

Introduction

O. Perdereau

IJCLAB, Univ. Paris-Sud, CNRS/IN2P3, Université Paris-Saclay, Orsay, France



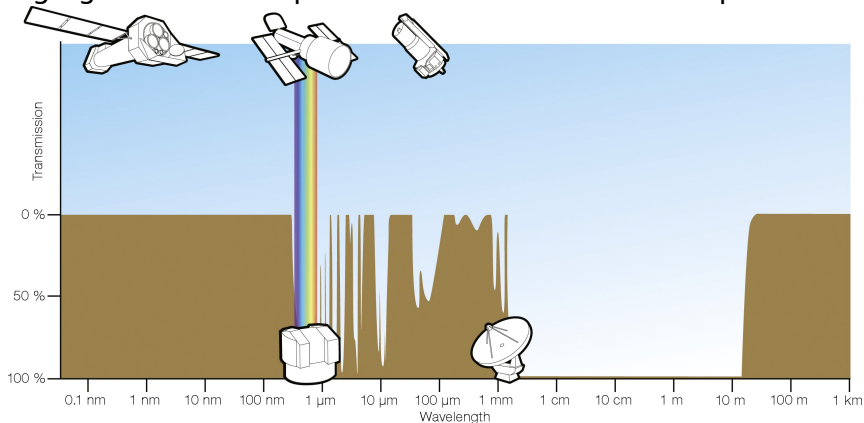
IJCLab

Outline

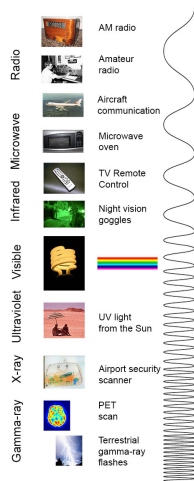
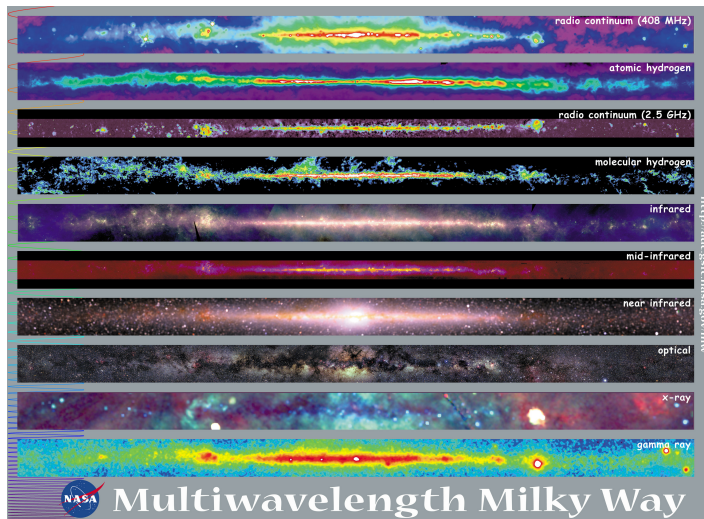
- Radio-astronomie
- Activités locales
- Références

Pourquoi la radio ?

Large gamme de fréquences radio observables depuis le sol :



Différents visages de notre Voie Lactée



- Spectre en fréquence continu
 - ▶ émissions "thermiques" (spectre du corps noir) : CMB (3K), objets (étendus éventuellement) "froids"
 - ▶ émissions "électromagnétiques" i.e. émises par des particules chargées (électrons) accélérées (bremsstrahlung, synchrotron) : champs magnétiques (ex. autour d'objets compacts), ondes de choc
- Fréquence(s) discrète(s) : raies atomiques ou moléculaires. Exemple : raie à 21 cm de l'hydrogène atomique
- Parasites : communications (radio, téléphonie, T), Radars, avionique, satellites, ...

