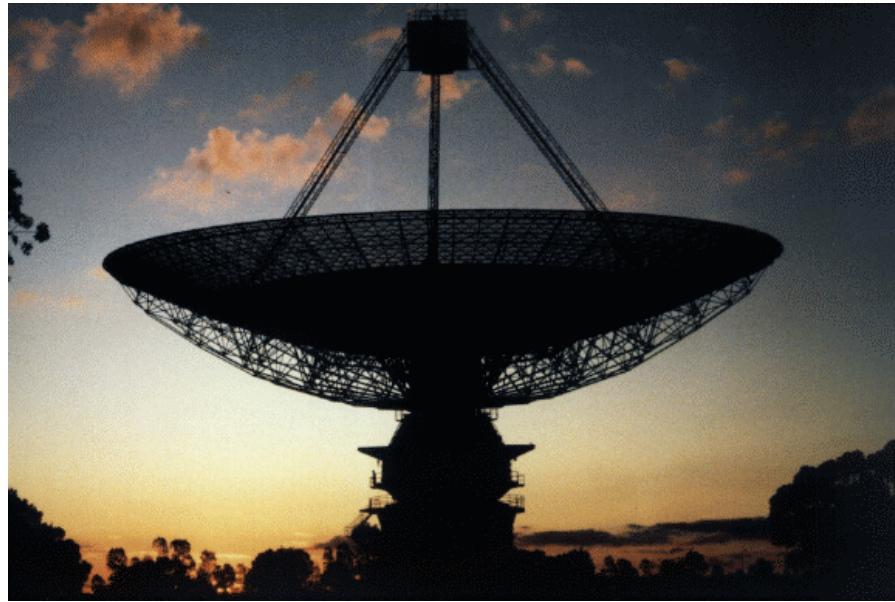
○ L'astronomie des ondes radio

- Longueurs d'onde $\lambda > 300\mu\text{m}$
- Submillimétrique: 300 μm à 1mm
- Millimétrique: 1mm à 1cm
- Centimétrique: de 1 à 100cm
- Etc...

○ Sensibilité à

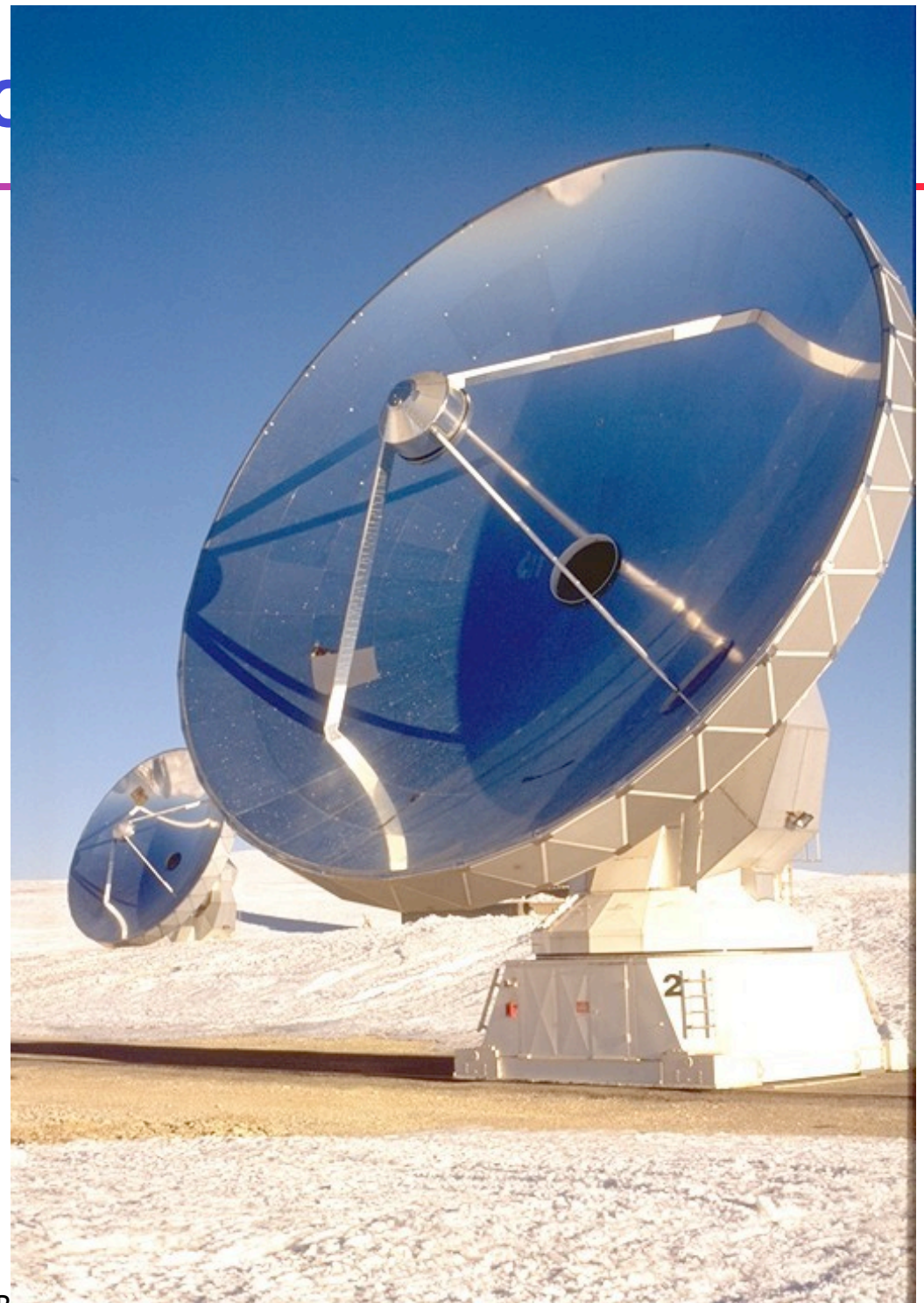
- À l'hydrogène neutre et beaucoup d'autres espèces
- Aux électrons accélérés/freinés
- Plasmas planétaires, disques, formation/fin d'étoile, milieu interstellaire, intergalactique, ...

Les radio



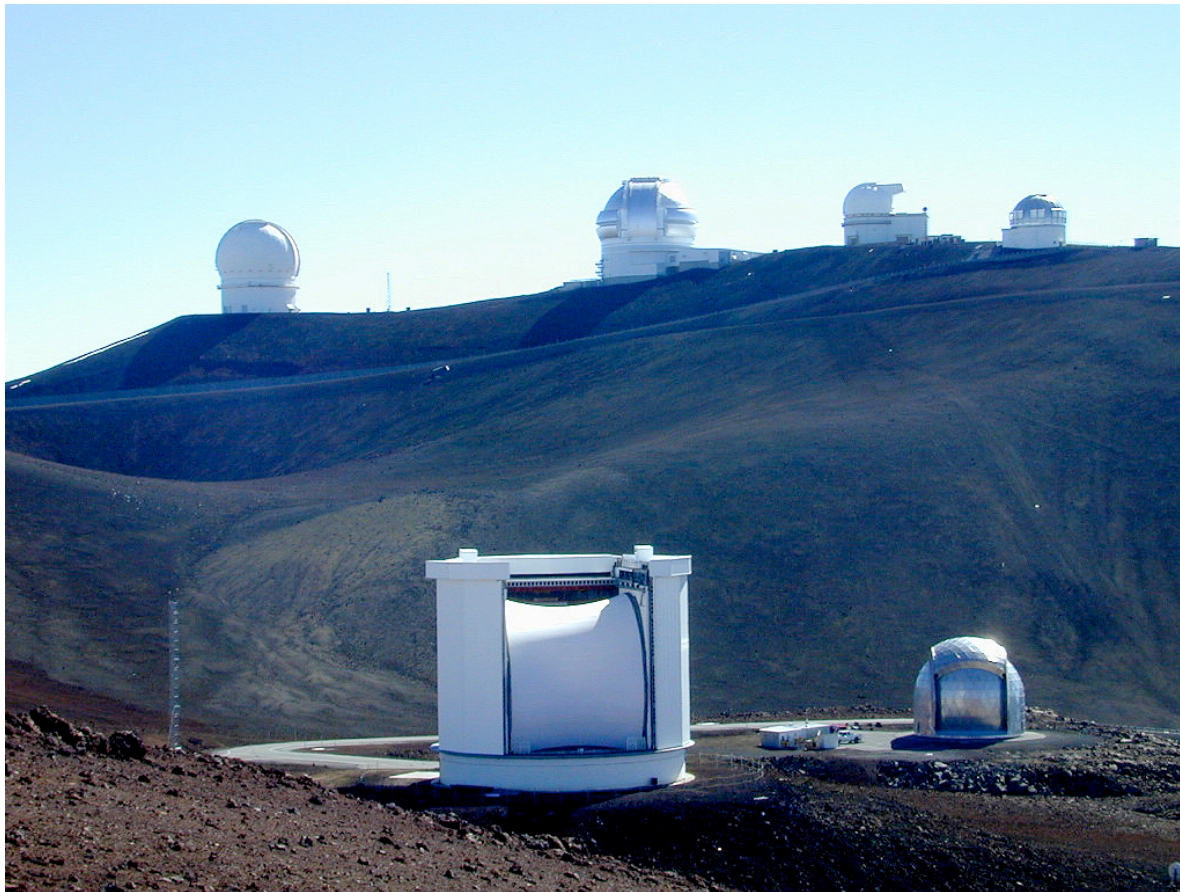
Parkes, Australie

Plateau de Bure, France



Images © H. Dole

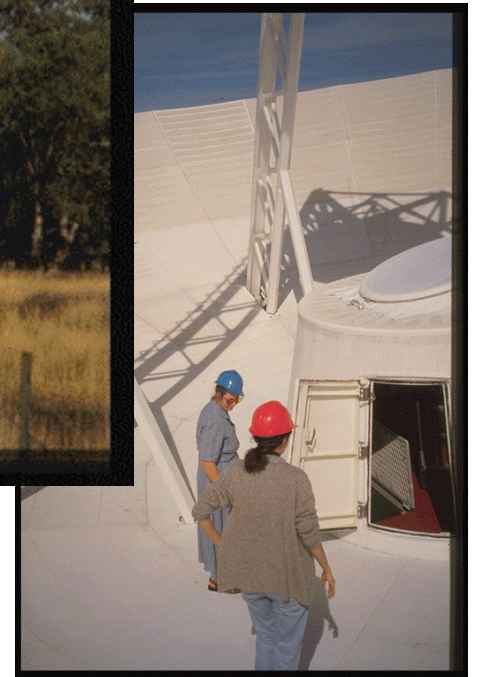
Les radiotélescopes



JCMT [James Clerk Maxwell Telescope]
et CSO [CalTech Submillimeter Observatory]
Mauna Kea, Hawaii, USA



Les radiotélescopes



Australia Telescope Compact Array, NSW, Australie

Images © H. Dole

11-Nov-2006 - RCE06 La Villette

Hervé Dole, IAS - Radioastronomie pour tous

Very Large Array, New Mexico, USA



Image © H. Dole

La radioastronomie

○ Il existe beaucoup d'autres observatoires radio dans le monde

- Nançay (Cher)
- Arecibo (Porto-Rico)
- Pays-Bas
- Allemagne
- Etc...

