

**Radio-fra-tun :**

**Atelier virtuel Franco-Tunisien de Radioastronomie**

*8-9 févr. 2021 Paris, Meudon, Nançay, Tunis ...*

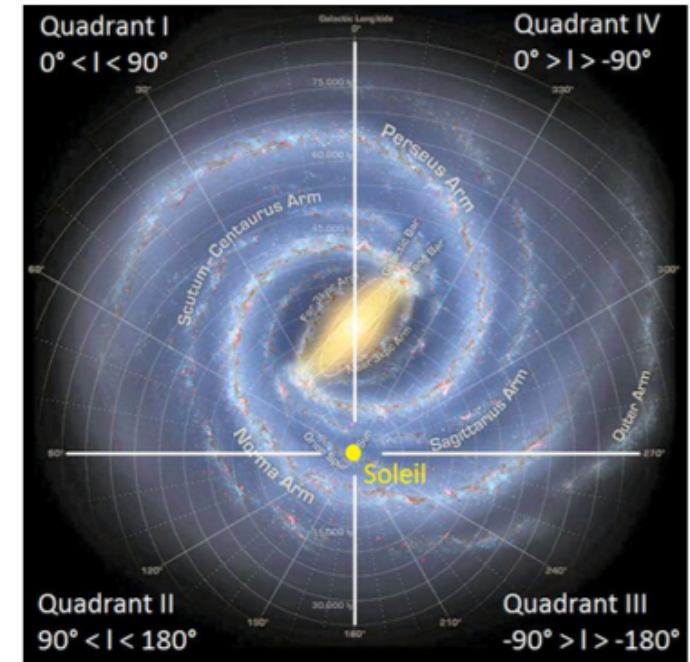
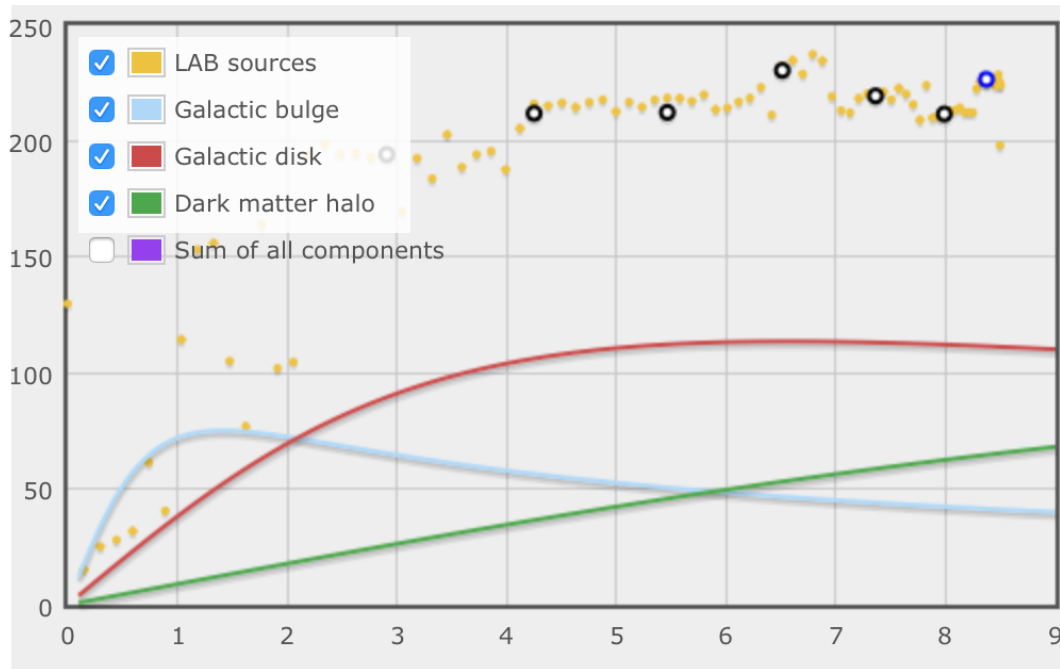


# Small Radio Telescope Observing the Milky Way in HI

Philippe Salomé



# Observing the MW in HI



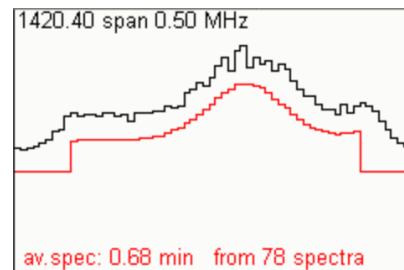
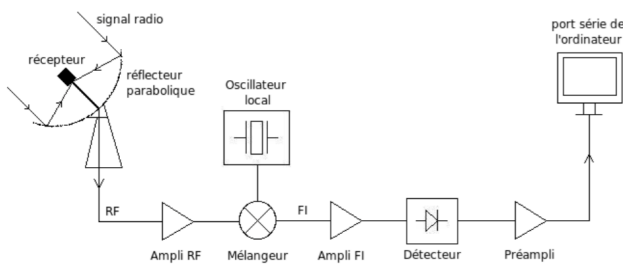
- Detect the HI emission from the MW
- Build the MW rotation curve





# SRT

- Diameter : 2.3m and 3.2m
- Spatial resolution : 7deg
- Spectral resolution : 7.8 kHz over 156 or 64 channels
- Bandwidth 0.5 MHz or 1.2 MHz
- Frequency range : 1400-1440 MHz



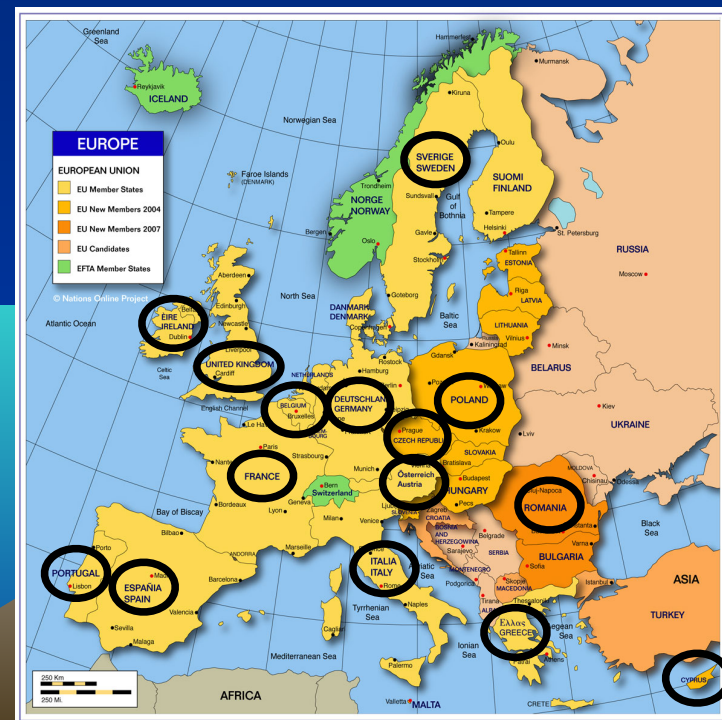
# What is EU-HOU ?

