

# Initiation à la radioastronomie

Compte rendu d'observation du 15/04/2017

Le but est de découvrir le rayonnement invisible présent autour de nous et émis par les astres comme le soleil, puis de faire une petite application numérique (en annexe) pour estimer les grandeurs physiques mesurées.

Sont présents : Michel et son petit fils, Régine, Giulia, Jean, Willy, Anne, Jean-Marc, Virgile et moi même.

## Matériel :

Réflecteur parabole offset.

Monture EQ6 GOTO

Capteur : LNB avenger ( 11Ghz )

Récepteur : RAL10 + ordinateur

Observation du soleil AD1h34' DEC+9°53'

Lieu : SLA Vandoeuvre 48°39'49.9"N 6°09'29.0"E.

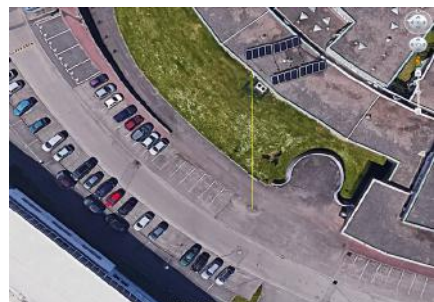
Metéo : Ciel est nuageux et venteux



La mise en station se fait à la boussole et à l'inclinomètre et grâce des repères physiques visibles sur google earth. Le trait jaune représente la direction du nord.

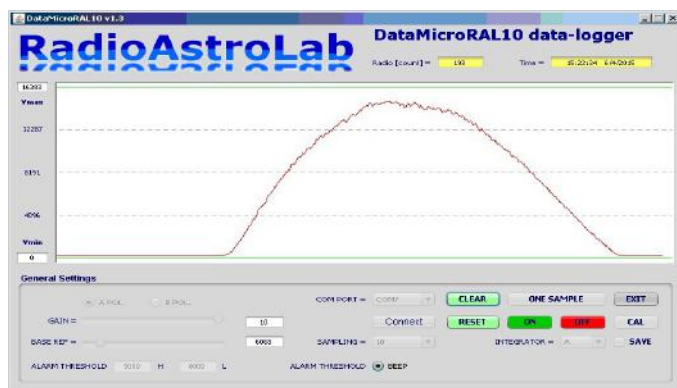


Jean et Michel en action



## Comment est réalisée l'observation :

Le récepteur RAL10 fonctionne avec un logiciel qui permet de visualiser la mesure à l'écran sous forme d'une courbe fonction du temps. L'énergie collectée sur la parabole est numérisée (quantifiée) et ces données sont enregistrées dans un fichier à la fin de chaque écran. Comme ci dessous



```
DataMicroRAL10
Sampling=5
Guad=2
Ref_Base=0
Integrator=0
Polarization=A
Threshold_L=0
Threshold_H=0
Date=15/4/2017
```

```
TIME RADIO
10:47:33 9427
10:47:33 9401
10:47:34 9382
10:47:34 9379
...
```

les fichiers de chaque écran sont mis bout à bout pour donner le fichier final de l'observation. On y retrouve le temps TIME (heure:minute:seconde) en abscisse et la valeur numérique RADIO en ordonnée qui correspond à la mesure. Pour finir un tableur comme EXCEL permet de représenter graphiquement notre observation.

## Qu'observe t on ?

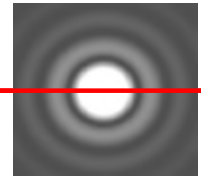
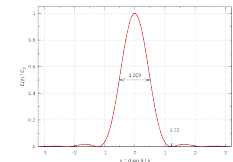
On ne peut pas faire une image avec ce matériel. Il n'y a qu'un capteur sur notre radiotélescope qui fonctionne à la longueur d'onde de 2,7cm.

*Voir annexe calcul de la longueur d'onde.*

Pour comparaison sur un télescope optique on utilise plusieurs millions de capteurs et la longueur d'onde est de l'ordre de 500nm.

On réalise une mesure physique qui s'apparente à de la photométrie.