Quelques résultats de radioastronomie

○ Proche

- Plasma autour de Jupiter

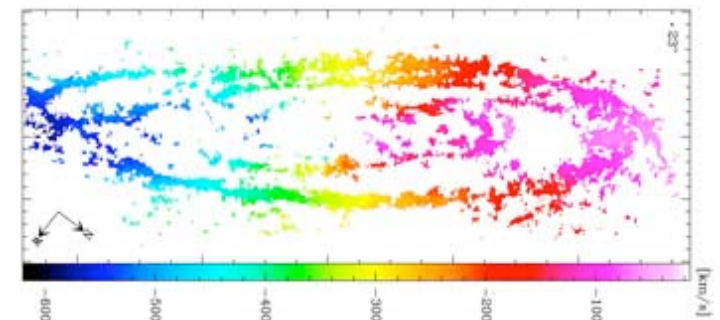
○ Notre Galaxie

- Structure spirale
- Dynamique et composition du milieu interstellaire
 - Notamment identification d'espèces chimiques
- Formation d'étoiles

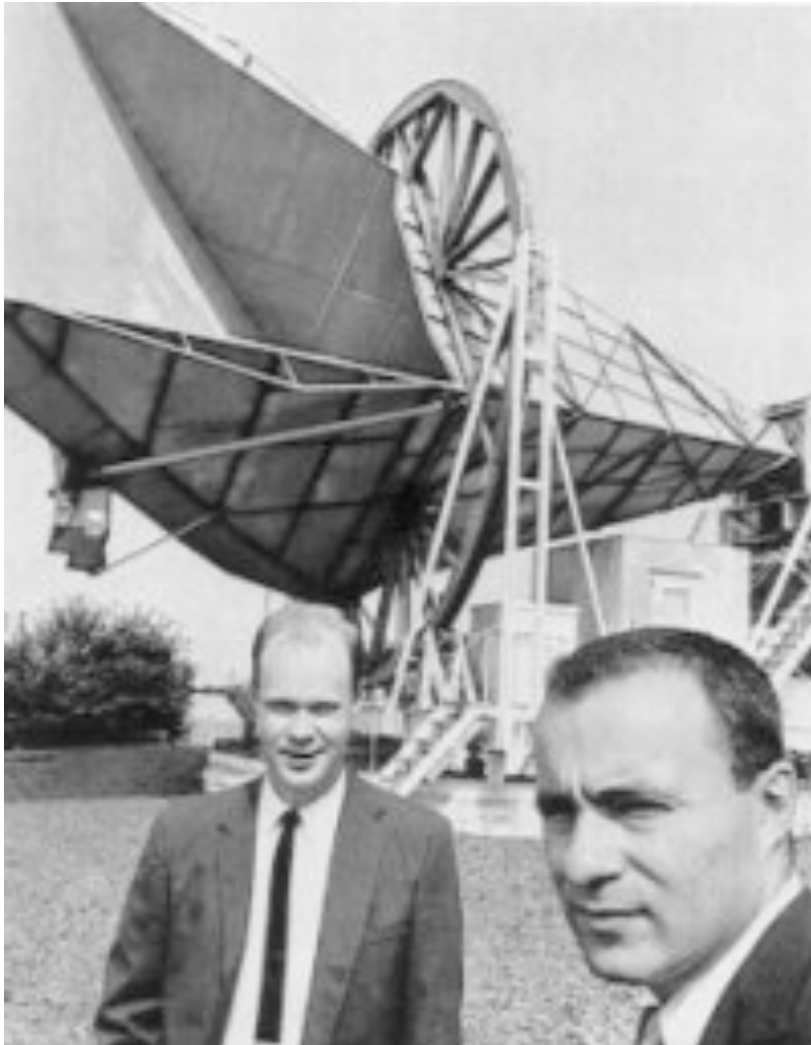
○ Galaxies

- « Magellanic Stream »: pont de matière mesuré en HI
- Nuages moléculaires dans les galaxies proches
- Poussière dans les quasars lointains

M31 en CO. IRAM et MPIA

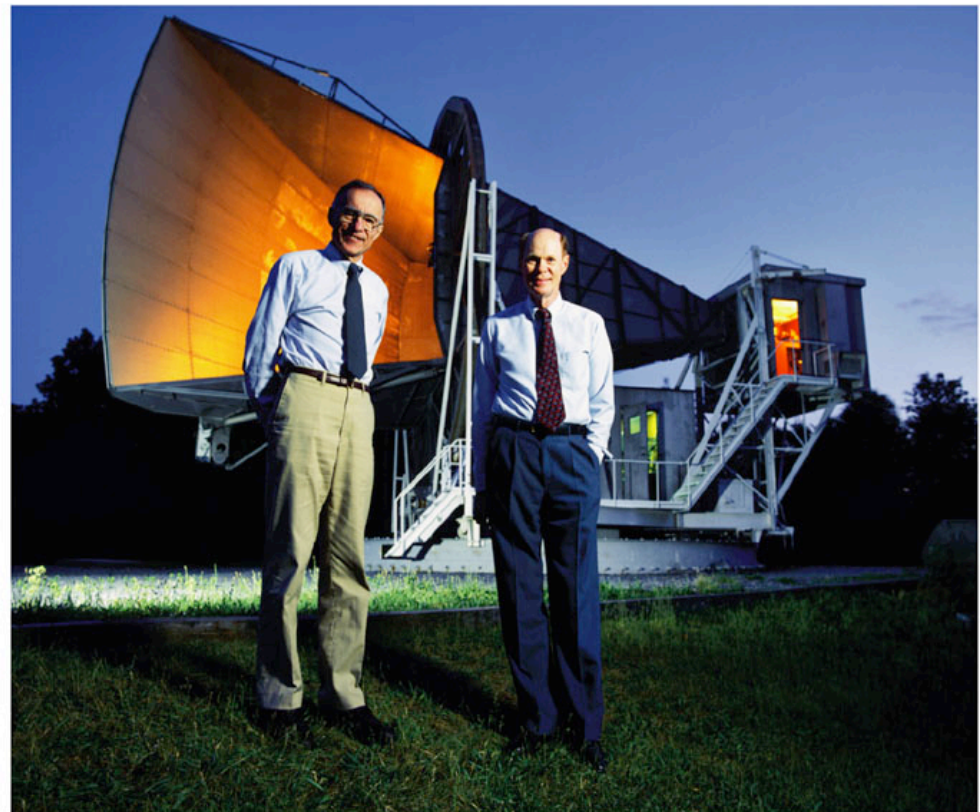


Fond Diffus Cosmologique



Découvert en 1965 par
Arno Penzias & Robert Wilson.

Prix Nobel 1978 "for their discovery of cosmic
microwave background radiation"



Copyright © 2004 Pearson Education, publishing as Addison Wesley.

Dans la suite...

- ❑ je n'aborderai que les observations amateur à haute fréquence (>1 GHz)

- ❑ Il faut savoir qu'il existe de nombreuses autres possibilités d'observation radio du ciel intéressantes avec des moyens très simples, à plus basse fréquence:
 - ❑ Essais de météorites
 - ❑ Activité solaire, sursauts; interférométrie
 - ❑ Plasma autour de Jupiter
 - ❑ Etc...

- ❑ Beaucoup d'information circule sur internet sur tous ces sujets, en particulier sur les groupes Yahoo! suivants:
 - ❑ Radioastronomie_amateur
 - ❑ Astrosoleil

2. Un radiotélescope pour tous

2.1 Le concept

2.1 Le concept LUCIE de B. Flouret

○ Matériel de base

- 1 antenne parabole TV (30E)
- 1 SatFinder (15E)
- 1 alimentation stable 13 à 17V (50E)
 - ou des piles
 - ou au pire ... un récepteur SatTV
- 1 peu de câble coaxial
- 1 trépied bricolé

- 1 carte d'acquisition pour PC (100E)
- 1 vieux PC avec port //

○ Coût

- Moins de 200E !



Le radiotélescope pour tous: LUCIE

○ Radiotélescope ?

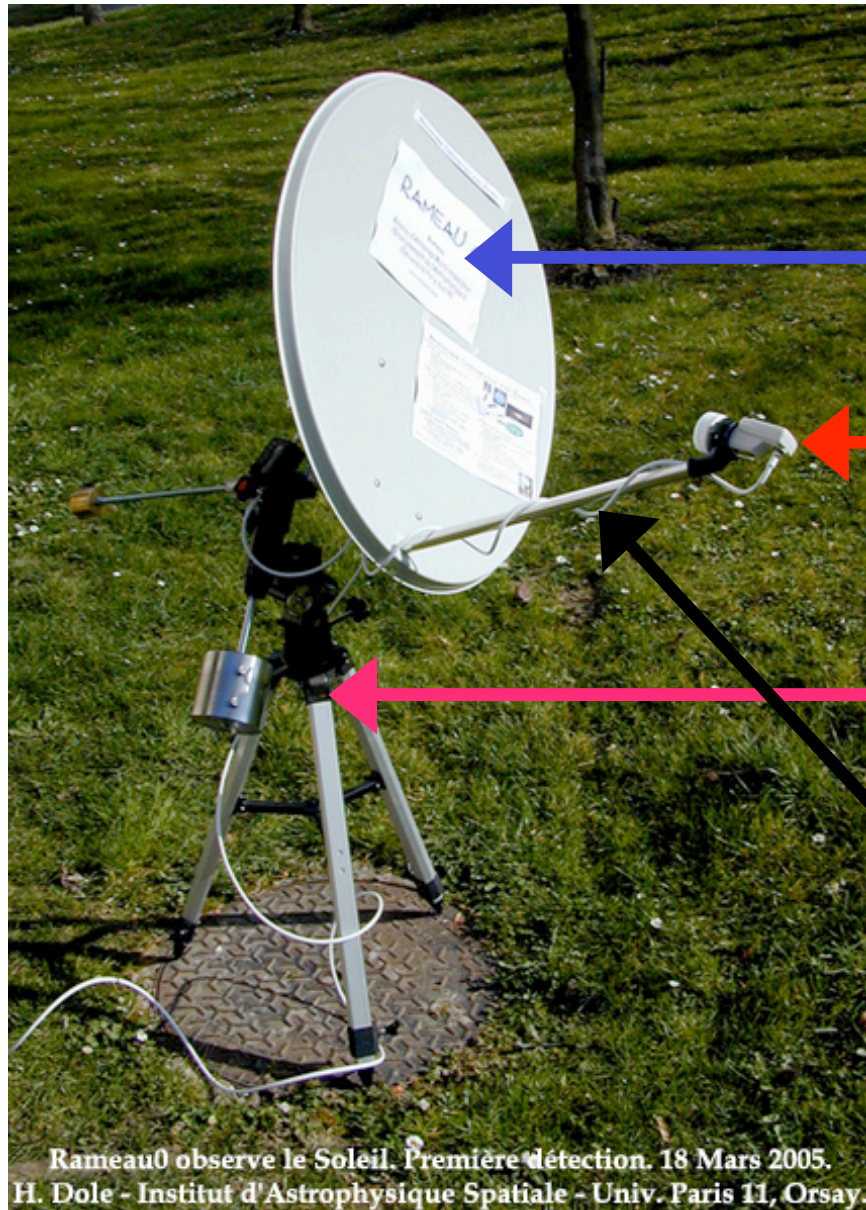
- ❑ Observations à une fréquence de **10 GHz**, ou **3 cm** de longueur d'onde
- ❑ Observations possibles **le jour, même par ciel nuageux ou pluvieux** (on reçoit bien la TV satellite, non ?)
- ❑ Permet de suivre par exemple l'activité solaire