## European Commission Education & Learning

Porteur : Anne-Laure MELCHIOR (LERMA/OP)

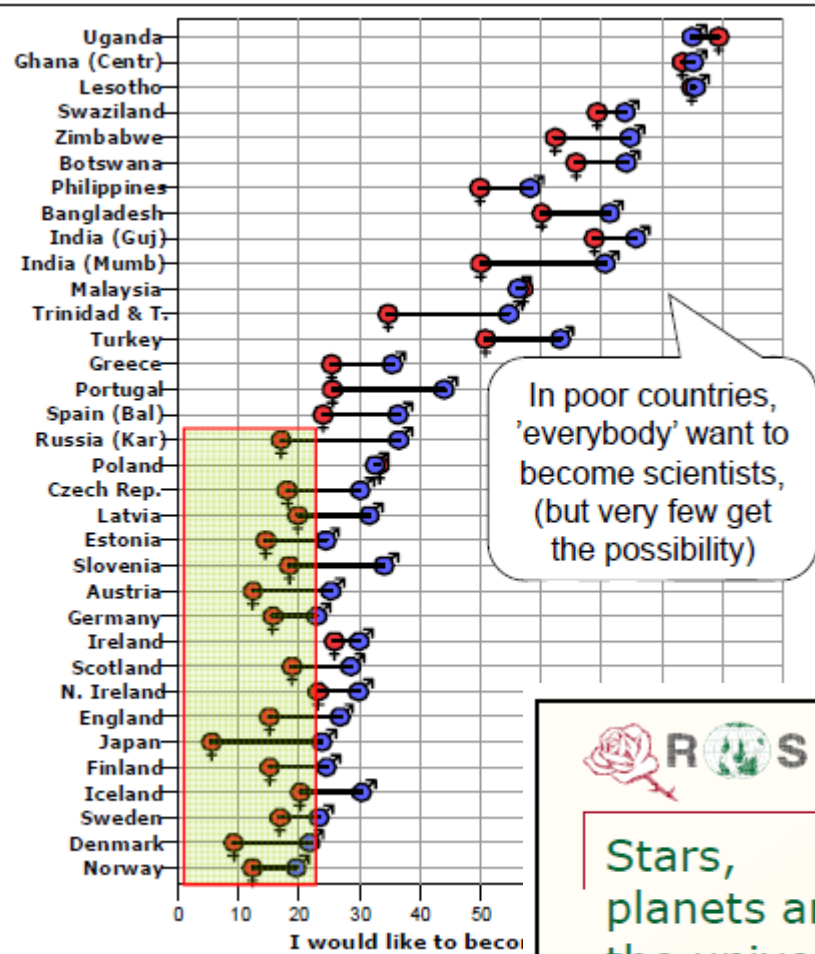
### GOALS

- Raise the **attractiveness** of science education
- Participate to the development and **modernisation of learning technics in EU schools**
- Promote scientific **methods/knowledge**



I would like to become a scientist

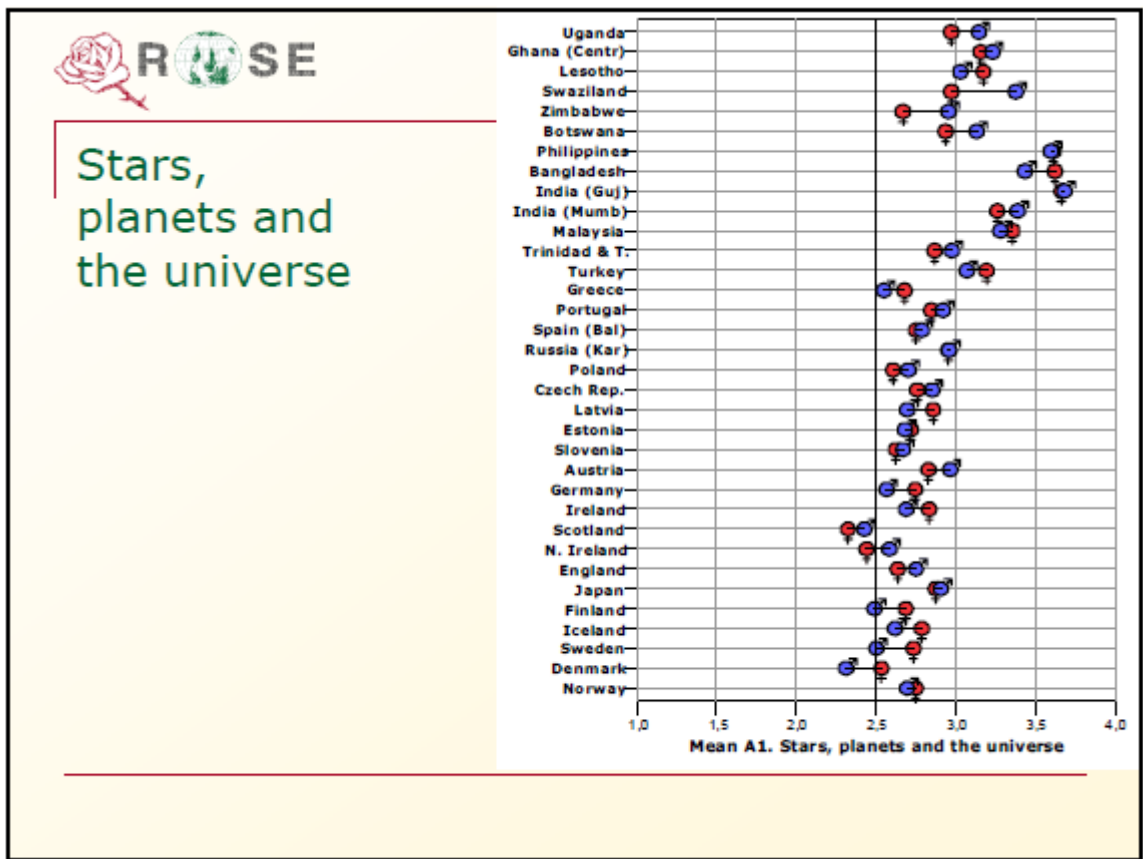
In wealthy countries, very few want to become scientists – in particular not the girls



In poor countries, 'everybody' want to become scientists, (but very few get the possibility)

HOW ?

Education & Learning



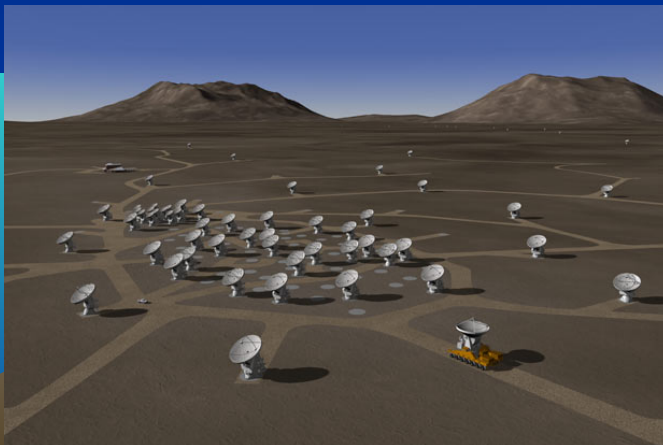
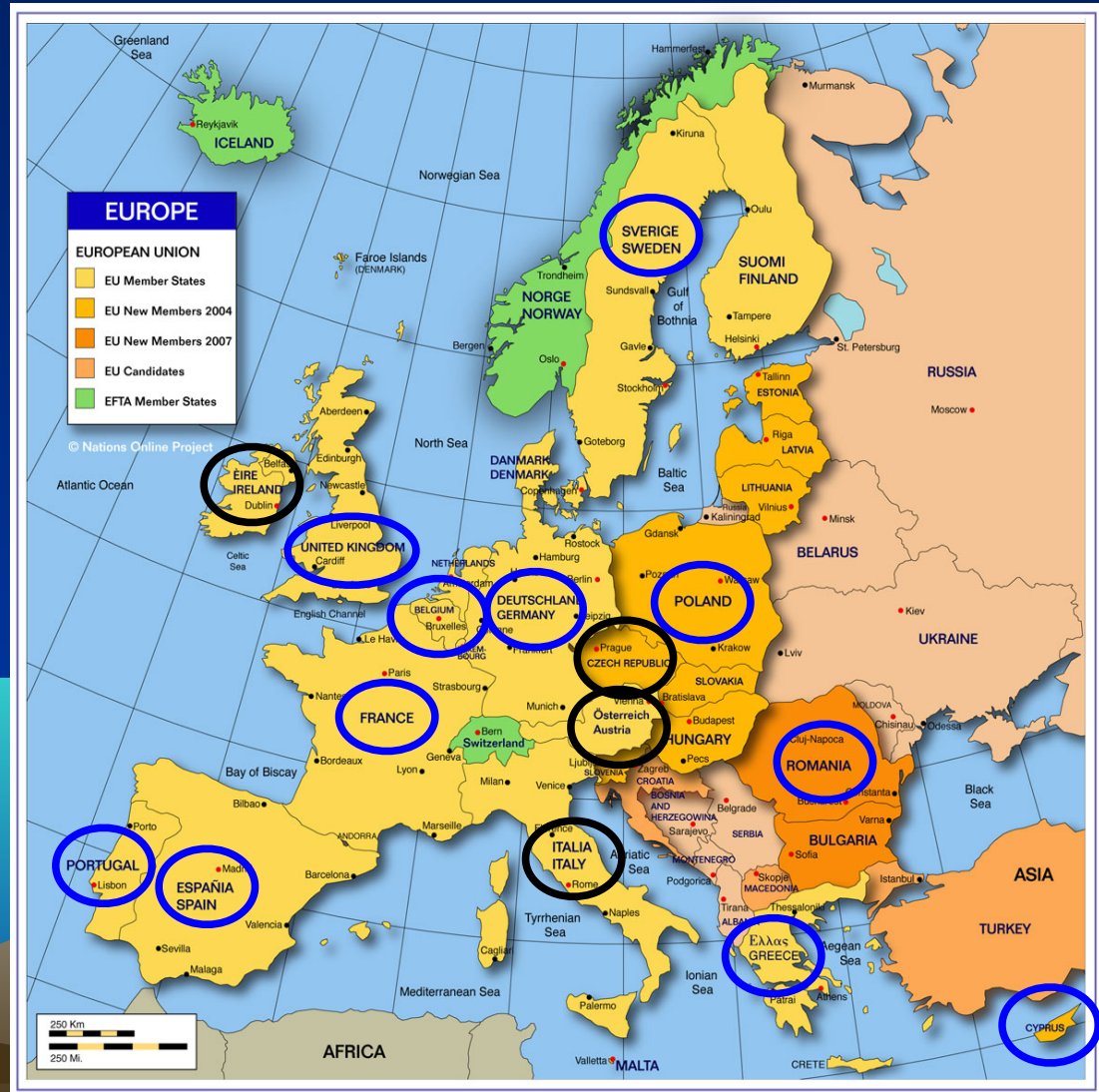
# EUHOU-MW