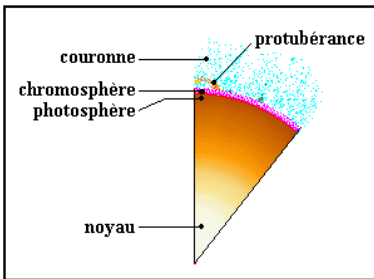
Comme pour les instruments d'optique on observe une tâche de diffraction.



## 1°) Observation du soleil (AD 1h34' DEC+9°53')

La qualité de la mise en station est très moyenne mais le soleil est trouvé assez rapidement sous les nuages grâce à Michel.

A 10h51 le soleil est centré dans le télescope (valeur 9750), on coupe le moteur de la monture. Le mouvement diurne fait sortir la source du télescope dévoilant ainsi une moitié de tâche de diffraction, jusqu'à atteindre le plancher (valeur 5000) ou « ciel froid » dans le jargon de la radioastronomie.



Nous savons que le soleil se comporte comme le modèle du corps noir. Le rayonnement à cette longueur d'onde est produit entre la photosphère et la chromosphère. Nous supposons que son rayonnement est d'origine thermique et qu'en mesurant l'énergie collectée au foyer on peut en déduire sa température.

Mais pour cela il faut étalonner le matériel.

*Voir annexe Étalonnage radiotélescope*

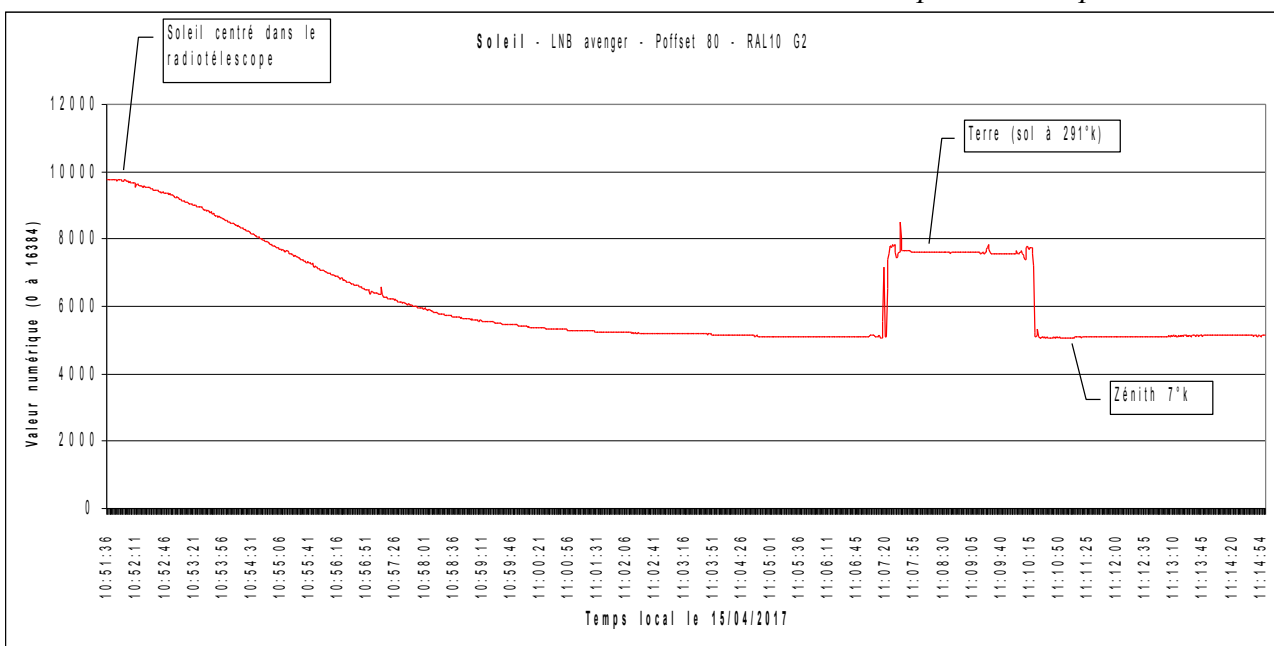
On choisit une « source chaude », la terre, comme référence de température.

A 11h08 mesure du sol à 18°C (291°k) avec un thermomètre sans contact et au même endroit avec le radiotélescope (valeur 7600).