1. L'antenne et le récepteur



Mes collègues: Laurent Pagani (Observatoire de Paris) et Laurent Verstraete (Institut d'Astrophysique Spatiale, Orsay), lors de tests en Février 2005

1. L'antenne et le récepteur



Antenne: parabole satellite TV, de 80cm de diamètre (de 20cm à 1m20 convient): c'est le collecteur

LNB (Low Noise Block): « tête de parabole » standard, si possible 0.3dB: c'est le récepteur du signal

Trépied bricolé ou recyclé, utile pour le pointage. Pas de suivi nécessaire

Câble coaxial: alimente le LNB (12 ou 13V continu) et aussi ramène le signal vers le détecteur (à haute fréquence).

C'est comme pour l'ADSL, où un seul câble transporte 2 signaux différents

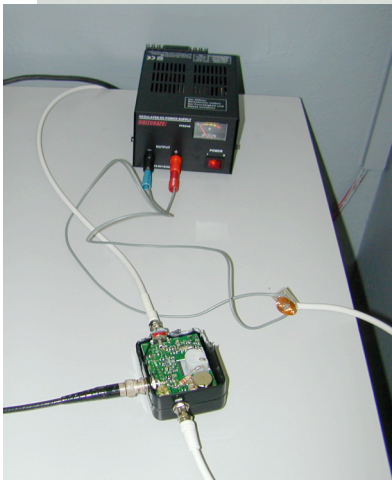
2. Le détecteur et l'alimentation



Le fameux « SatFinder » ou « Satellite Finder », qui transforme en tension le signal arrivant du LNB.

Il faut alimenter le système avec une alimentation stabilisée, avec 13 et/ou 17V.

On peut aussi utiliser des piles ou un petit transformateur, voire un récepteur TV satellite, mais la stabilité risque d'être moins bonne.



3. Observer !



Vers le Soleil

- Pointer le radiotélescope vers le sol
- Régler le gain du SatFinder vers ~5 ou 7
- Pointer le fond du ciel: le SatFinder doit indiquer ~0
- Eviter les satellites géostationnaires ! Ils sont facilement détectés (niveau 9 ou 10)
- Pointer le Soleil: le SatFinder doit détecter le Soleil en indiquant ~5 ou 7.
- En laissant l'antenne fixe, le signal du Soleil doit décroître en quelques minutes, puisqu'il « sort » du champ de vue de l'instrument

- Difficulté: le pointage n'est pas simple car rien ne matérialise l'axe optique dans une antenne hors-axe (ou « offset » ou « off-axis »).

3. Observer !



Pointage avec un CDROM, par Sylvain Weiller
<http://sweiller.free.fr/radioastronomy/RadioastroHome.htm>

On peut également coller sur la parabole un bout d'adhésif transparent

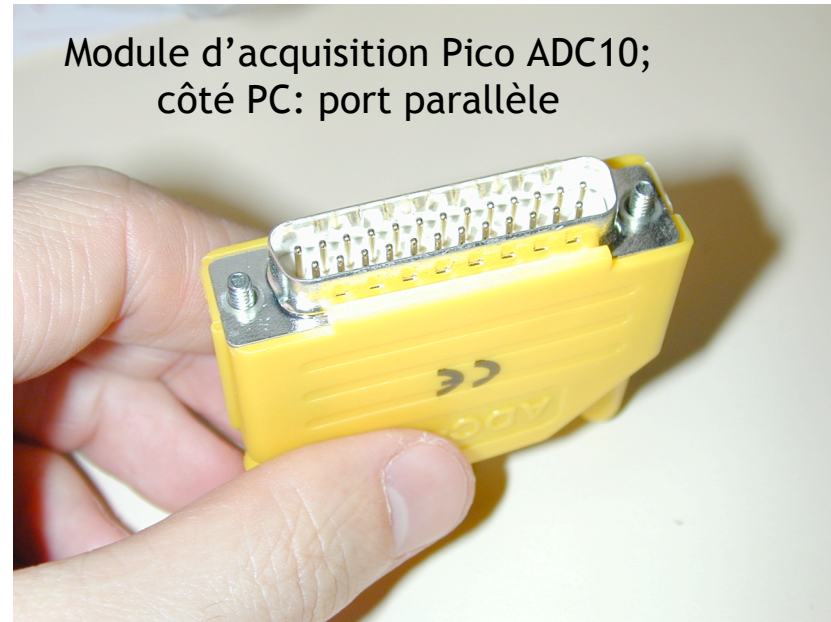
Dans les 2 cas, une image du Soleil se réfléchit, et quand elle apparaît sur le LNB, c'est gagné !

4. Enregistrement du signal

Module d'acquisition Pico ADC10;
côté input: 1 entrée



Module d'acquisition Pico ADC10;
côté PC: port parallèle



Livré avec pilotes et logiciels sur CD.
Logiciels mis-a-jour et drivers linux
disponibles sur www.picotech.com

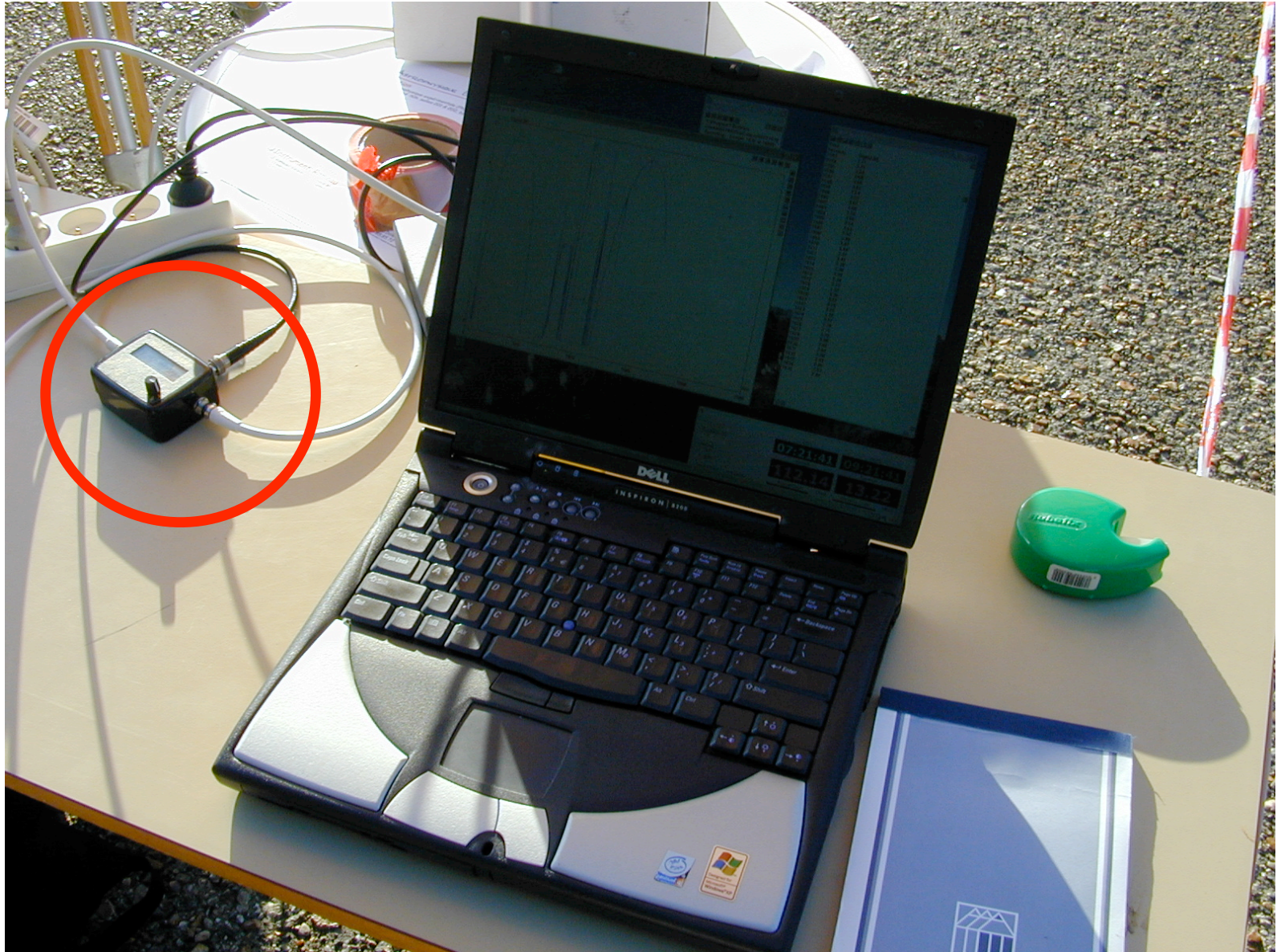
Il faut rajouter une sortie sur le
SatFinder, et la connecter à la carte
d'acquisition.