COMENIUS - EU commission “LifeLong Learning Program” (2010-2012) coordinated by University Pierre et Marie Curie  
*Anne-Laure Melchior, Roger Ferlet*

Comenius program (11)  
2010 – 2012

RadioAstronomy

“Connecting classrooms to the  
Milky Way »





# The EU-HOU MW Project

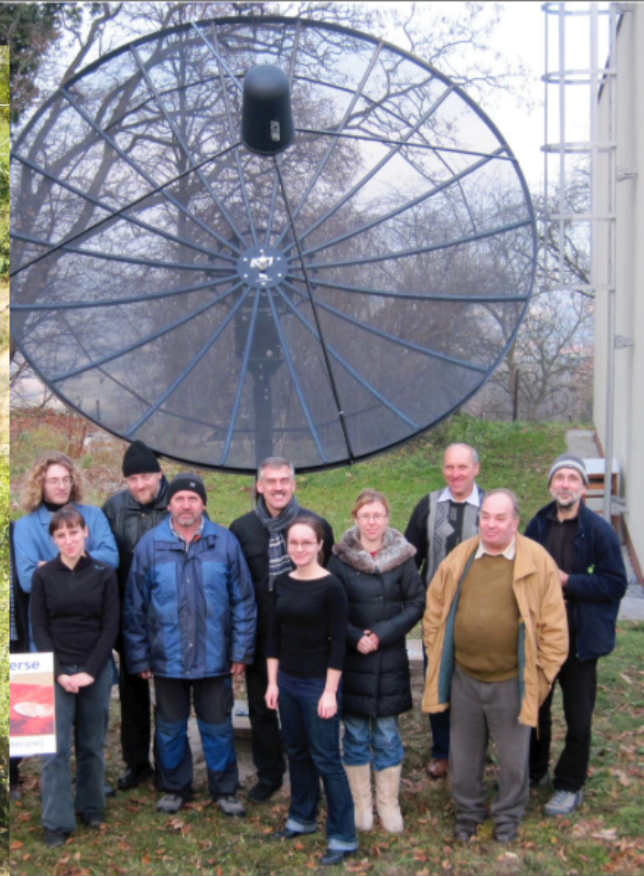
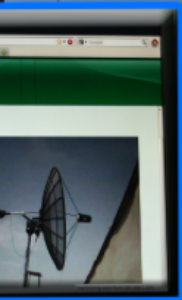
## Connecting Classrooms to the Milky Way

### COMENIUS 2010-2012

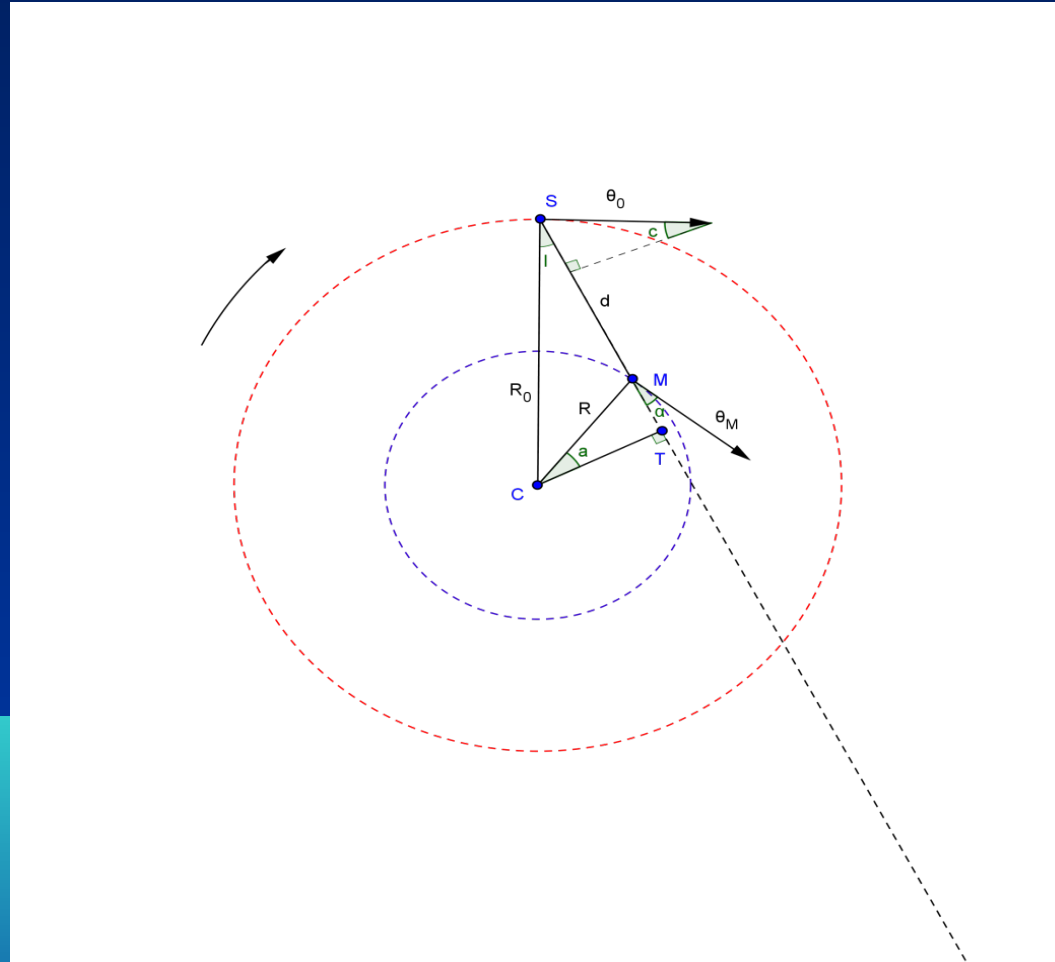
To develop the first European network of **radiotelescopes** for education, enabling European schools to explore the Milky Way via the HI emission line with **Internet (with a simple web browser)**



