



LOFAR

LOFAR

The Low-Frequency Array

et le consortium FLOW

Michel Tagger

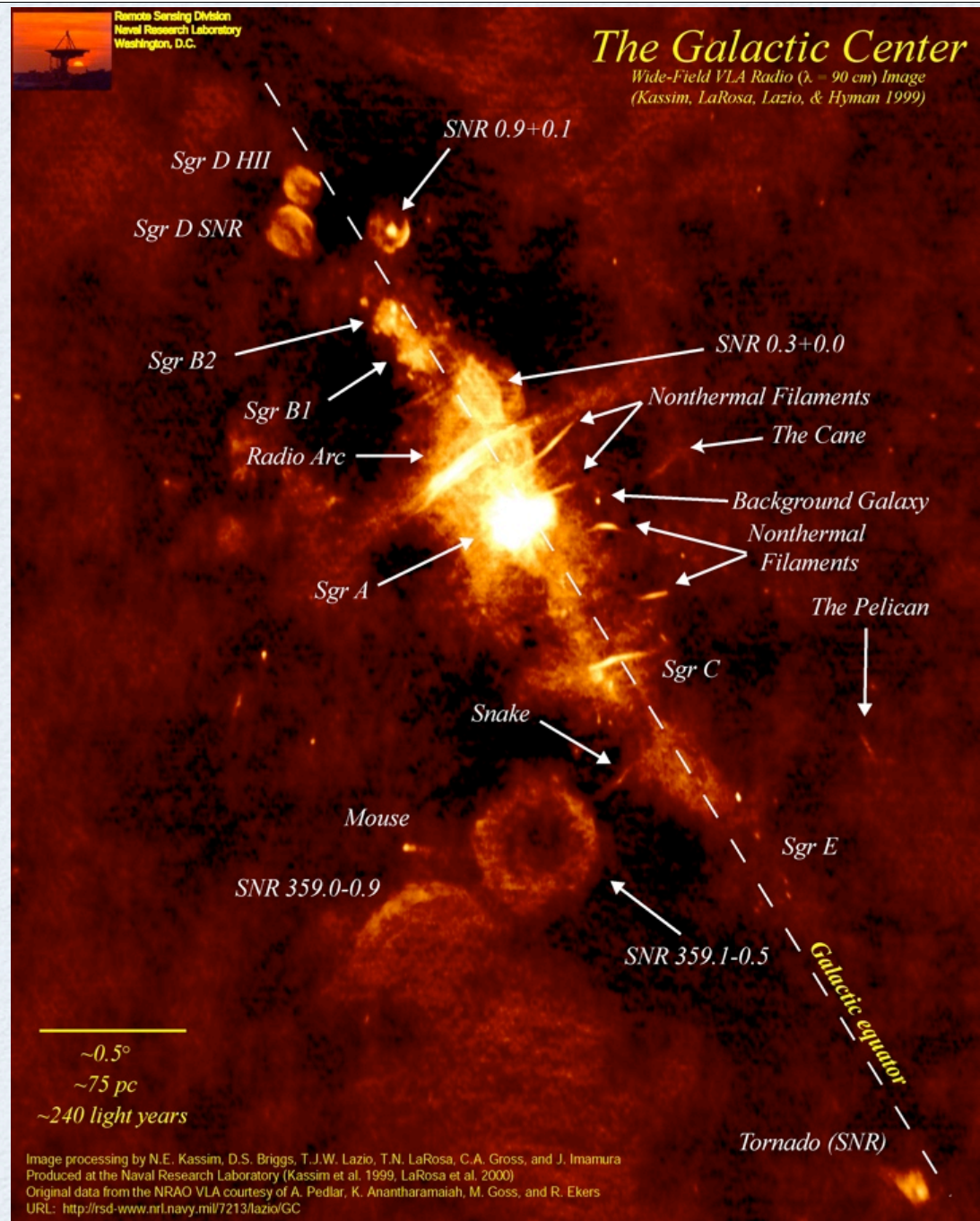
SAP / Astroparticule et Cosmologie

Ce que LOFAR
ne verra pas...

... mais hommage
à des progrès
lents et
méthodiques en
radio-astronomie
basse
fréquence :

numérisation,
interférences,
ionosphère...