SatFinder:
Décteur à 1 GHz



+ alim stabilisée

4. Enregistrement du signal



2.2 Tests à Nançay en Juillet 2005 avec Bertrand Flouret

2.2 Tests Nançay: Juillet 2005

Test effectués grâce à
Bertrand Flouret et avec
Pascal Audureau (aphélie)



Tests Nançay - Juillet 2005



Soudure pour la modification du
SatFinder



Connexion du LNB

Tests Nançay - Juillet 2005



SatFinder modifié

Tests Nançay - Juillet 2005

Test de
pointage sur
le sol



Trépied plus pratique: Alt-Az



11-Nov-2006 - RCE06

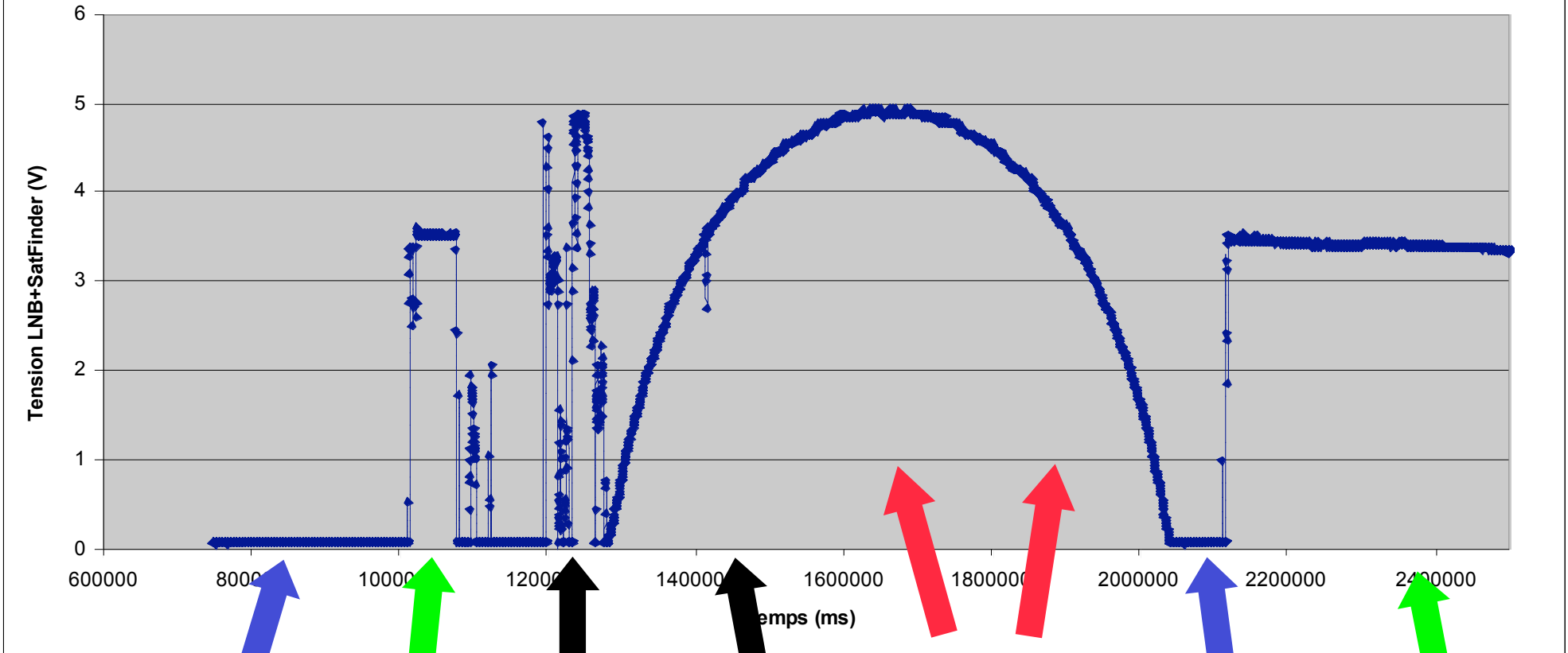
Merci à Guy Artzner, IAS

2.3 Premiers résultats sur le Soleil

RAMEAU0: le Soleil a 10GHz

Dole H., Astronomie Magazine, #77, Mars 2006

Commissioning de RAMEAU0 - le Soleil a 10GHz - 26Aout2005 - H. Dole, L. Verstraete, IAS -
Université Paris Sud 11, Orsay, France .



Fond du ciel Sol terrestre à 300K ~3.5V

Tentatives de pointage du Soleil

Laurent passe devant l'antenne ~-1V

Transit du Soleil à 10 GHz ~4.8V

Fond du ciel

Sol terrestre à 300K ~3.5V Dérive de ~10%

- avec LNB 0.3dB
- Carte Pico ADC10
- Entre 15h et 18h
- Gain SatFinder: 4.0

RAMEAU0 Observe le Soleil a 10GHz

○ Mesure

- ❑ $T=6663 \pm 50\text{K}$
 - ❑ Incertitude largement sous-estimée...
- ❑ Pb de dérive