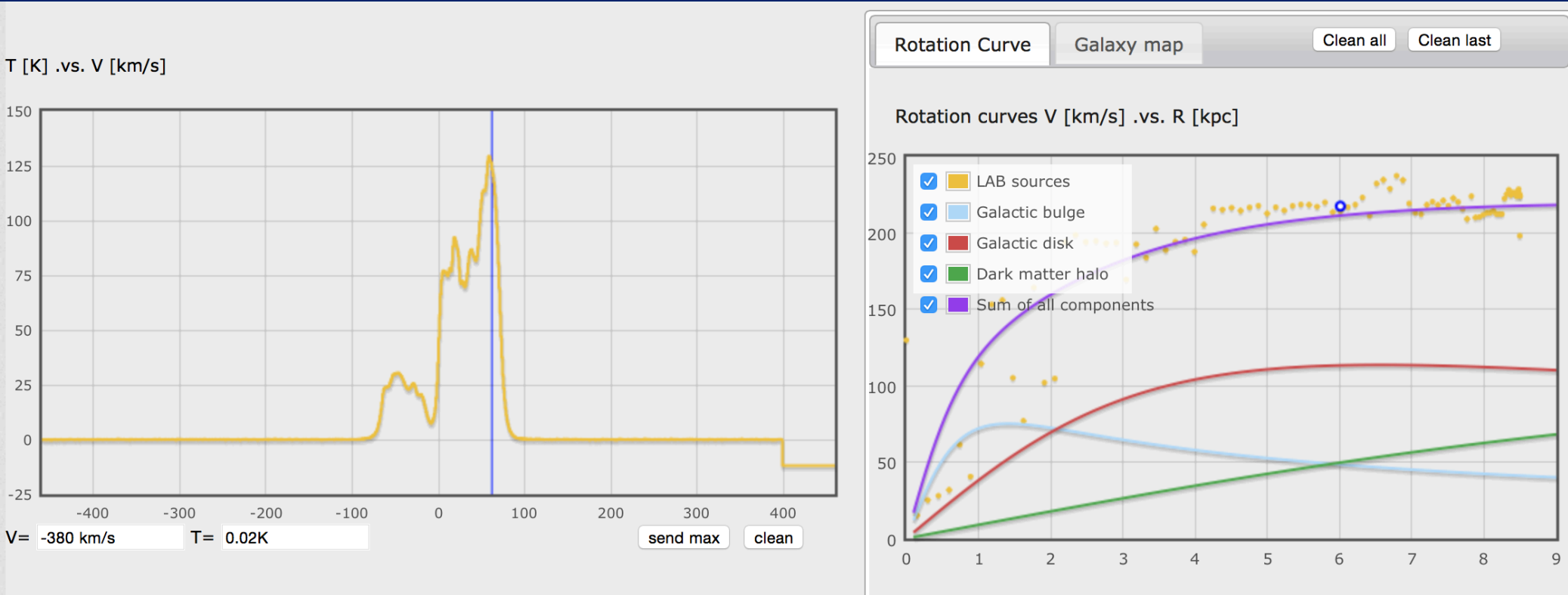




# Géométrie simple

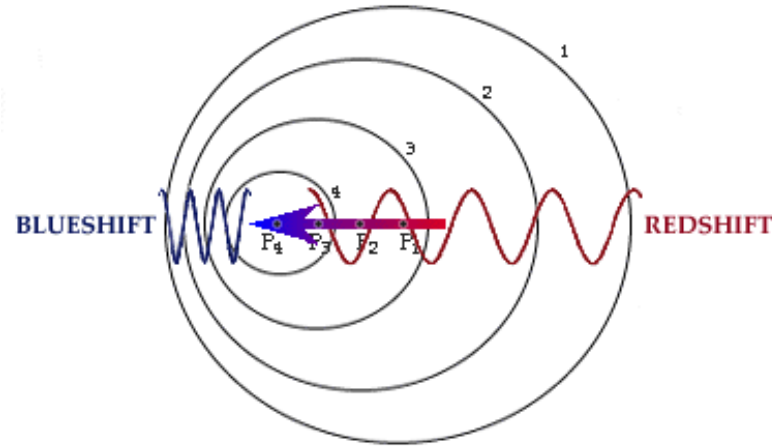


# Courbe de rotation et Matière Noire



# Doppler shift

Higher frequency

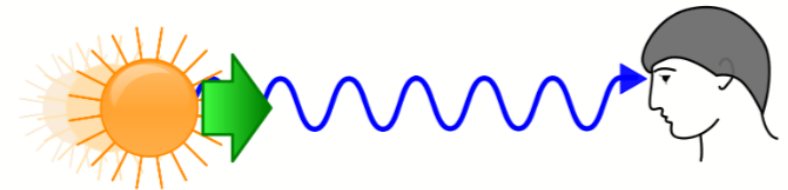


lower frequency

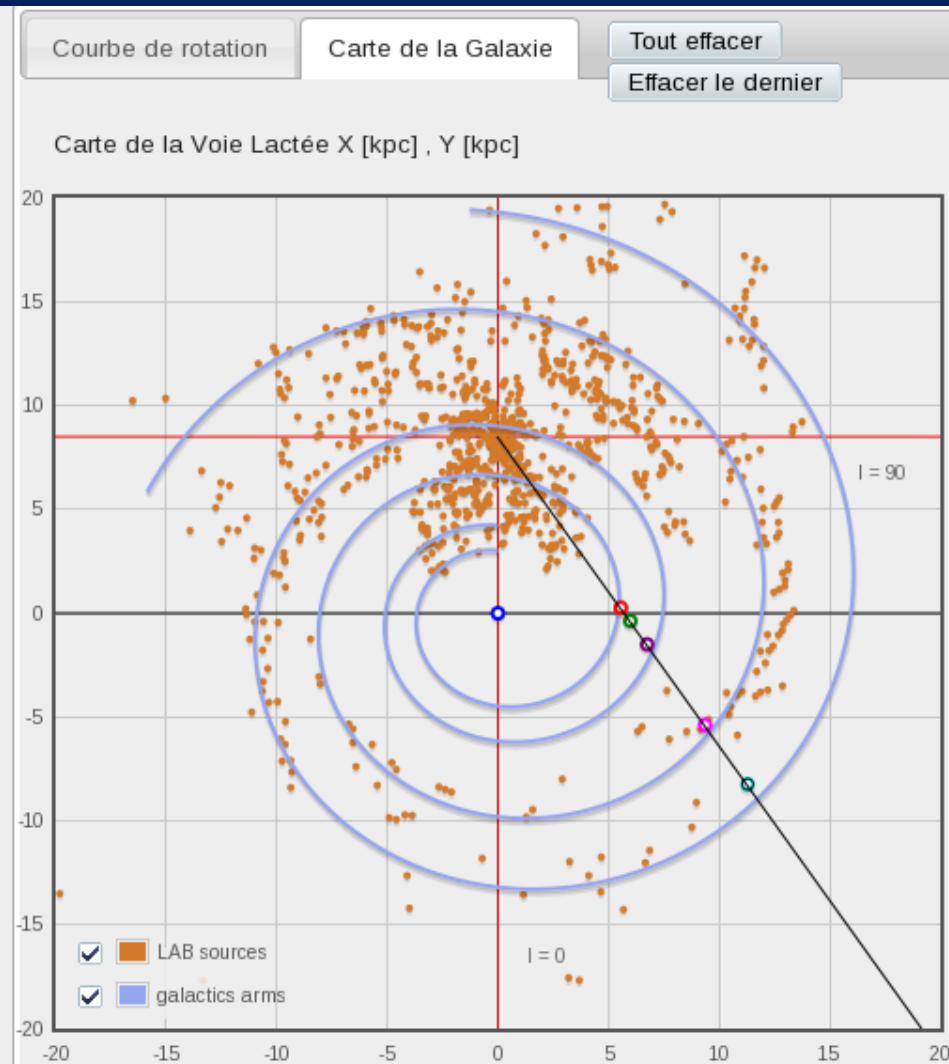
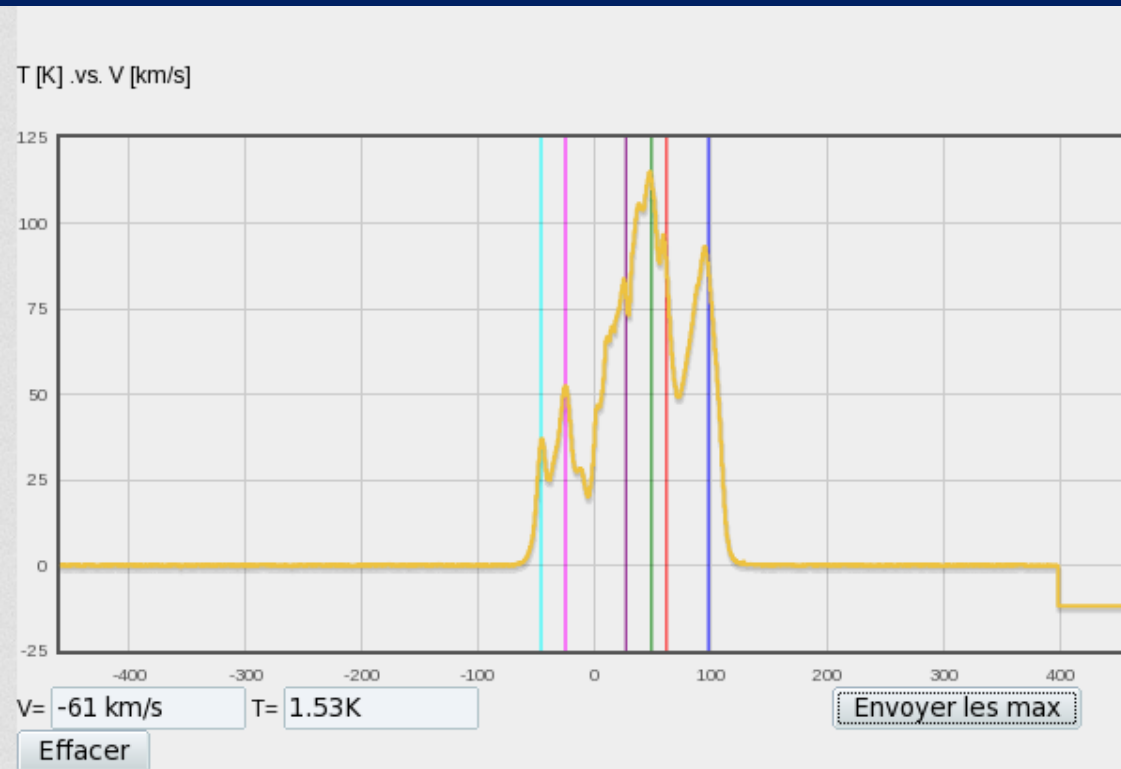
$$\frac{f - f_0}{f_0} = -\frac{v}{c} \quad \text{avec}$$



$$f_0 = \frac{c}{\lambda} = 1420,4 \text{ MHz}$$



# Bras spiraux de la Voie Lactée



# The EU-HOU MW Project

Connecter directement les classes à la Voie Lactée : COMENIUS 2010-2012

## Comment ?

- Un simulateur pour effectuer les exercices avec des données de qualité professionnelle (LAB survey)
- Une interface de réservation de temps d'antenne
- Une interface de contrôle à distance des antennes

(16 European languages) Up to now, 20163 observations have been performed from 1400 accounts from more than 100 countries including 12 countries with more than 10 accounts



# Accueil

<http://euhou.obspm.fr>

EU-HOU-Observateur



Education and Culture DG

Lifelong Learning Programme

[Accueil](#)

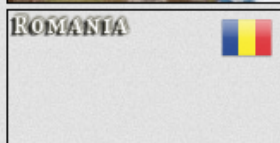
[Observateur](#)

[Simulateur](#)

[Archive](#)

[Contacts](#)

[Administration](#)



## Bienvenue

24 Novembre 2011 | EU-HOU RadioAstronomy.