Kassim et al. : Centre
Galactique @ 90 cm





LOFAR

la radio-astronomie du futur





LOFAR

historique

- longue collaboration NL + USA (+ France)
- → concept LOFAR
- opportunité : financement régional
(Drenth) + national en Hollande
- → LOFAR hollandais, ~ 150 M€
- vers un LOFAR étendu en Europe



LOFAR

Interféromètre de Réseaux Phasés

fréquences = (10)30–240 MHz (1.25 - 10 à 30 m) $A_e \sim 200\,000\text{ m}^2$,

Cœur + Stations, concept novateur et précurseur :

$\sim 10^4$ antennes très simples + traitement massif centralisé (BlueGene)

Frequency dependent Array Performance (Initial array)

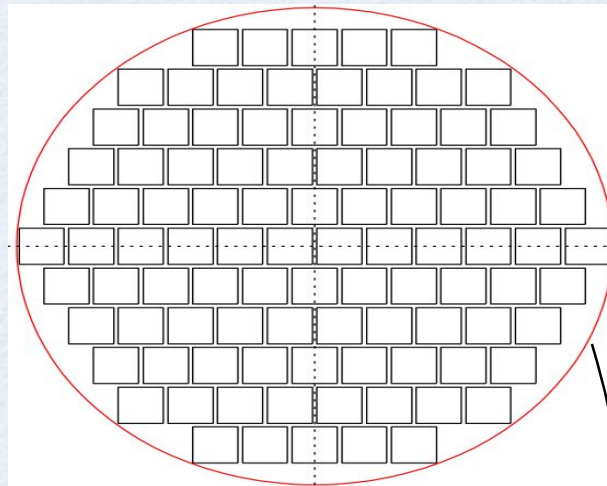
Frequency	Point Source Sensitivity ^(b)		Effective Collecting Area		Beam Size	
	VC	Full Array	VC	Full Array	VC	Full Array
30 MHz	4.8 mJy	2.0 mJy	$7.9 \times 10^4\text{ m}^2$	$1.9 \times 10^5\text{ m}^2$	21'	25"
75 MHz	3.3 mJy	1.3 mJy	$1.2 \times 10^4\text{ m}^2$	$3.0 \times 10^4\text{ m}^2$	8.3'	10"
120 MHz	0.17 mJy	0.07 mJy	$7.9 \times 10^4\text{ m}^2$	$1.9 \times 10^5\text{ m}^2$	5.2'	6.0"
200 MHz	0.15 mJy	0.06 mJy	$2.9 \times 10^4\text{ m}^2$	$6.9 \times 10^4\text{ m}^2$	3.1'	3.5"

+ polarisation

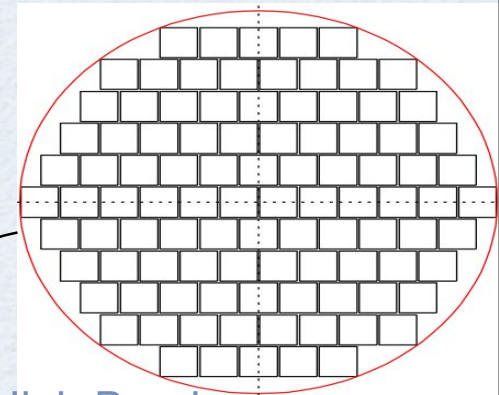
^(b) Sensitivity quoted for 1 hour integration time, 2 polarizations and 4 MHz bandwidth

LOFAR = ~ 100 stations
des antennes très simples...