Spécificités

- En optique on utilise en général une matrice CCD ($N \times N$ pixels du ciel) qui **somme l'intensité** recue
- Un radio-télescope mesure **un pixel** du ciel **à chaque instant**
- mais **sépare les fréquences du signal** (après FFT)
- résolution angulaire sur le ciel limitée par la diffraction $\theta \sim \lambda/D$ (D : diamètre de l'instrument)
- **conserve les phases** $\Rightarrow$ interférométrie $\Rightarrow$ meilleure résolution (VLBI > optique) mais "perd" les basses fréquences spatiales

Principe (instrument moderne)

- onde radio (une composante de sa polarisation) $\rightarrow$ courant électrique par le récepteur (feed)
- amplification
- filtrage en fréquence
- numérisation (taux du même ordre que les fréquences recherchées)
- séparation des fréquences : passage dans le domaine de Fourier (FFT)
- corrélation des signaux des antennes (interféro) $\Leftrightarrow$ produits des modes de Fourier
- Grand nombre de voies $\leftrightarrow$ gros moyens de calculs

- Visibilité = produit des modes de Fourier des signaux de 2 antennes à chaque instant (complexes)
- produit dans le domaine de Fourier $\Leftrightarrow$ corrélation dans le domaine direct (temporel)
- À un temps donne accès à un mode de Fourier de la TF (2D) de l'image du ciel (plan (u,v))
- rotation du ciel, accumulation d'observations $\rightarrow$ plus de modes
- retour dans l'espace direct $\rightarrow$ image (imparfaite) de la source
- une introduction :

https://www.eso.org/sci/meetings/2015/eris2015/L1_Jackson_Interferometry.pdf

PAON4

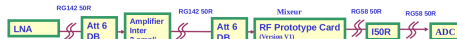
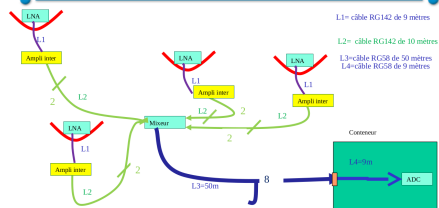
Collaboration between LAL (now IJCLab, Orsay), Obs. de Paris (Meudon, Nançay), IRFU/CEAEA (Saclay)

Characteristics :

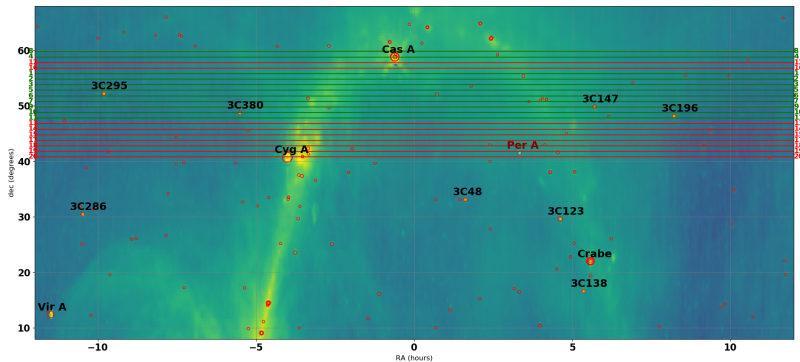
- 4 antennas (5m, $\sim 3\text{deg}^2$ FOV) in Nançay (~ 200 km south of Paris)
- 2 polar./antenna
- Frequency band 1250 - 1500 MHz (~ 1275 - 1480 MHz fiducial)
- transit observations e.g. $\sim 24\text{h}$ scans
- ± 20 degrees from zenith
- test bench for electronics, DAQ, on-line computing, analysis
- R.Ansari et al., MNRAS 493 (2020) 2, 2965
- live-time $\sim 10\%$