Eclipse à Orsay: 3 Octobre 2005

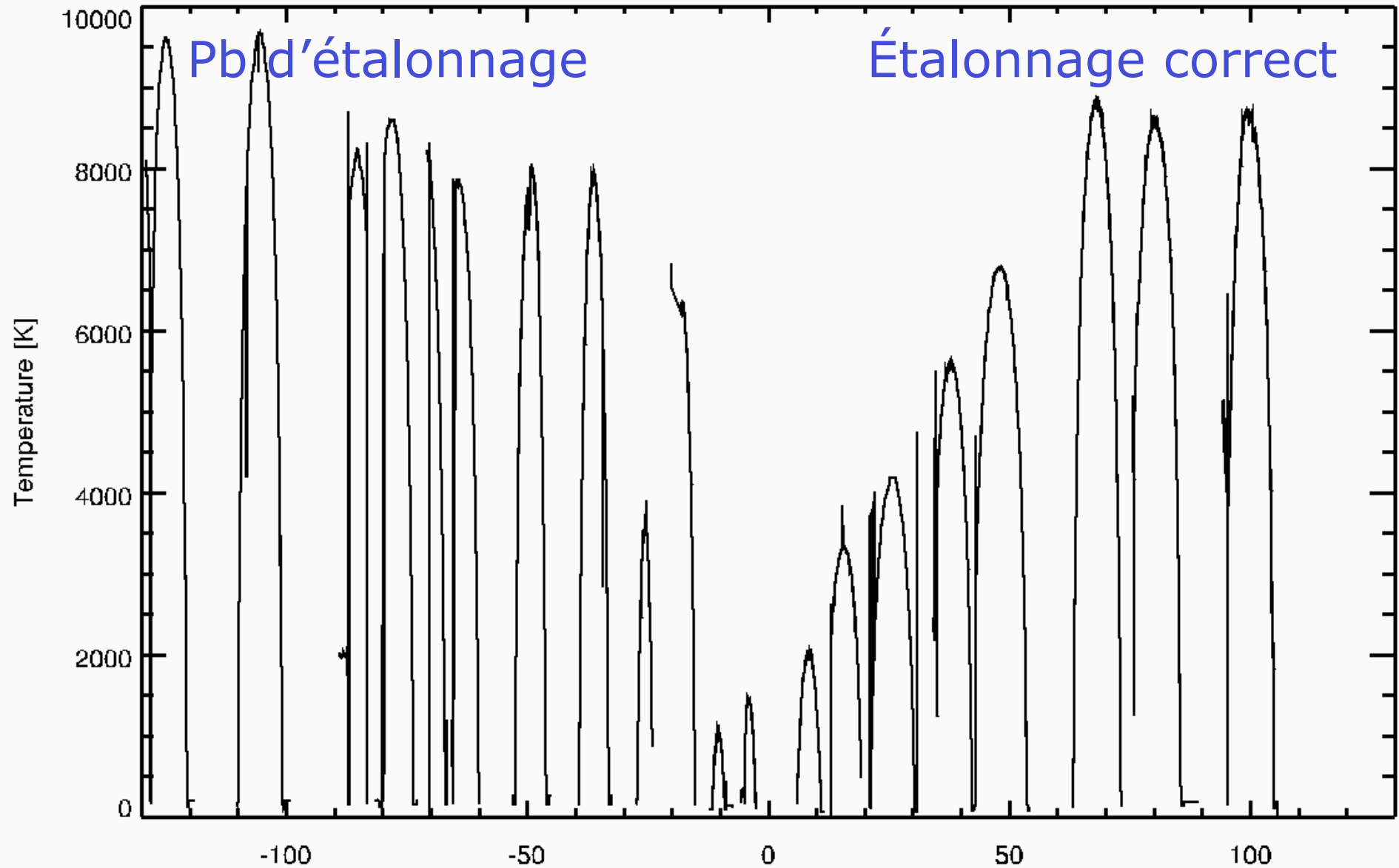


Villette

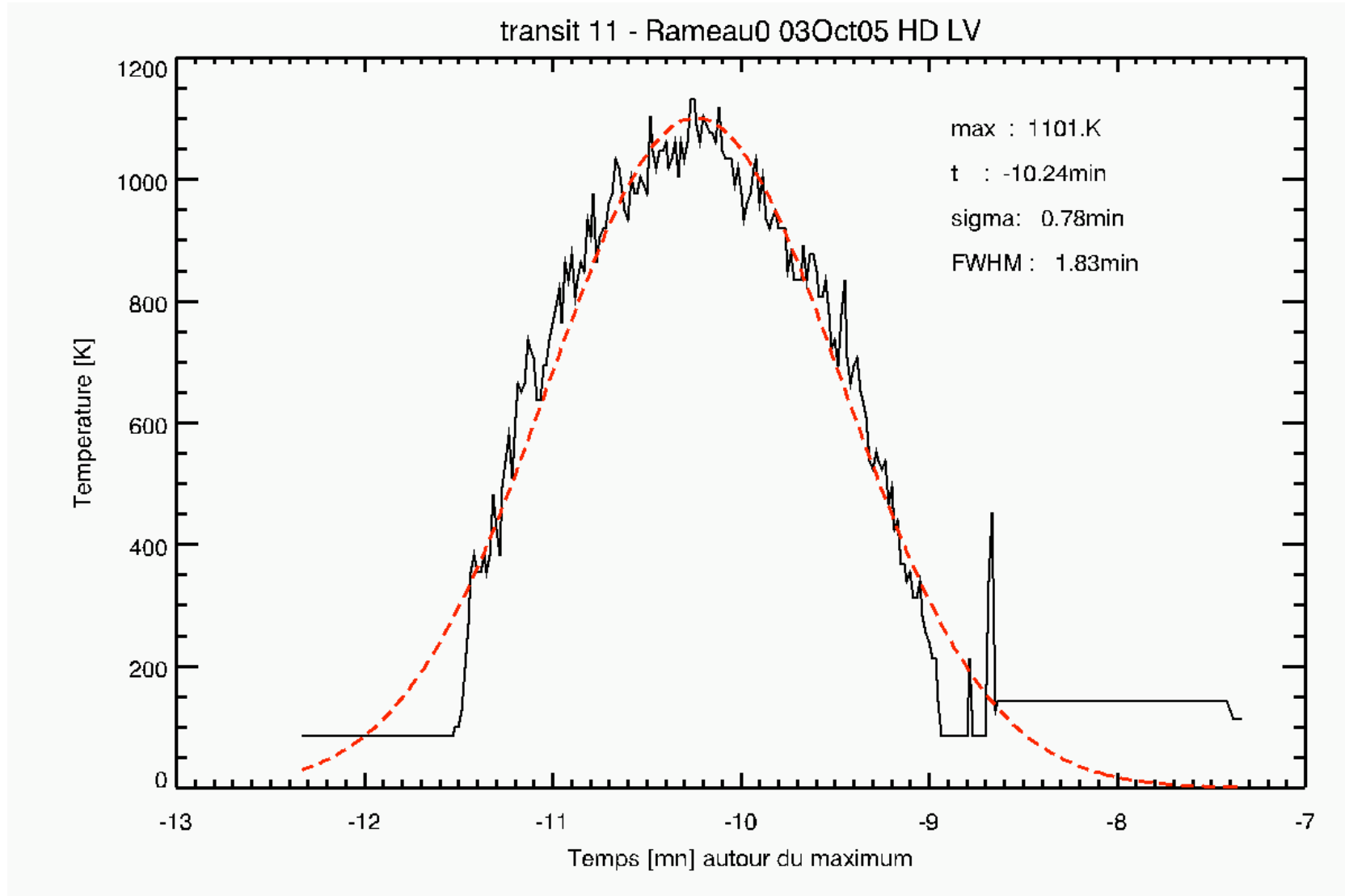


Eclipse à Orsay: 3 Octobre 2005

Rameau0 Eclipse de Soleil Orsay 03Oct05 HD LV



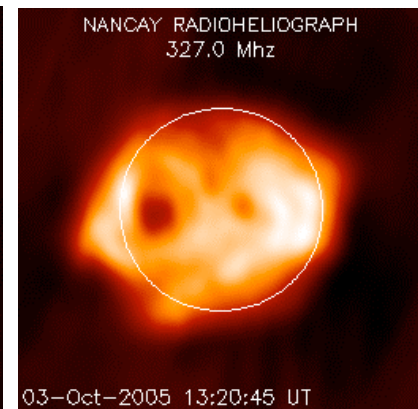
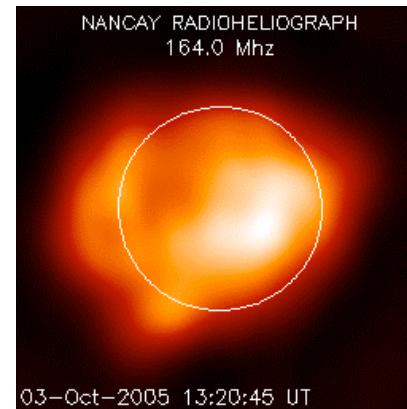
Eclipse 03oct05: Minimum




Dole H., Astronomie Magazine, #77, Mars 2006

Eclipse 03oct05: Résumé

- ❑ Phénomène bien détecté, surtout la 2nde partie
- ❑ Rapport 8.3 ± 0.4 entre le max de l'éclipse et hors éclipse
- ❑ À comparer à un rapport 2.5 dans le visible
 - ❑ Présence d'une région active sur le Soleil !
- ❑ Température équivalente au max: 1060 ± 40 K
- ❑ Température équivalente après: 8800 ± 40 K



- ❑ Archives Soleil: <http://bass2000.obspm.fr>
- ❑ Rapports complets sur:
- ❑ <http://www.ias.u-psud.fr/pperso/hdole/rameau>



3. RAMEAU: des radiotélescopes à l'Université

RAMEAU à Orsay: 10 antennes



RAMEAU: Réseau d'Antennes Micro-onde pour l'Enseignement de l'Astrophysique à l'Université Paris-Sud 11
<http://www.ias.u-psud.fr/pperso/hdole/rameau>

RAMEAU à Orsay: 10 antennes

Les 10 antennes du réseau de radiotélescopes RAMEAU à Orsay. Octobre 2006. H. Dole.



RAMEAU à Orsay: 10 antennes



Vincent Ezratti, Université Paris
Sud 11, Orsay



Ont aussi activement participé au projet:
-Laurent Verstraete [IAS]
-Cyril Murot [Univ Paris-Sud 11]
-Laurent Pagani [Obs Paris]
+ soutien de l'Université + faculté + IAS

RAMEAU à Orsay: 10 antennes

Les 10 antennes du réseau de radiotélescopes RAMEAU à Orsay. Octobre 2006. H. Dole



4 des 10 antennes du réseau de radiotélescopes RAMEAU à Orsay.
Octobre 2006. H. Dole



4 des 10 antennes du réseau de radiotélescopes RAMEAU à Orsay.
Octobre 2006. H. Dole



La salle de contrôle de RAMEAU.

Réseau d'Antennes Micro-onde pour l'Enseignement de l'Astrophysique à l'Université Paris Sud 11 - Octobre 2006 - Orsay - H. Dole.

RAMEAU accueille jusqu'à 20 étudiants simultanément, du L2 au M2.



Visualisation des antennes

Les 2 caméras vidéo sur la terrasse permettent de visualiser le mouvement des 10 antennes depuis la salle de contrôle RAMEAU. Octobre 2006. Orsay. H. Dole.



Ecran dans la salle de contrôle



2 caméras vidéo sur la terrasse

RAMEAU à Orsay: 10 antennes

Des étudiants de M2 Pro "Outils et Systèmes de l'Astronomie et de l'Espace" utilisent RAMEAU.
Réseau d'Antennes Micro-onde pour l'Enseignement de l'Astrophysique à l'Université Paris Sud 11 - Octobre 2006 - Orsay - H. Dole.



RAMEAU: Buts

○ Pédagogique

- Etre dans une situation de projet scientifique dans un contexte astrophysique
- Apprentissage des notions au moment opportun
- Pas de poly; rédaction du manuel d'utilisation

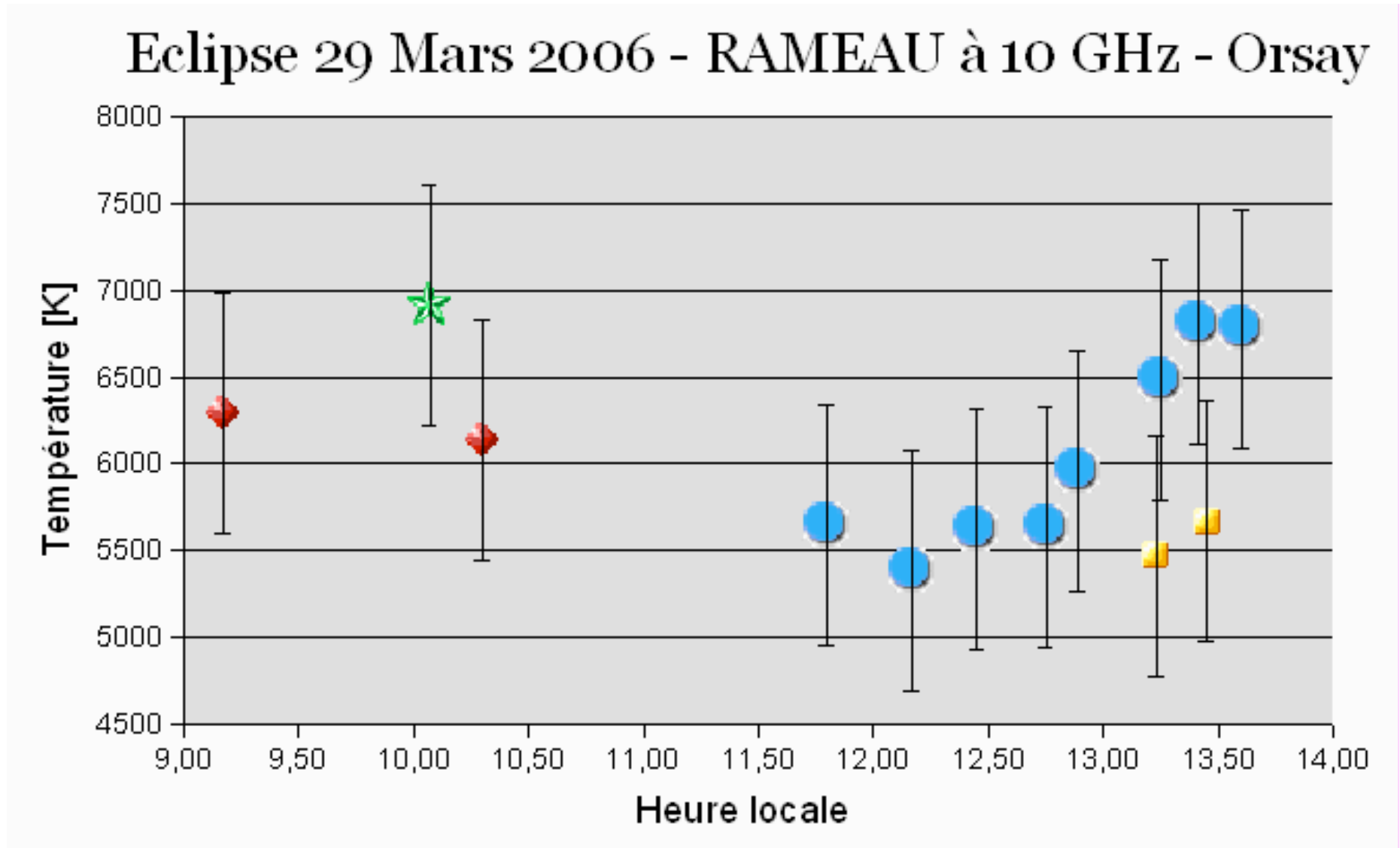
○ Physique

- Optique, électromagnétisme, ondes
- Mécanique (céleste)
- Interaction matière-rayonnement, corps noir
- Astrophysique

○ Autre

- Etalonnage de sous-systèmes de la manip (pointage, détecteurs)
- Détection, mesure et étalonnage d'un signal
- Acquisition et traitement de données
- Débrouillardise !