Welcome to EU-HOU. Le but de ce site est de donner accès à des petites antennes radio situées en Europe. Il est possible de les manipuler à distance. Grâce à vos propres observations, vous pourrez alors reconstruire une carte de notre Galaxie, la Voie Lactée.

## Observateur

Interface permettant de piloter à distance une des antennes de notre réseau. Un identifiant et un mot de passe sont nécessaires. Pour cela, créez votre compte.

## Simulateur

## Bienvenue admin

[Déconnexion](#)

[Réservation](#)

[Mes informations](#)

# Gestion des comptes

## Mes informations

Mes demandes de temps

Mes informations personnelles

Identifiant

Mot de passe

Prénom

Nom

Email

Fonction

Pays

Language

Motivation

administrator

# Réservation

Date de la reservation (UTC)  Durée  Paris 2m (FR)

Réserver

<< cette semaine >>

heure	Mon 04 Jun	Tue 05 Jun	Wed 06 Jun	Thu 07 Jun	Fri 08 Jun	Sat 09 Jun	Sun 10 Jun
0h							
1h							
2h							
3h							
4h							
5h							
6h							
7h							
8h				07h00 - euhoutraining			
9h							
10h							
11h				11h00 - euhoutraining			
12h							
13h		13h00 - admin					
14h							
15h		15h00 - admin		15h00 - euhoutraining			
16h							
17h							
18h							
19h							
20h							
21h							
22h							
23h							