On choisit une « source froide » le zénith dont on connaît la température à 7°k. A 11h10 mesure du zénith (valeur 5000).



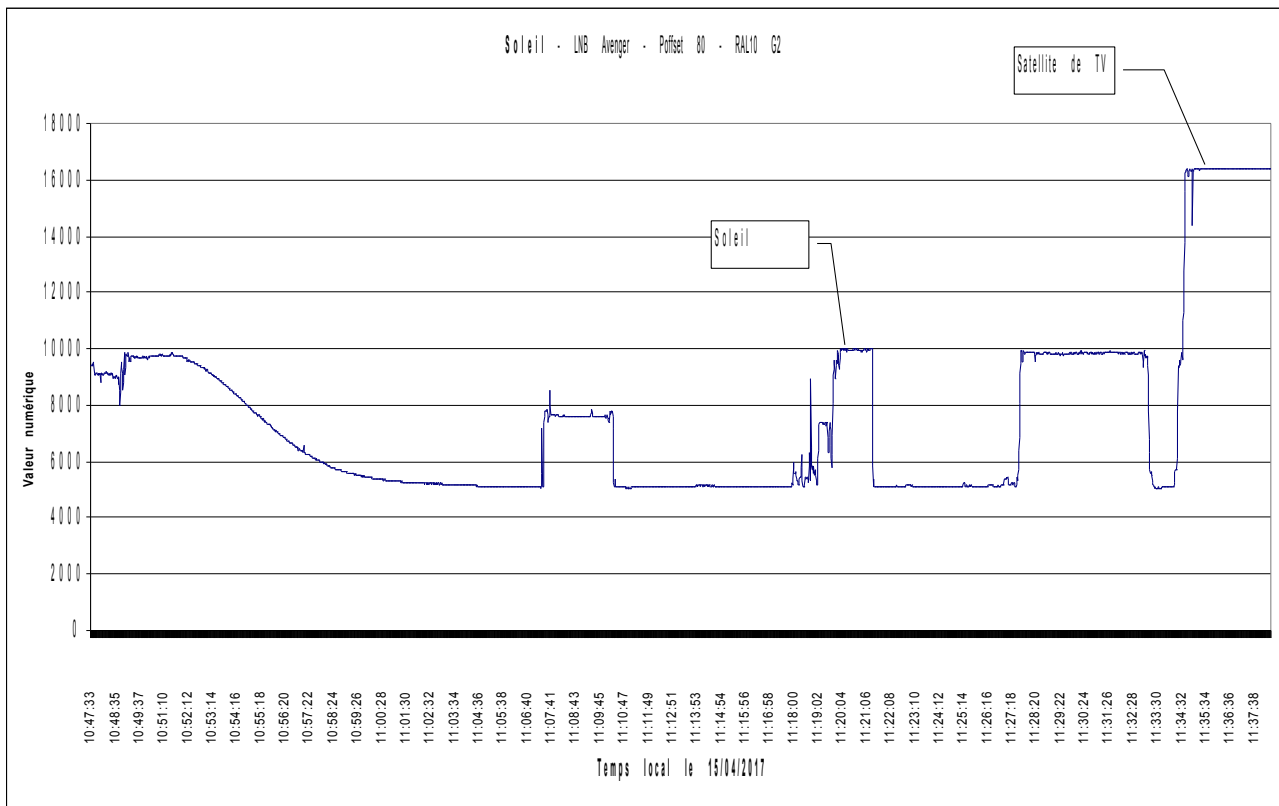
*une main innocente prend la température du sol*



la température solaire mesurée est 7875°k. *Voir annexe calcul de la température du soleil.*

## 2°) Observation d'un satellite de TV

Nous avons à 11h35 pointé une source artificielle de rayonnement. Le satellite de TV répondant au doux nom de ASTRA5B pour comparer avec le soleil, en constatant que l'observation du satellite saturait le radiotélescope.



On pourrait calculer la température de rayonnement du satellite, mais cela n'a pas d'intérêt, son rayonnement est entretenu par un circuit électronique et non une source thermique !