96 tuiles HF + 96 antennes BF

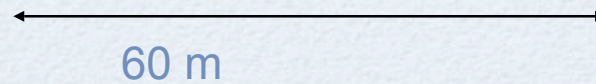


Low Band

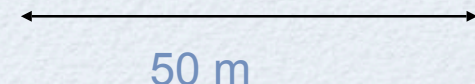


High Band

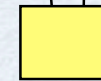
+ liaison 3 Gbit/sec



60 m



50 m





LOFAR

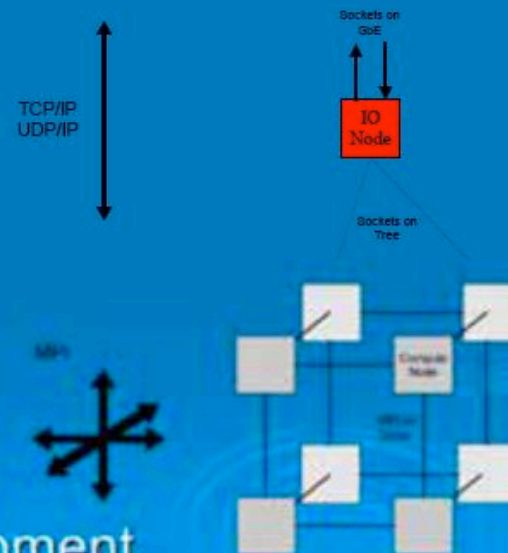
corrélées par un ordinateur central

Subsystems: Blue Gene/L



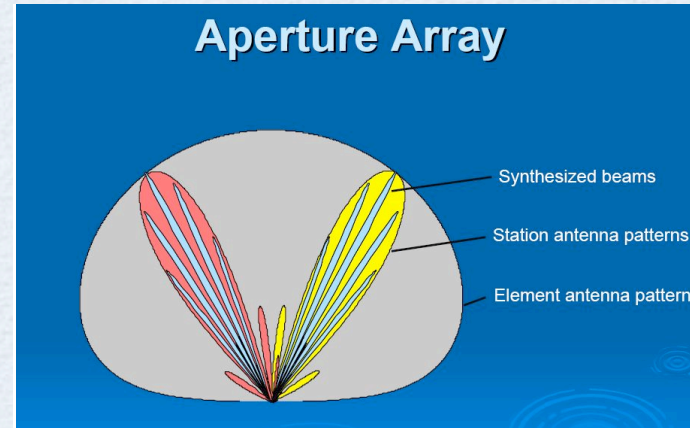
➤ 6 racks

- 128 IO nodes and 1024 compute nodes per rack
 - Internal Tree and Torus (175 MB/s * 6 directions)
 - Compute node
 - Dual core
 - 512 MB RAM
 - IO node
 - 1 GbE connection
 - Connected to 8 compute nodes
 - Diskless
- 1 Service Node (p650 + DB2)
- 8 Front-End nodes for development



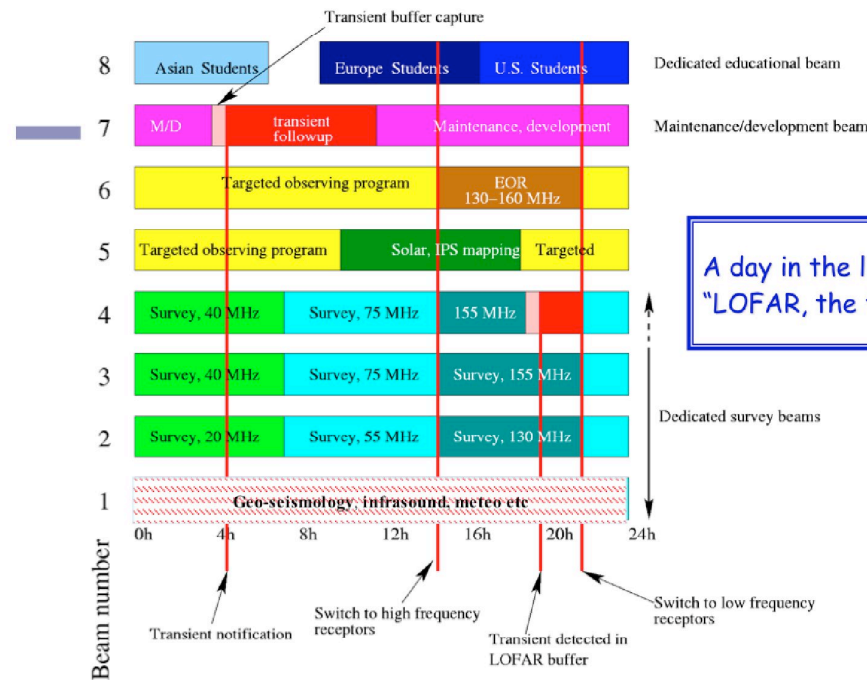
IBM BlueGene, 27 Tflops (= 2/3 de TERA), 0.5 Tbits/s en entrée...