<< cette semaine >>



# Observateur

Command

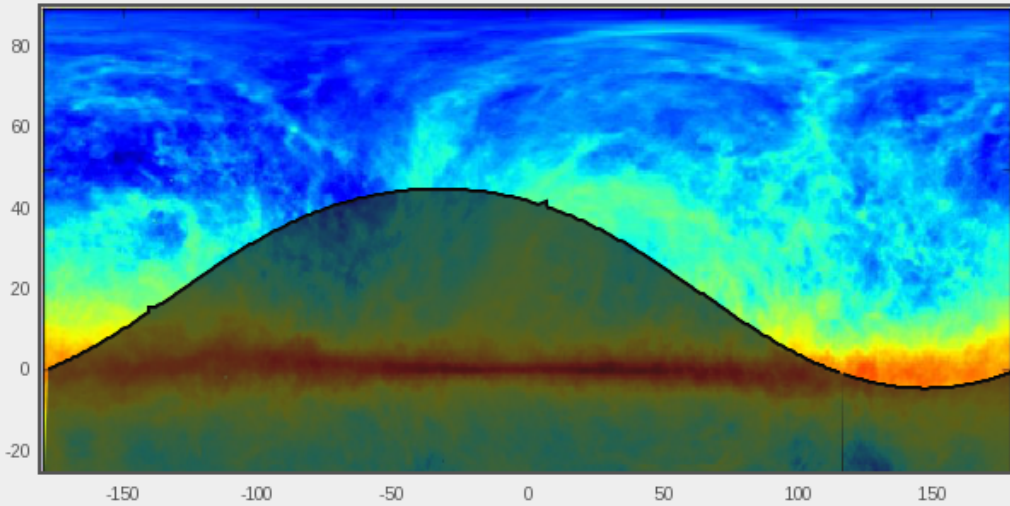
Results

Paris

admin: Nobody's here

Home

Radio  Optical  Infrared  Visibility Paris



Long

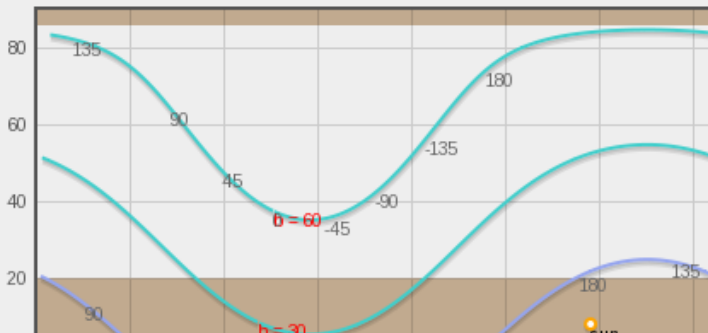
Lat

Freq  ▾

Time  ▾

Observe

End of session

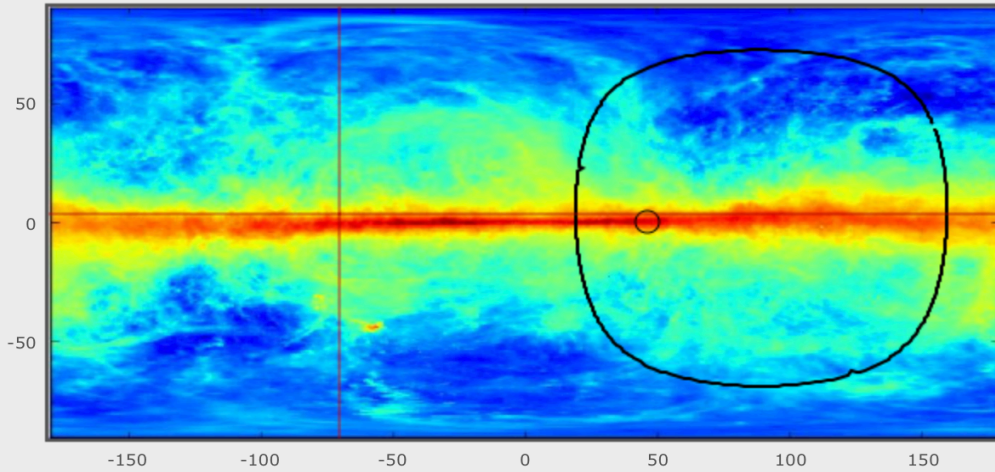


2012/06/04 20:48:55



# Simulateur : Données professionnelles LAB

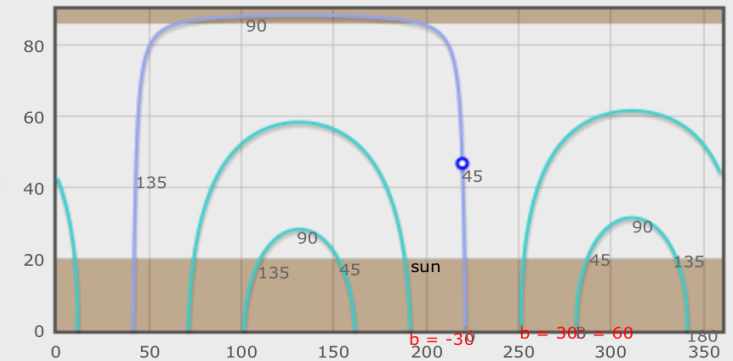
Radio H21  Optics  Infrared  Visibility SRT-Paris-2π Local : 01/21/2015 13:50:10



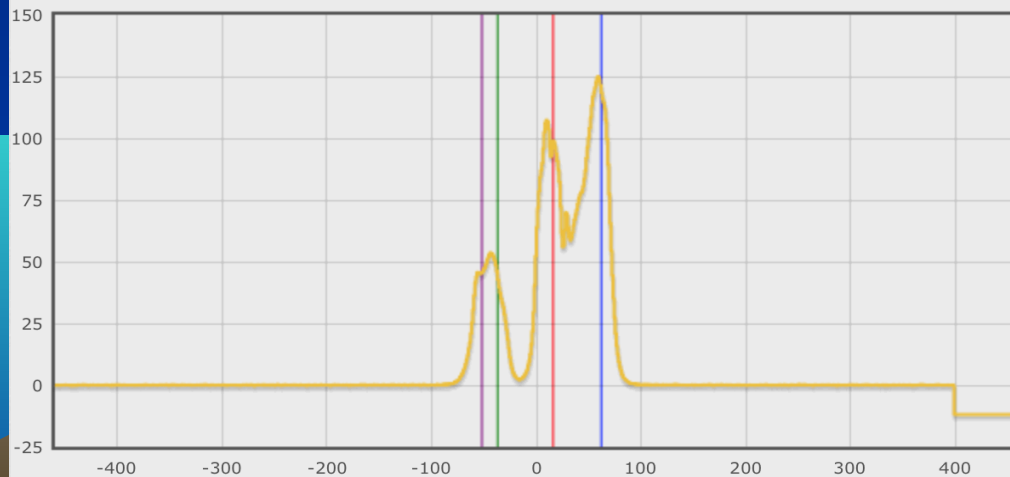
Lon: 46

Lat: 0

Simulate



T [K] .vs. V [km/s]



V= 351 km/s T= 0.04K

send max clean

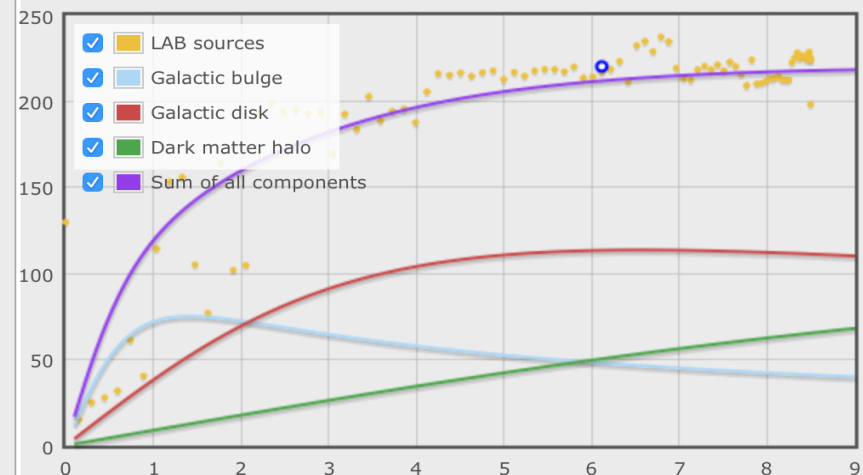
Rotation Curve

Galaxy map

Clean all

Clean last

Rotation curves V [km/s] .vs. R [kpc]