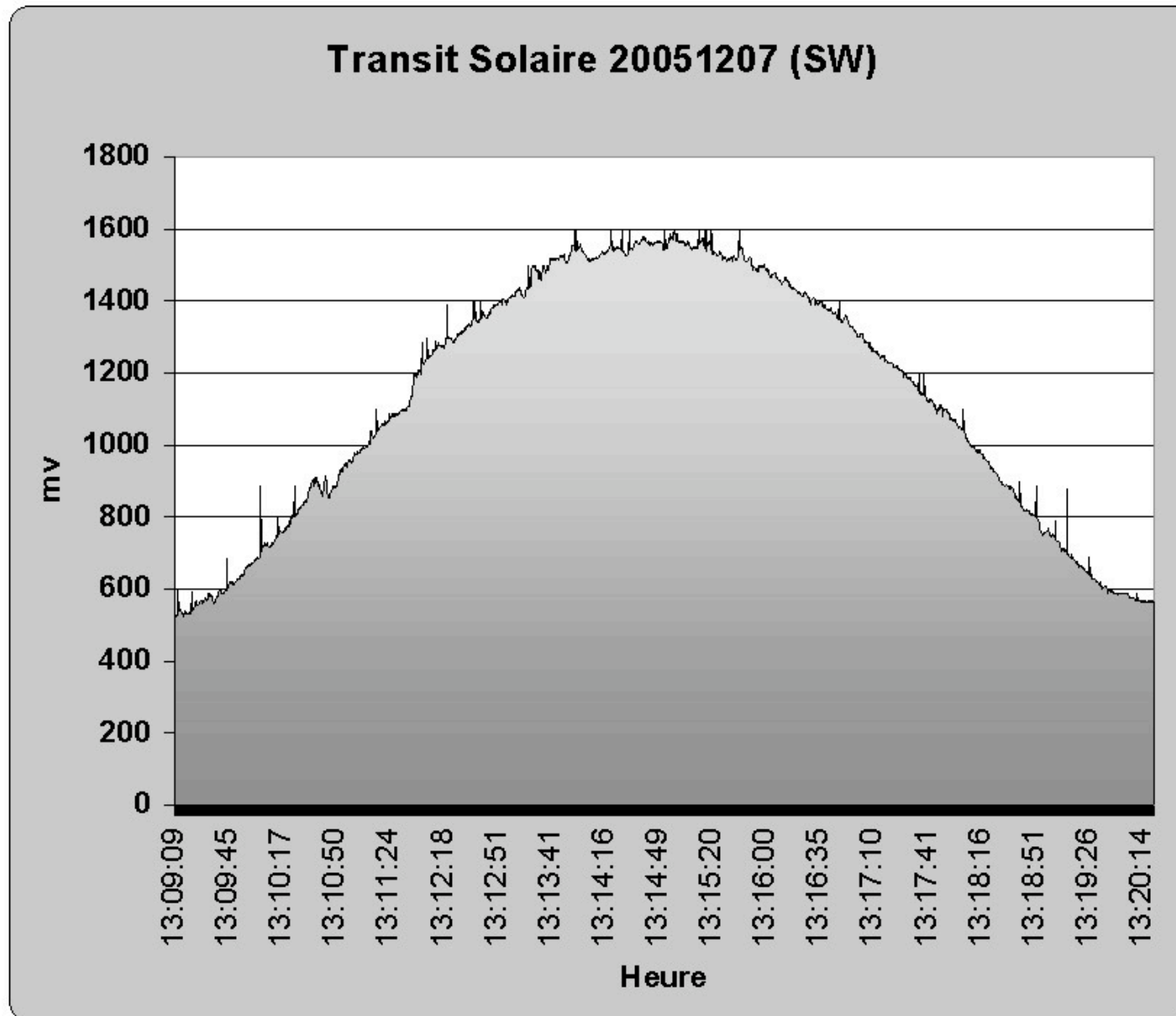
RAMEAU: Eclipse partielle de Soleil



Dole H., Pascal S., Lenoir A., L'Astronomie, #120, Juillet-Aout 2006

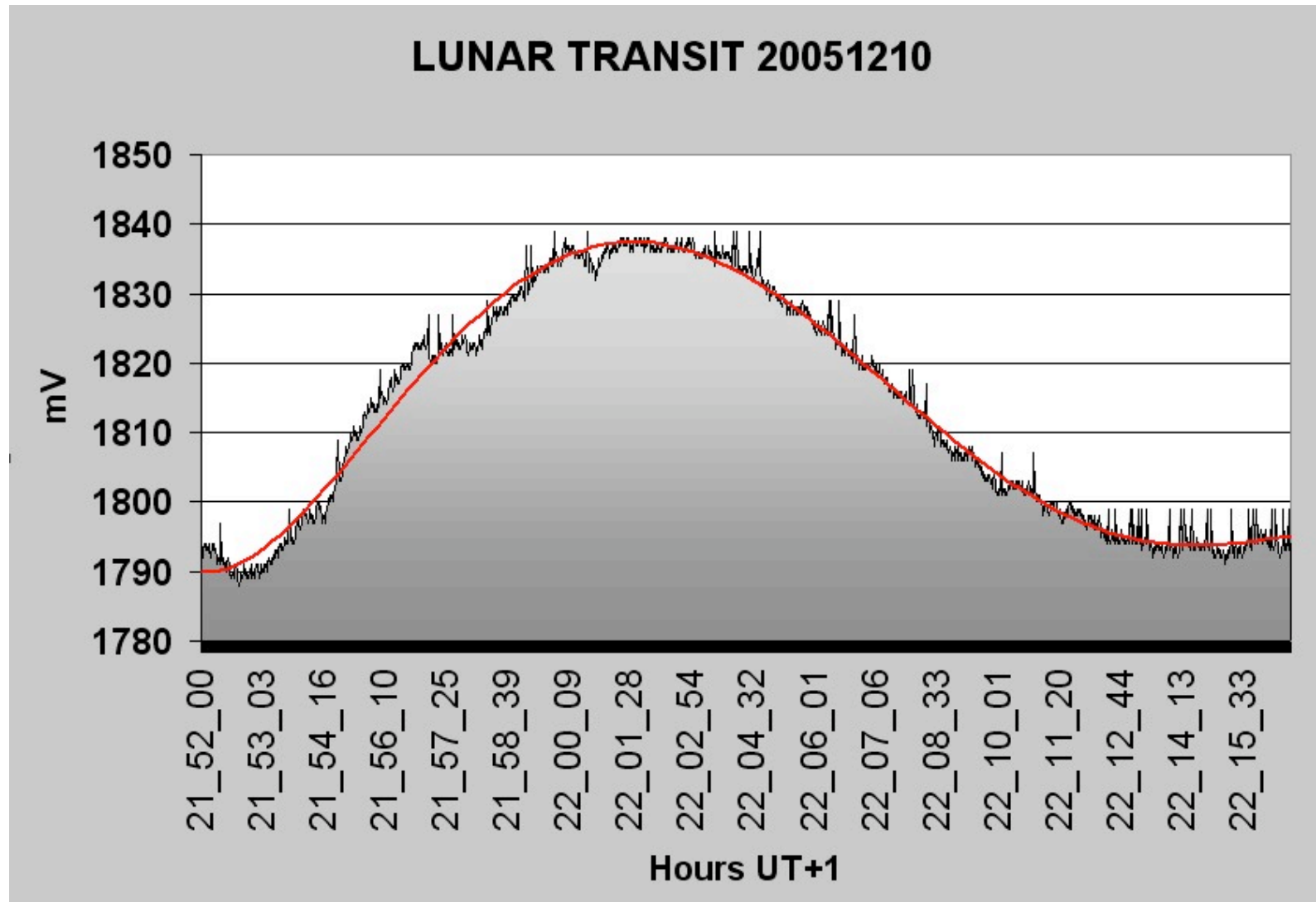
4. Autres radiotélescopes amateurs

RameauBis de S. Weiller: Soleil



<http://sweiller.free.fr/radioastronomy/RadioastroHome.htm>

RameauBis de S. Weiller: Lune



<http://sweiller.free.fr/radioastronomy/RadioastroHome.htm>

Front-end: remplacement LNB

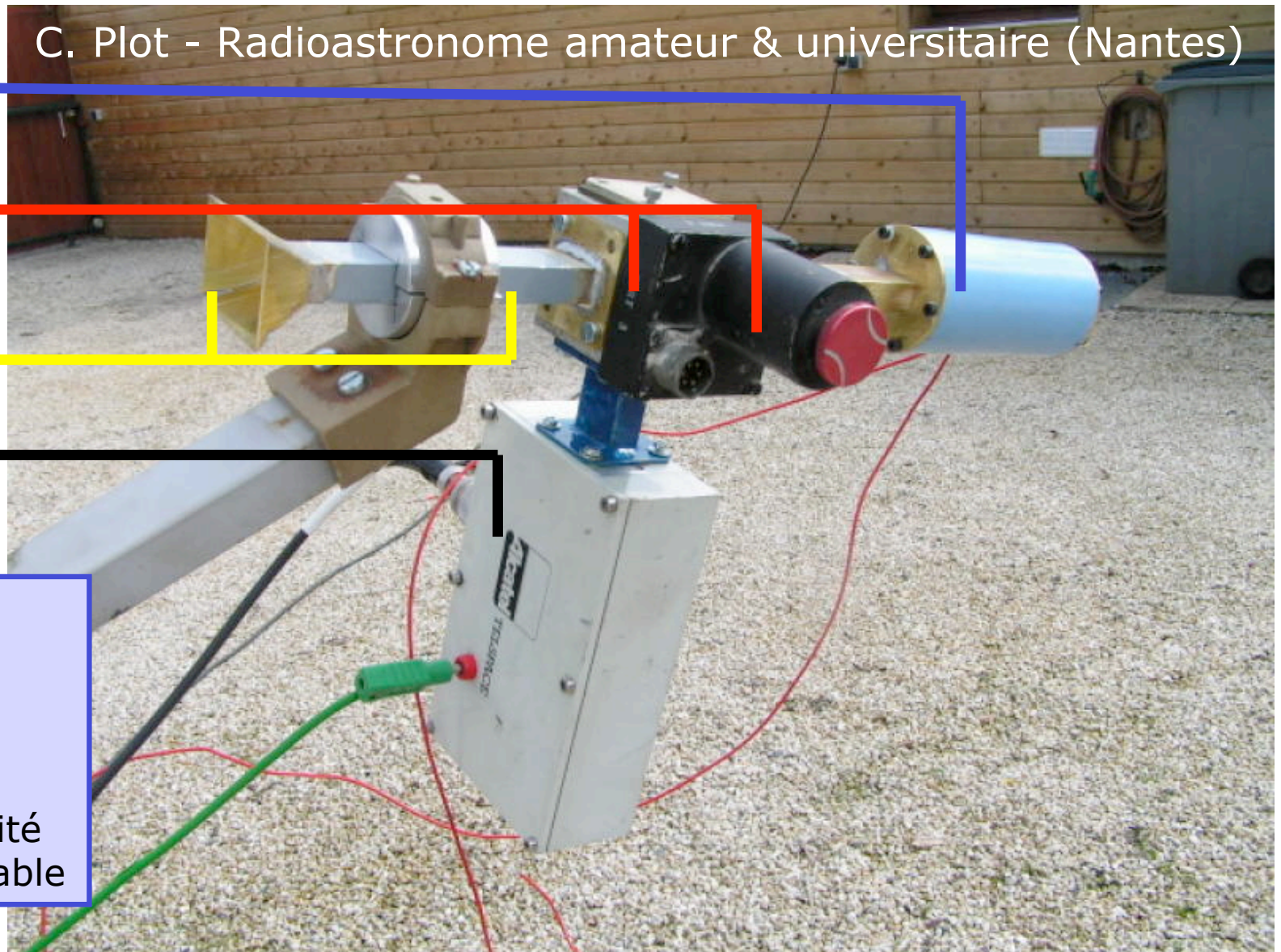
Source de chaleur (~80C) pour étalonnage

Commutateur Ciel/Source

Cornet & Guide

Récepteur & O.L.