*Photos prises par Anne et Guilja*

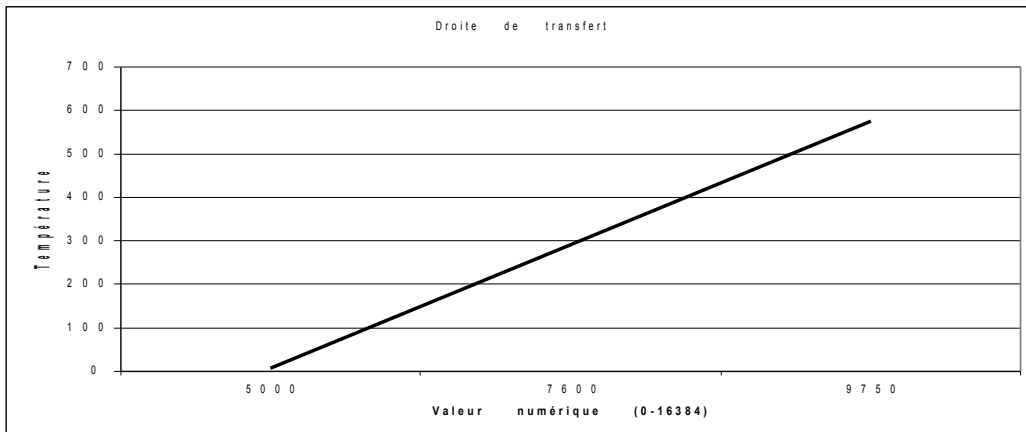
Pour ceux qui souhaitent approfondir la radioastronomie amateur :  
<http://radioastrolab.com/radio-astronomy>

# Annexe

## Étalonnage du radiotélescope

Il y a une proportionnalité entre l'énergie collectée au foyer de la parabole et la valeur numérique affichée à l'écran. Avec les 2 mesures source chaude et source froide on constitue la droite de transfert du radiotélescope qui va permettre de connaître la température de la radiosource observée en fonction de la valeur numérique mesurée.

On peut déduire graphiquement la température mesurée ou la calculée.



$T_c$  température source chaude (terre)

$T_f$  température source froide (zénith)

$T_s$  température du soleil.

$V_c$  valeur numérique source chaude

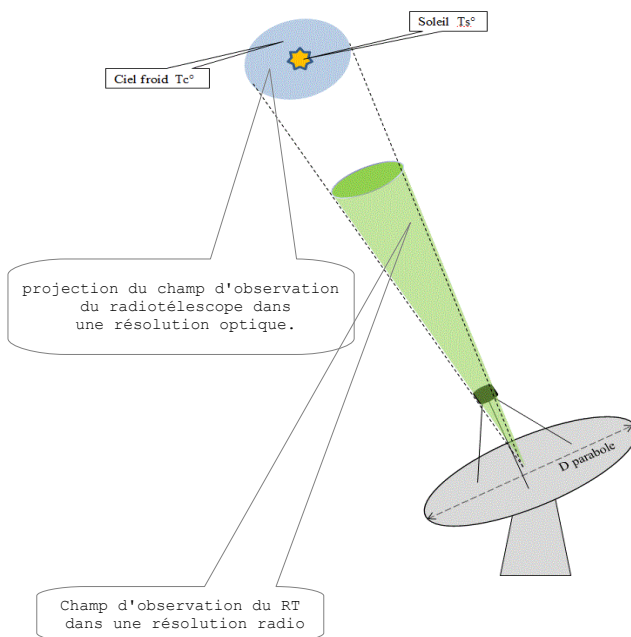
$V_f$  valeur numérique source froide

$V_s$  valeur numérique du soleil

$$\text{Coefficient directeur de la droite} = \frac{(T_c - T_f)}{(V_c - V_f)} = \frac{(T_s - T_c)}{(V_s - V_c)}$$

$$T_s = \frac{(T_c - T_f)}{(V_c - V_f)} \cdot (V_s - V_c) + T_c$$

$$\frac{(291 - 7)}{(7600 - 5000)} \cdot (9750 - 7600) + 291 = 525 \text{ } ^\circ \text{K}$$



La température mesurée correspond à ce que voit le radiotélescope (soleil + ciel froid).

Cette valeur s'appelle la température équivalente du système ou température d'antenne dans le jargon des radioastronomes.