# Dynamical mass

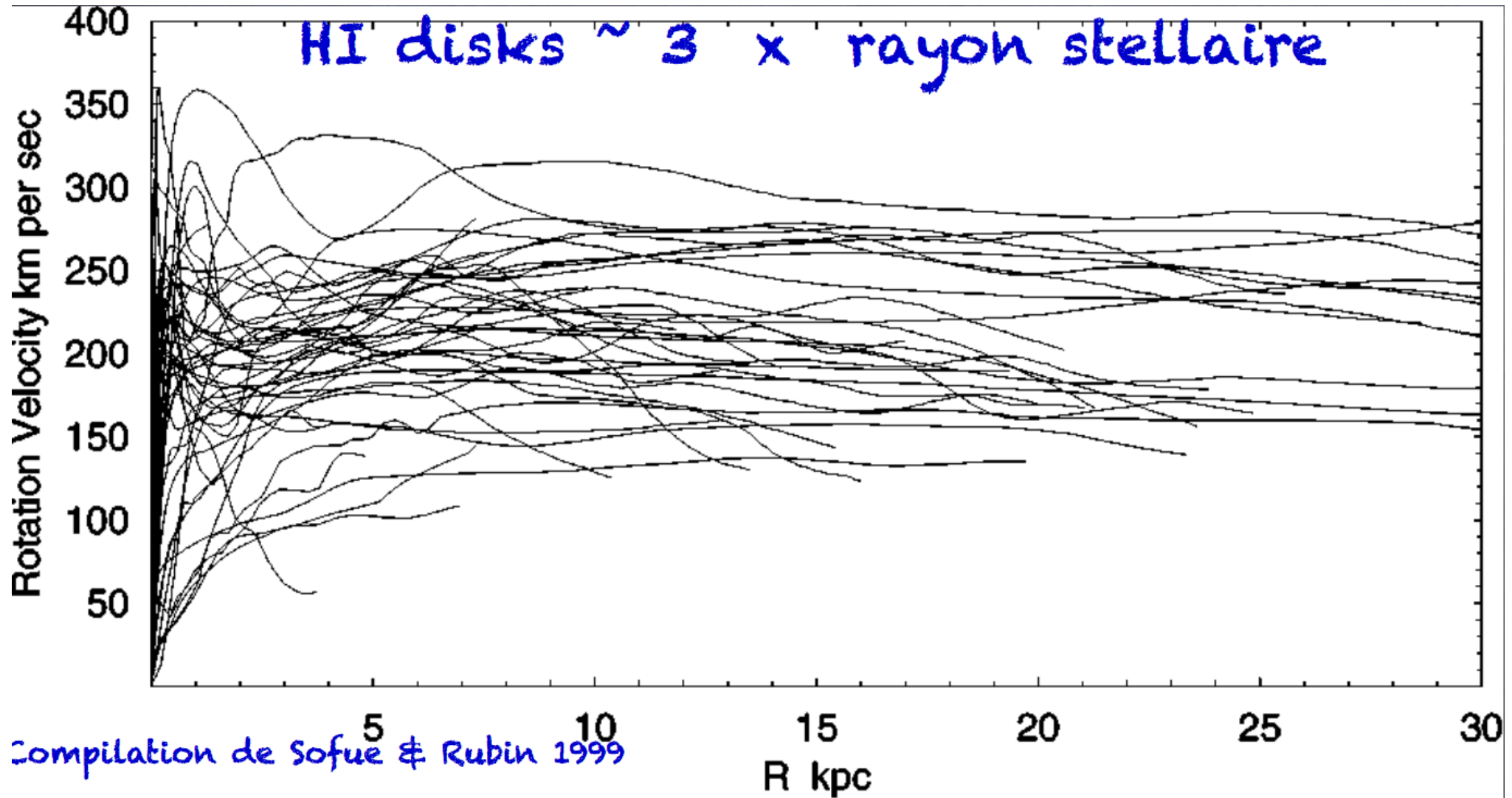
$$F_g = m \frac{GM(< R)}{R^2} = ma_c = m \frac{V^2}{R}$$

$$M(< R) = \frac{V^2 R}{G}$$

—> with 1pc = 3.09 x 1E16 m and 1 Msun = 2 E30 kg

How does it compare with the observed MW stellar mass Mstar  
~8 x 1E10 Msun ?

# Rotation curves



# Partage de l'interface

- Installation pour le pilotage de l'antenne de Nancy
- Installation pour le pilotage de l'antenne de Toulouse
- Adaptation de l'archive pour l'accueil des données de Bordeaux (antenne de 7.5m)





**Pour les scolaires  
(essentiellement dans le  
secondaire)**



# Formation des enseignants

- TP+cours lors Stages **Formation Permanente (PAF)** à l'OHP (Académie Aix-Marseille).
- Formations ponctuelles pour les enseignants (ie Lycée Louis Legrand)
- Formations dans le **Master MEEF** (formation des futurs enseignants) de l'UPMC. Format : **stages** de 2 jours
  - TPE niveau lycée (travaux personnels encadrés)

**Pour les étudiants (Université)**



# Stages Etudiants (L3, M1)

**2009-2010** Master de Physique et Applications (M1) UPMC - 1.5 mois  
- Kevin Noël : Prise en main du radio-télescope et premières calibrations

**2010-2011** Licence de Physique Fondamentale (L3) UPMC - 1 mois  
- Christophe de Roulhac / Alexandre Bouvet: Cartographie et courbe de rotation de la Voie Lactée en HI

**2011-2012** Licence de Physique (L3) UPMC - 1mois  
- Gary Quinsac / Pierre Luzi : Cartographie et courbe de rotation de la Voie Lactée en HI, et comparaison avec des modèles de distribution de matière

**Stage bénévole - niveau Licence (L3) - 1mois**

- Gary Quinsac : Méthode de Merrifield. Courbe de rotation de la Voie Lactée au-delà du disque Solaire

**2012-2013** Licence de Physique Fondamentale (L3) UPMC - 3 semaines  
- Valentin Frey / Elyesse Herizi: Répartition du gaz hors du plan du disque

**2014-2015** Licence de Physique Fondamentale (L3) UPMC - 3 semaines  
- Quentin Jacques : Cartographie de la densité de HI dans et hors du disque

# Etudes Etudiants

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE  
3<sup>ème</sup> année de licence en Physique Fondamentale  
2<sup>ème</sup> semestre 2010-2011

## RAPPORT DE STAGE

La raie H $\alpha$  de l'hydrogène à 21cm



Bouvet Alexandre  
de Roulhac Christophe

NOEL Kévin

Rapport de stage (du 12/07/2010 au 31/08/2010)

Prise en main d'un radiotélescope  
et analyse de données H $\alpha$



Université Pierre & Marie Curie  
Master physique et applications  
année 2009/2010

IPMC - 1.5 mois  
des calibrations

IPMC - 1 mois  
de rotation de la

Rapport de stage  
Licence de Physique FP  
Laboratoire d'Etude du Rayonnement et de la Matière en  
Astronomie

Gary QUINSAC - Pierre LUZI

Du 3 au 27 janvier 2012

**2014-2015** Licence de Ph  
- Quentin Jacques : Cart

# Apprentissage L3-pro (15 mois)

**Décembre 2011 - Mars 2012**

**Licence Professionnelle - Programmation en environnement réparti – IUT d'Orsay - Paris XI - **Antoine Radiguet****

**Création d'une interface de pilotage à distance du radiotélescope, d'un module de réservation et d'un gestionnaire de comptes utilisateurs**



# Etudiants à l'étrangers

Visiteurs du Mexique (invités par David Valls-Gabaud)

- **Pedro Ruben Rivera / Berenice Gomez (1 mois)**

Cartographie de la Voie Lactée - Discussions avec le groupe technique. Vers une antenne à Mexico City ?

Collaboration avec le Vietnam (contact : Alain Maestrini)

- **Nguyen Vanhiep**

Une antenne en fonction pour la formation universitaire



# Monitorat

- Encadrement d'une partie de monitorat pour la création de 3 TPs de L2 pour le module d'astronomie LP210 de l'UPMC (Calibration, Soleil/Pointage, La voie Lactée) : **Jeremy Neveu**





# TP en L2, M2, L3 (SU)

2012 – 2014 : SU-L2 Travaux pratiques option astro

- **3 séances** avec un groupe de TP (Mars-Avril 2012)
- 6/8 séances /an pour tous les groupes (2013 et 2014)

2014 – 2015 : SU-M2 Cours et Travaux pratiques option 'onde et matière' (7h30)

2015-2021 : SU-L3 Travaux pratiques option astro

- **3 séances** avec deux groupes de TP
- Maintenance de la plateforme



# Travaux Pratiques Radioastronomie TP1 : Calibration

Ph. Salomé, J. Neveu

15 mai 2012

## 1 Qu'est-ce que la radioastronomie ?

La lumière visible est un domaine privilégié pour l'homme infime fraction du spectre électromagnétique. Les autres domaines nous fournissent une incroyable quantité d'information sur l'univers. En mesure d'analyser cette information, il faut d'abord construire des instruments capables de détecter les rayonnements en question, ce qui explique que l'astronomie radio a été développée qu'au milieu du siècle dernier.