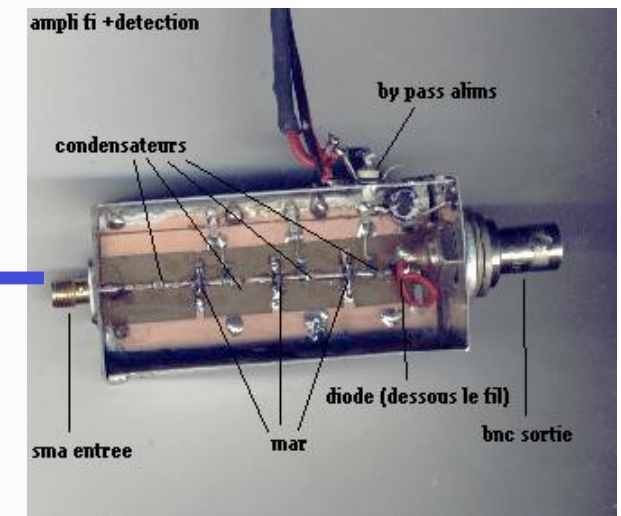
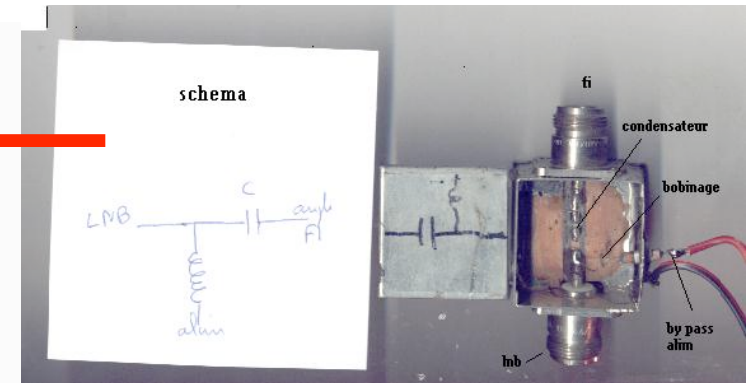
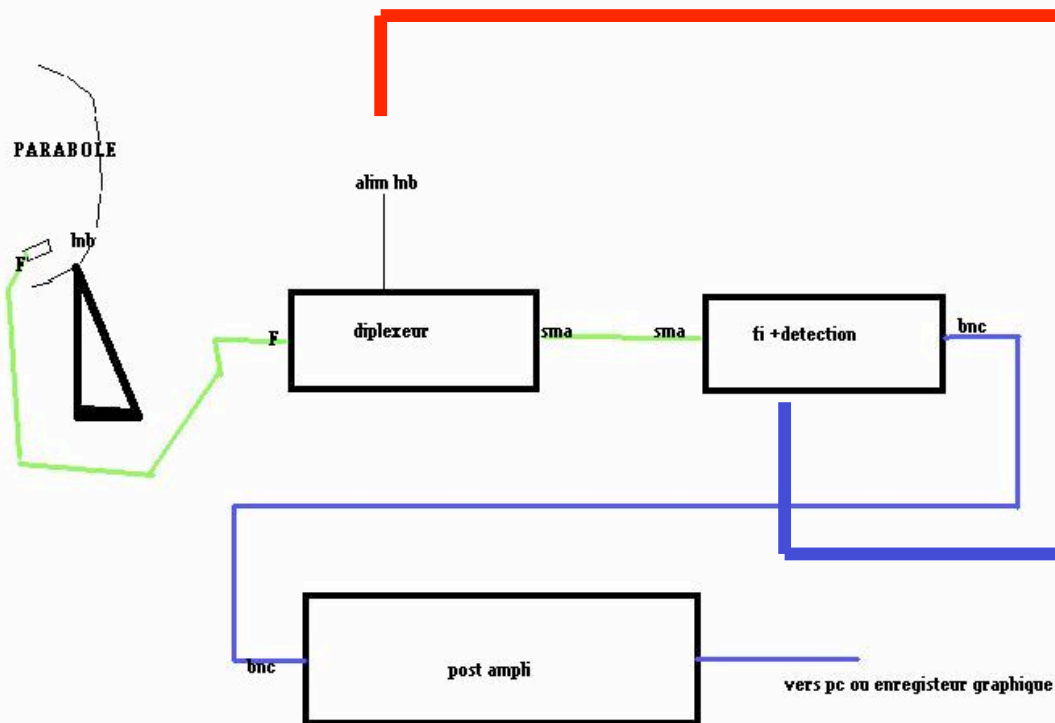
C. Plot - Radioastronome amateur & universitaire (Nantes)



Avantages:
-Faible bruit
-Stabilité
-Excellent étalonnage
-Reproductibilité
-Coût raisonnable

Back-end: remplacement SatF

A. Nierveze: <http://www.radio-astronomie.com/>
SYNOPTIQUE GENERAL



Avantages:
-Faible bruit
-Stabilité
-Reproductibilité
-Coût faible

Eclipse Partielle de Soleil - 12 Oct 1996

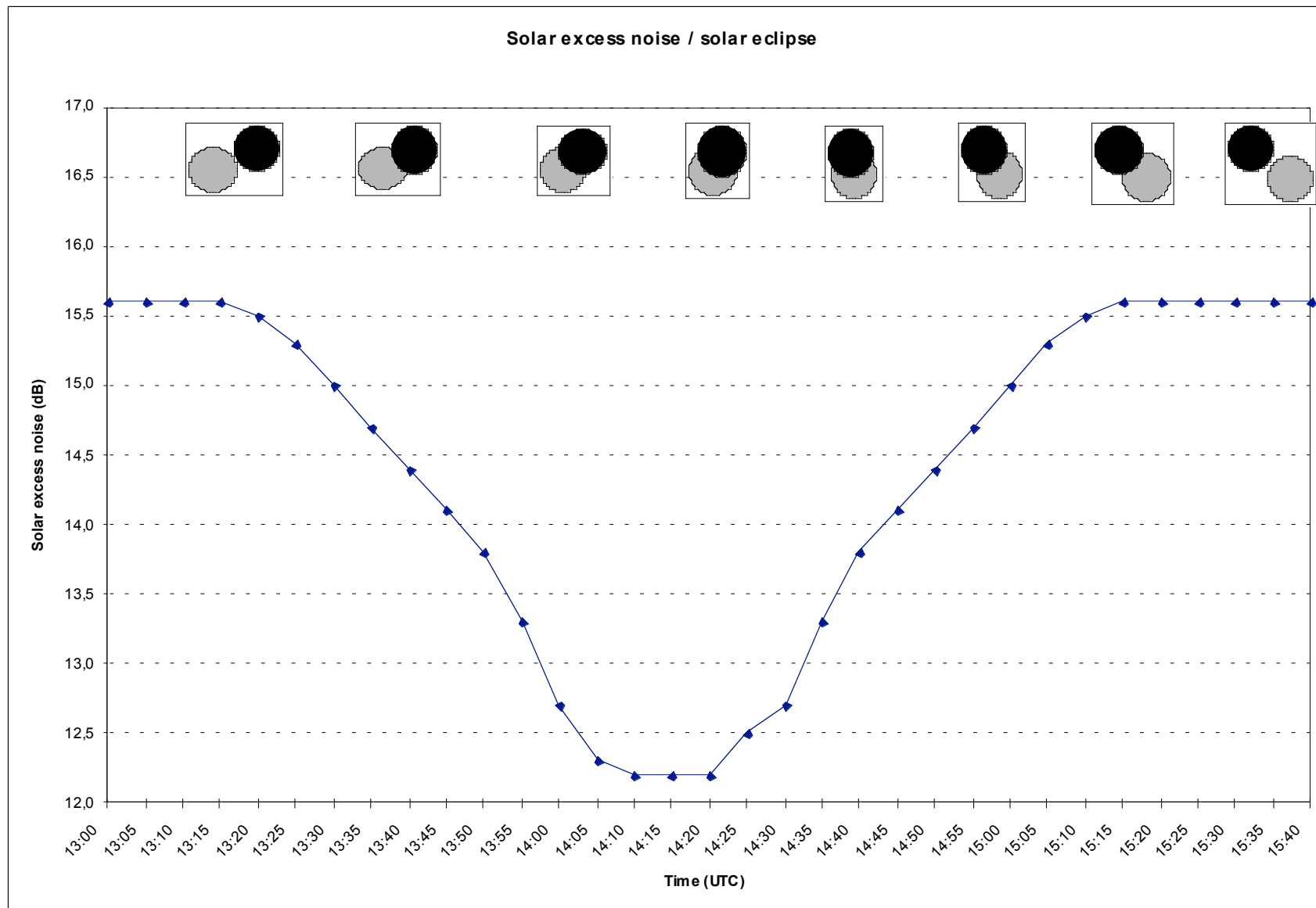
- Antenne parabolique diamètre 3.3m
- Station F6KSX - J-J. Maintoux
- Bande de fréquence : X (10368 MHz = 10 GHz = bande radioamateur)
- Température de bruit système : 100 K (référéncé sur ciel froid)
- Flux solaire : env. 300 sfu => env. 3700 K
- Signal solaire : environ 15.7 dB



La station en poursuite automatique sur le Soleil durant la mesure



Eclipse Partielle de Soleil - 12 Oct 1996



Station F6KSX - J-J. Maintoux - http://perso.orange.fr/f1ehn/pages_f6ksx/eme_sunmeas.htm



Chicago

Avec détecteurs BIMA/OVRO SZ



http://kicp.uchicago.edu/research/highlights/highlight_2005-06-15.html



<http://www.ias.u-psud.fr/pperso/hdole/rameau>

Voir aussi le site de B. Flouret:
<http://astrosurf.com/radioastro>

Merci à B. Flouret, aux personnels de l'IAS et Université, membres d'Aphélie et AAV.