synthèse d'ouverture :



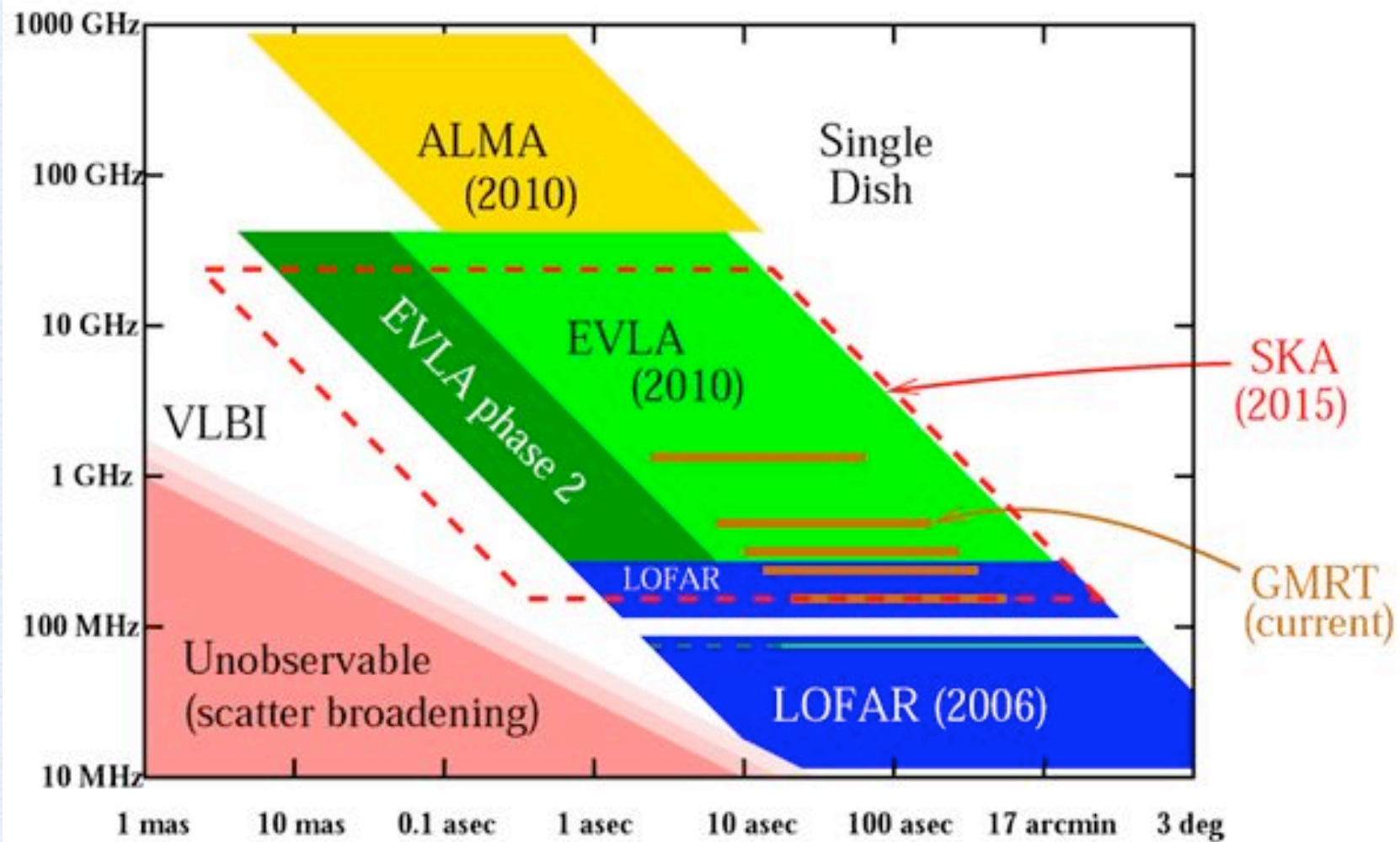
modes d'observation diversifiés :

- jusqu'à 8 pointages simultanés,
- repointage, changement de fréquence instantanés
- all-sky monitor
- pointage a posteriori à partir d'un buffer des données
- ...