Les ondes radio, en particulier, ont permis de découvrir certaines formes d'énergie, comme les pulsars ou les radiogalaxies et elle a été utilisée pour détecter des différents types de nuages d'hydrogène qui parsèment le milieu interstellaire.



FIG. 1 – Antenne de Parkes en Australie : 64

Mais l'un des problèmes majeurs de la radioastronomie est la résolution, même avec des télescopes de plusieurs centaines de mètres.

1

# 2, M2, L3 (SU)

## Travaux Pratiques Radioastronomie TP2 : Pointage

Ph. Salomé, J. Neveu

15 mai 2012

L'objectif de ce TP est de caractériser deux aspects de l'antenne : la précision du pointage réalisé et l'efficacité de l'antenne. L'antenne pointe-elle précisément dans les directions demandées ou existe-t-il un décalage ? La relation entre la puissance reçue et la température est-elle vérifiée, quelle est l'efficacité de l'antenne ? Pour cela, nous allons nous appuyer sur des observations du Soleil.

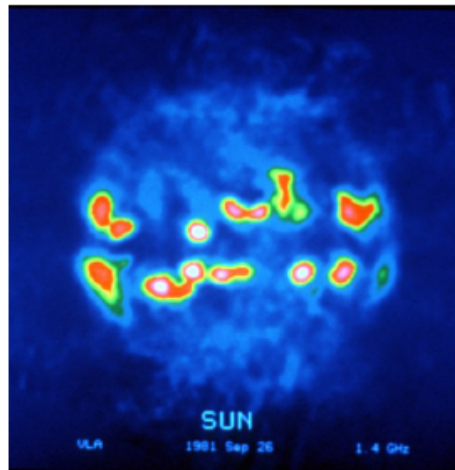


FIG. 1 – Image courtesy of NRAO/AUI

1

## Travaux Pratiques Radioastronomie TP3 : La Voie Lactée

Ph. Salomé, J. Neveu

15 mai 2012

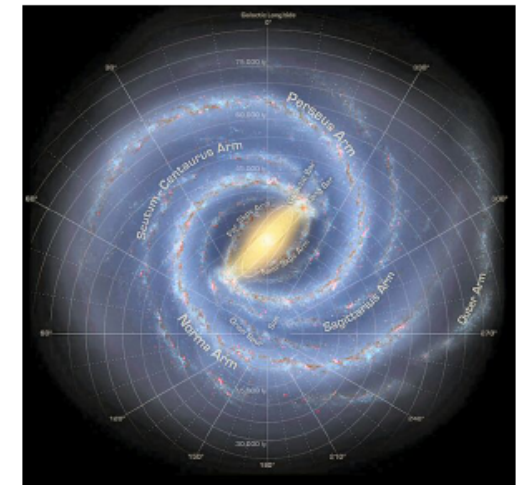


FIG. 1 – Vue d'artiste; source : NASA / JPL-Caltech / R. Hurt (SSC Caltech)

### Préambule

L'objectif de ce TP est de caractériser la vitesse de rotation de la galaxie. Pour cela nous allons mesurer en différents points de la Voie Lactée l'émission à 21 cm de la raie hyperfine de l'hydrogène.

1

# UFE (Observatoire de Paris)

- **Parrainage** d'une option Astronomie niveau lycée (2h/ semaine pendant 1 an). Définition de matériel pédagogique pour pouvoir répliquer le projet ailleurs (**Niveau Collège**)
- OP-UFE : **TP** radio pour le **DU-ECU** (Diplôme Universitaire : Explorer et Comprendre l'Univers)
- OP-UFE : **Cours** filmés/Enregistrés pour le **DU-ECU** (Diplôme Universitaire : Explorer et Comprendre l'Univers)

Website : <https://vm-weblerma.obspm.fr/psalome/teaching/>



## CONNECTING CLASSROOMS TO THE MILKY WAY

P. Salomé<sup>1,2</sup>, A. Radiguet<sup>1,2</sup>, B. Albert<sup>1</sup>, M. Batrung<sup>1</sup>, M. Caillat<sup>1</sup>, M. Gheudin<sup>1</sup>, Y. Libert<sup>1,2</sup>, R. Ferlet<sup>3</sup>, A. Maestrini<sup>1,2</sup>, A.-L. Melchior<sup>1,2</sup>, J.-M. Munier<sup>1</sup> and A. Rudolph<sup>1,2,4</sup>

**Abstract.** 'Connecting Classrooms to the Milky Way' is a project of the EU-HOU Consortium (Hands-On-Universe, Europe), involving 11 European countries. It is supported by the lifelong Learning Programme of the European Community. The main goal of this project was to set up the first network of small radio-telescopes dedicated to education all around Europe and directly accessible from a simple Web interface. Any classroom connected to Internet via any Web-browser can now remotely control one of the radio-telescopes and observe the HI emission coming from our Galaxy. The interface also provides the users with simple tools to analyse the data: (i) derive the Milky-Way rotation curve and (ii) map the spiral arms HI distribution. A special emphasis has been made to enable the young generation to understand the challenges of these wavelengths, which are currently at the frontline of the new instruments with the development of the ALMA (Atacama Large Millimeter Array) and SKA (Square Kilometer Array) projects.

Keywords: Galaxy: kinematics and dynamics, Miscellaneous: Science Education

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012sf2a.conf..661S/abstract>

## TOOLS FOR TEACHING RADIO-ASTRONOMY

P. Salomé<sup>1,2</sup>, A. Radiguet<sup>1,2</sup>, B. Albert<sup>1</sup>, M. Batrung<sup>1</sup>, M. Caillat<sup>1</sup>, M. Gheudin<sup>1</sup>, Y. Libert<sup>1,2</sup>, R. Ferlet<sup>3</sup>, A. Maestrini<sup>1,2</sup>, A.-L. Melchior<sup>1,2</sup>, J.-M. Munier<sup>1</sup> and A. Rudolph<sup>3,4</sup>

**Abstract.** In 2011, the worldwide radiotelescope ALMA (Atacama Large Millimeter Array) has started preliminary operations. Radio-astronomy is thus entering a new golden age, a fantastic opportunity for widening formal and informal educational training and public involvement, for making a science impact on young people. The EU-HOU consortium has developed a small radiotelescope network (6 antenna) spread over Europe and directly accessible from the web via a remote control interface. These antenna are mostly dedicated to high school teachers in the context of the COMENIUS European commission Lifelong Learning Program: "Connecting classrooms to the Milky-Way". However, such small antenna can also be used to teach at University and introduce students to radio-astronomy principles.

Keywords: Galaxy: kinematics and dynamics, Miscellaneous: Science Education

# Projects

- **Antenne Single Dish** pour une experience de mesure du Fond Diffus Cosmologique (APC/Michel Piat) [https://ufe.obspm.fr/IMG/pdf/tp\\_cmb\\_m2proosae\\_piat.pdf](https://ufe.obspm.fr/IMG/pdf/tp_cmb_m2proosae_piat.pdf) (Skydip)
  - **Interféromètre de Michelson** (Jin Koda) <https://arxiv.org/pdf/1601.06161>
  - **Jupyter-Notebooks** <https://github.com/PhilippeSalome/radio-astro>
  - **IAU** (International Astronomical Union) Office Astronomy Outreach-**SKA** Partnership Proposal
    - **France, Portugal, Poland, Haiti, Cameroon**
    - Nouveaux récepteurs / Adaptation du logiciel
    - Outreach / Education
- 

A stylized illustration of a night sky with a yellow sun and moon, a radio telescope on a building, palm trees, and a radio tower on a distant island.

**Radio-fra-tun :**  
**Atelier virtuel Franco-Tunisien de Radioastronomie**

*8-9 févr. 2021 Paris, Meudon, Nançay, Tunis ...*

# Thanks !

<http://euhou.obspm.fr>