## Calcul de la température du soleil

Quand on vise la terre (source chaude), le rayonnement mesuré remplit complètement la parabole. On dit que la source est étendue. Quand on vise le zénith (source froide) idem.

Quand on vise le soleil ( $\beta$  diamètre angulaire de la photosphère 32' d'arc) le rayonnement ne remplit pas complètement le champ d'observation de la parabole (pouvoir séparateur).

$$32' = 0,533^\circ$$

Pour utiliser le radiotélescope étalonné, il faut appliquer un coefficient de dilution qui va représenter le rayonnement équivalent qu'aurait le soleil si il occupait tout le champ d'observation.

La parabole utilisée est une ellipse de  $70\text{ cm} \cdot 80\text{ cm}$  et  $\lambda 2,7\text{ cm}$ .

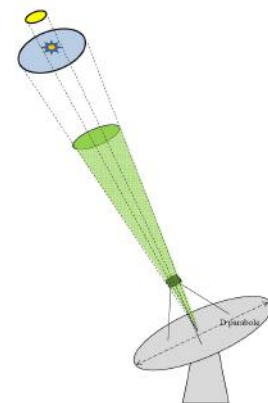
Le champ d'observation théorique sur le petit et le grand diamètre (pouvoir séparateur) est :

$$\theta \approx \frac{\lambda}{D} \quad \frac{2,7}{70} \approx 38,5 \cdot 10^{-3} \text{ rd} \approx 2^\circ 21' \quad \frac{2,7}{80} \approx 33,7 \cdot 10^{-3} \text{ rd} \approx 1^\circ 93'$$

Le rapport des angles au carré donne le facteur de dilution :

$$fd \approx \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^2 = \left(\frac{(2,21 \cdot 1,93)}{0,533^2}\right) = 15,01$$

Environ 15 fois le disque solaire dans le champ d'observation du télescope.



Voir étalonnage  $T^\circ \text{ soleil} = T^\circ \text{ solaire mesurée} \cdot fd = 525^\circ \text{ k} \cdot 15 = 7875^\circ \text{ k}$

On est largement au dessus des  $6000^\circ \text{ k}$ .

Pourquoi cette valeur est aussi élevée ? Quelques hypothèses.

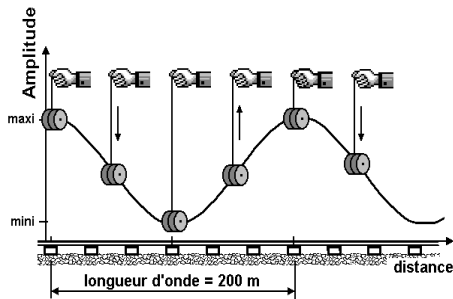
- Dans la réalité la parabole est légèrement plus petite que sa dimension physique ce qui lui confère un champ d'observation plus large que le champ théorique calculé ci dessus. Cela tend à diluer d'avantage l'influence du soleil dans le champ d'observation et à diminuer la température calculée. Ça n'explique pas la valeur obtenue !
- L'étalonnage n'est pas assez précis. Le sol terrestre émet un rayonnement thermique, mais pas uniquement. Il y a des réverbérations sur le sol qui viennent s'ajouter au rayonnement thermique. Cela peut être pris en compte dans le calcul en multipliant par le facteur d'émissivité ( $<1$ ) qui dépend de la nature du sol. La température calculée s'en trouvera réduite.
- Le soleil ne rayonne pas toujours de manière constante, il a des sursauts qui s'ajoutent à son rayonnement de soleil calme. Mais rien n'indique que cela était le cas le 15/04/2017.

## Calcul de la longueur d'onde $\lambda$ .

C'est la distance entre 2 maximums.

En radioastronomie on exprime fréquemment le rayonnement en Hertz qui est l'unité de fréquence.

On peut exprimer la longueur de l'onde en fonction de la fréquence et réciproquement.



Fréquence  $f$   
( $c$  vitesse de la lumière dans le vide)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Le radiotélescope observe à une fréquence de 11ghz

Dans le vide (ou dans l'air) la longueur d'onde =  $\frac{(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})}{(11 \cdot 10^9 \text{ hz})} = 0,027 \text{ m}$