A day in the life of "LOFAR, the telescope"



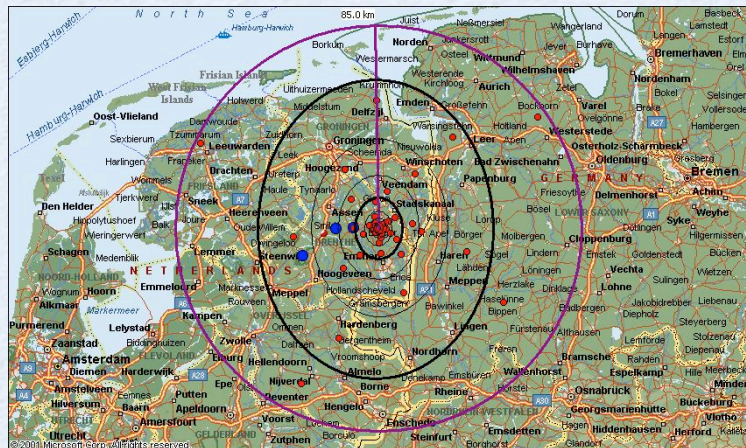




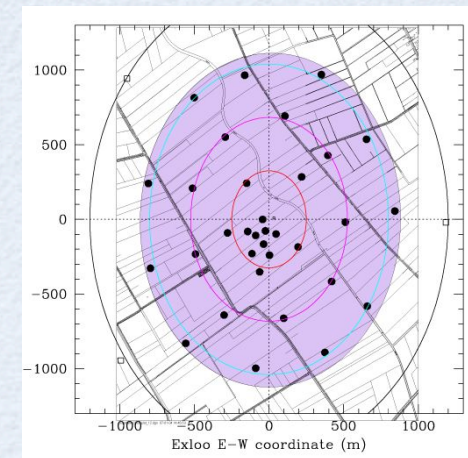
LOFAR

Calendrier du Projet

- 1/2006 Formation des SWG
- 1^{ère} Station Cœur (CS-1) 2007
- 2007 : Début de fonctionnement, 2009 : Fonctionnement final



77 stations en
Hollande + stations
étendues dans
d'autres pays

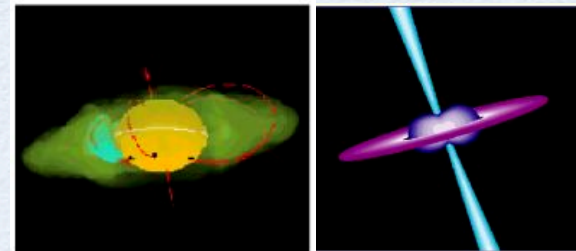
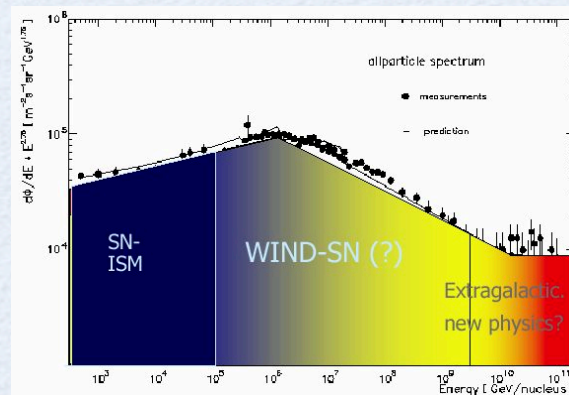
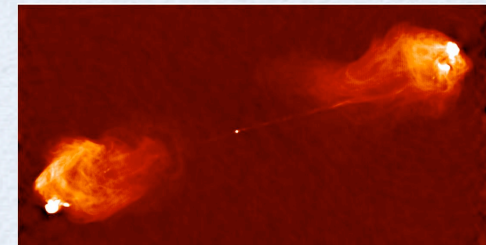
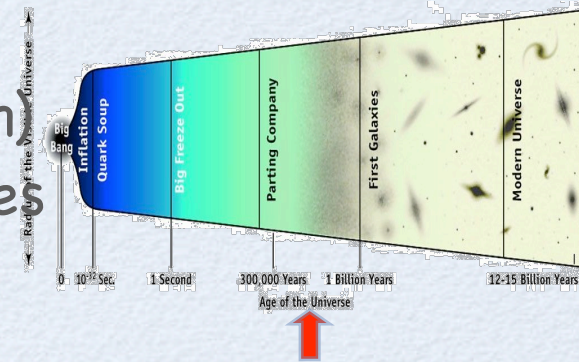