Lire aussi les articles dans:

Astronomie Magazine:

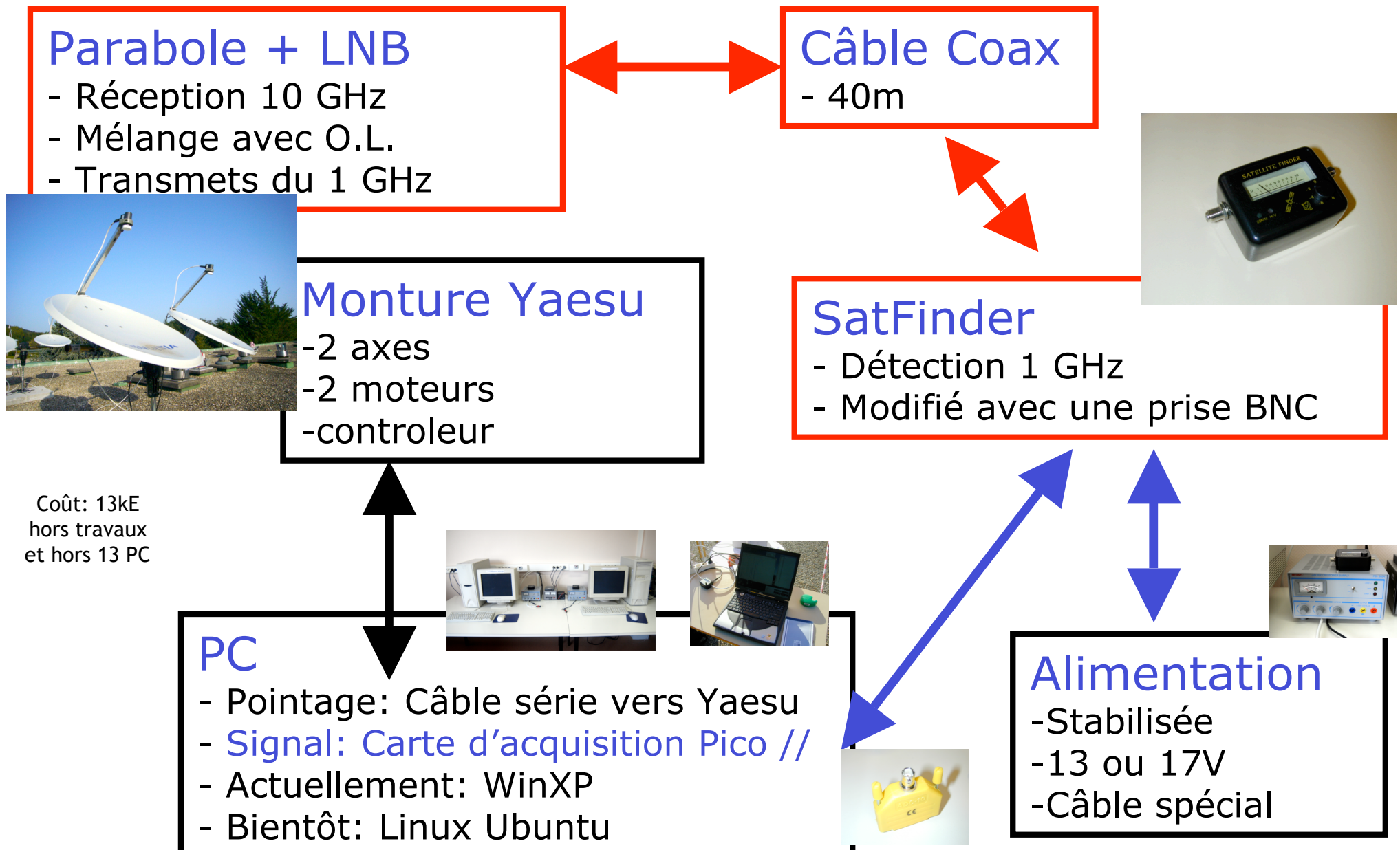
- Mars 2006 [#77] de H. Dole
- Juillet/Août 2006 [#81] de B. Flouret

L'Astronomie

- Juillet/Août 2006 [#120] de H. Dole et al.

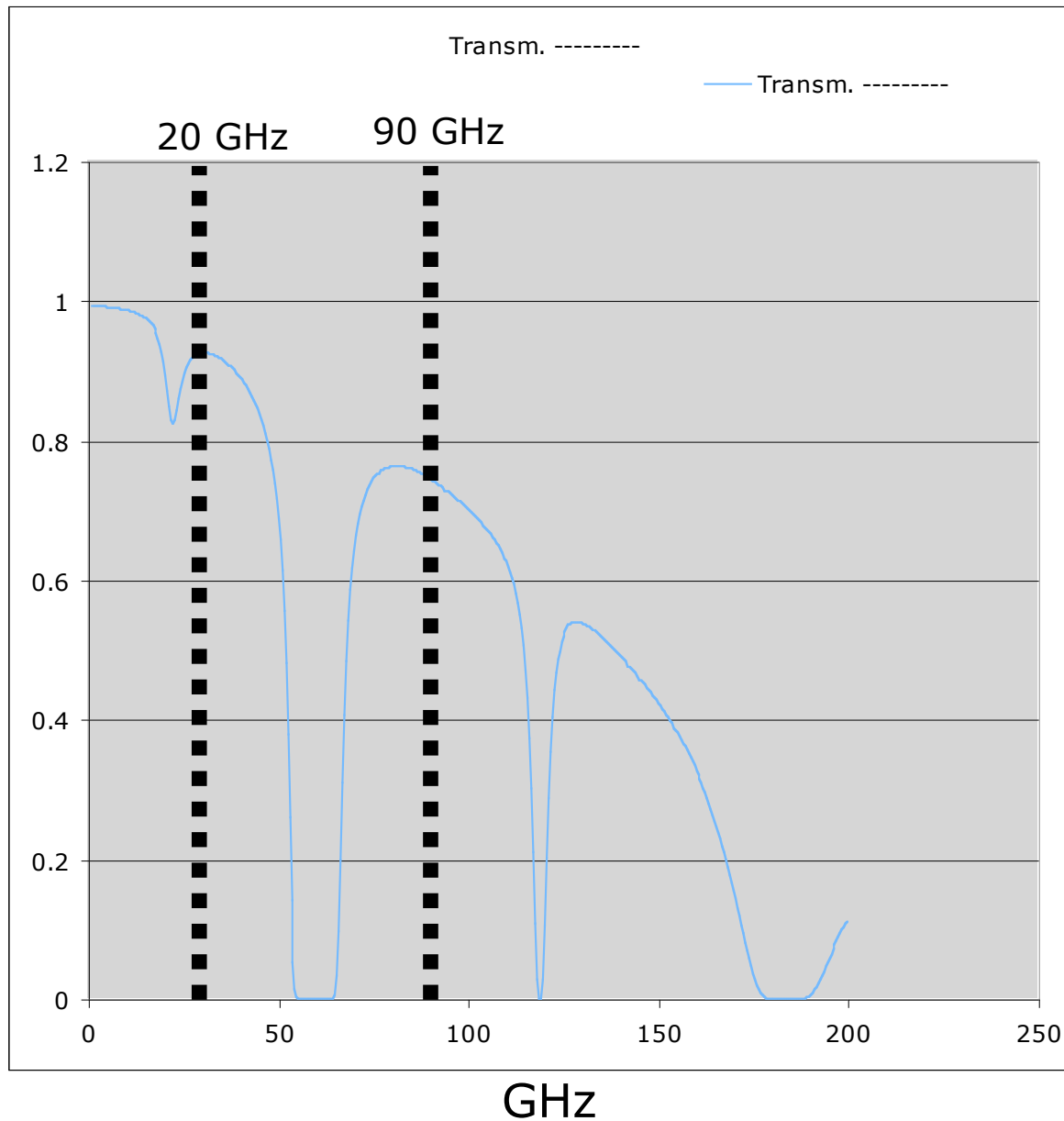
Extra Material

RAMEAU: Fonctionnement



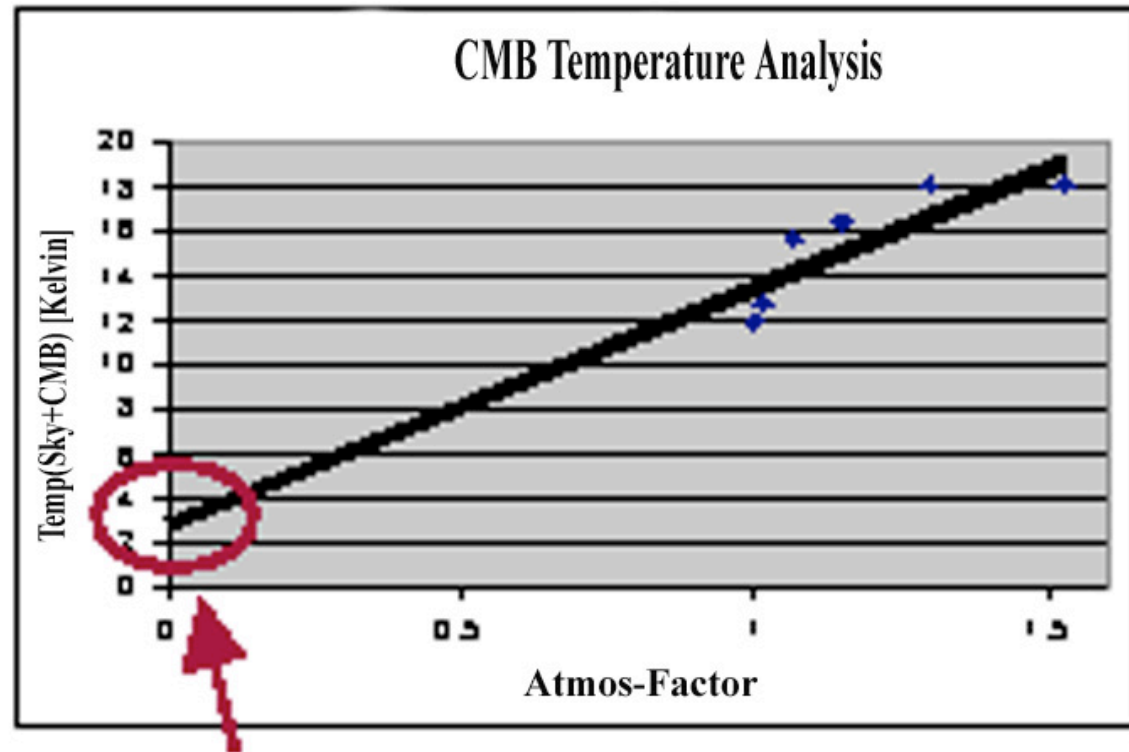
CMB

Transmission Atmosphérique



CMB

http://kicp.uchicago.edu/research/highlights/highlight_2005-06-15.html



Extrapolating to where the atmosphere does not affect the measurement, students find the temperature of the Cosmic Microwave Background to be ~ 3K.

RAMEAU, Février 2006

Hervé Dole et RAMEAU09 et RAMEAU10 sur la station 5,
lors de l'installation de RAMEAU, le 13 Février 2006 à Orsay.
Photo: V. Ezratti.