Analogique PAON4 : installation à Nançay

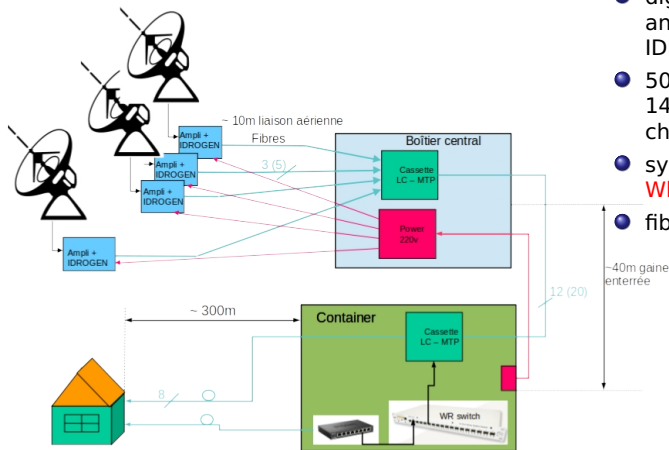


PAON4 operations



- 2014-8 : building, tests and upgrades (blind channel for calibration)
- 2017-8 : fight against a systematic perturbation (bird's effect)
- 2018-9 : regular observations 24h $\rightarrow$ 1 week
 - ▶ check complex gain stability
 - ▶ determination of geometry + phases with **GNSS satellites**

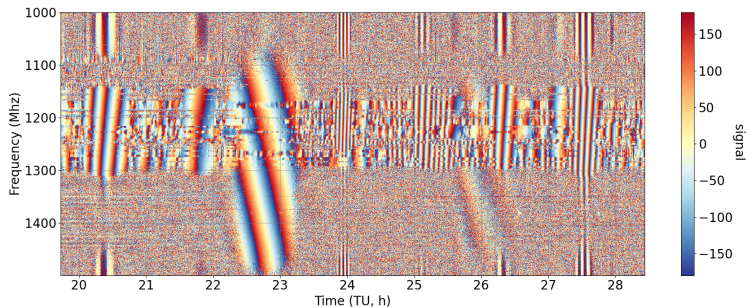
new architecture



- new analog stage
- digitization at the antennas with IDROGEN boards
- 500 MHz bandwidth, 14b 1Gsps ADC (2 channels)
- synchronization with **White Rabbit**
- fiber optics network

Données

CasA051025 arg.(deg) - 4Hx1V



- plan (temps, fréquence)
- phase (degrés) d'une visibilité
- source brillante qui transite vers 22h50
- parasites (satellites GNSS) entre 1150 et 1300

A venir

- redéploiement des cartes IDROGEN
- qualifications du système, mesures des performances obtenues
- **essais de corrélation avec d'autres instruments** (référence de temps distribuée depuis Paris) :
 - ▶ NRT (Nancay)



- ▶ interféromètre de Meudon



- **simulation(s) du signal attendu** dans ces corrélations "hétérogènes"

Références

- [http ://www.lesia.obspm.fr/plasma/Goutelas2007/Goutelas-2007-Final.pdf](http://www.lesia.obspm.fr/plasma/Goutelas2007/Goutelas-2007-Final.pdf)
document qui contient des notes des cours d'une ecole d'ete. Des chapitres sont en francais. Les 4 premiers cours couvrent les bases de la radioastronomie.
- [https ://science.nrao.edu/opportunities/courses/era](https://science.nrao.edu/opportunities/courses/era) (notions de base introduites dans les 3 premiers chapitres)
- [http ://www.ncra.tifr.res.in/ncra/gmrt/gmrt-users/low-frequency-radio-astronomy](http://www.ncra.tifr.res.in/ncra/gmrt/gmrt-users/low-frequency-radio-astronomy) (notes de cours - explorer les 4 ou 5 premiers chapitres)
- captation d'un seminaire d'interet general (P. Zarka) :
[https ://indico.ijclab.in2p3.fr/event/11473/](https://indico.ijclab.in2p3.fr/event/11473/)
- [https ://www.gmrt.ncra.tifr.res.in/doc/Lectures/00-Introduction_to_Radio_Astronomy.pdf](https://www.gmrt.ncra.tifr.res.in/doc/Lectures/00-Introduction_to_Radio_Astronomy.pdf) (slides - pas mal de figures sur les coordonnées)
- [https ://www.radio-astronomy.org/pdf/sara-beginner-booklet.pdf](https://www.radio-astronomy.org/pdf/sara-beginner-booklet.pdf) (point de vue amateur)