2006+ : Expansion Européenne = Allemagne (GLOW : 4 à 12 stations),
UK (3-4) , France (1), Suède (1 ?), Pologne (1 ?), Italie...

mais en cours : downsizing du LOFAR Hollandais !

objectifs scientifiques

- cosmologie / réionisation (Groningen)
- surveys profonds all-sky/galaxies (Leiden)
- transitoires : sources variables/sporadiques (Amsterdam)
- rayons cosmiques (Nijmegen)
- magnétisme galactique (Bonn ?)
- physique solaire & spatiale (Potsdam ?)

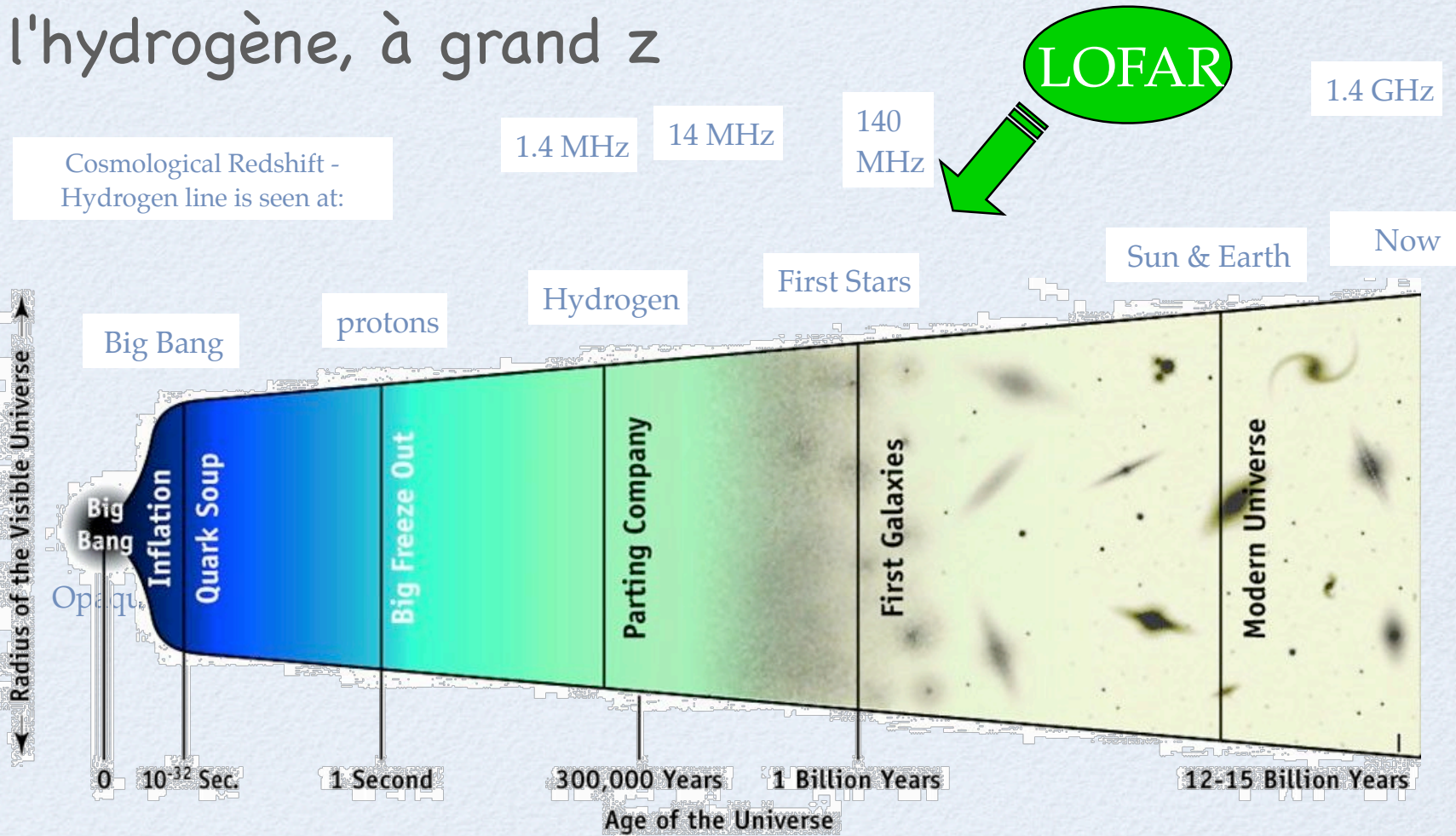




LOFAR

histoire de l'Univers : réionisation

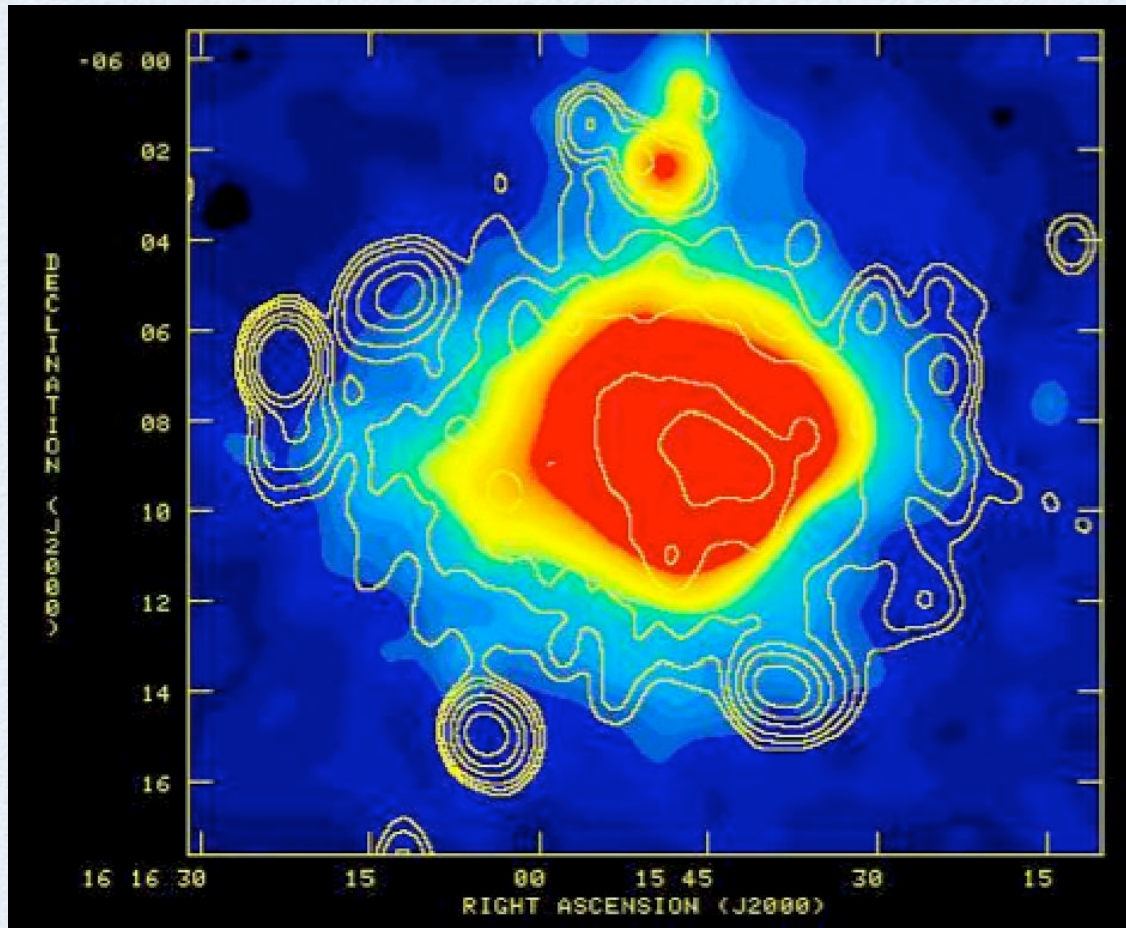
la raie à 21 cm de
l'hydrogène, à grand z





LOFAR

gaz chaud dans les amas de galaxies



L'amas A2163
vu en X
(couleurs) et
radio à 21 cm
(contours)

-> halos et
reliques

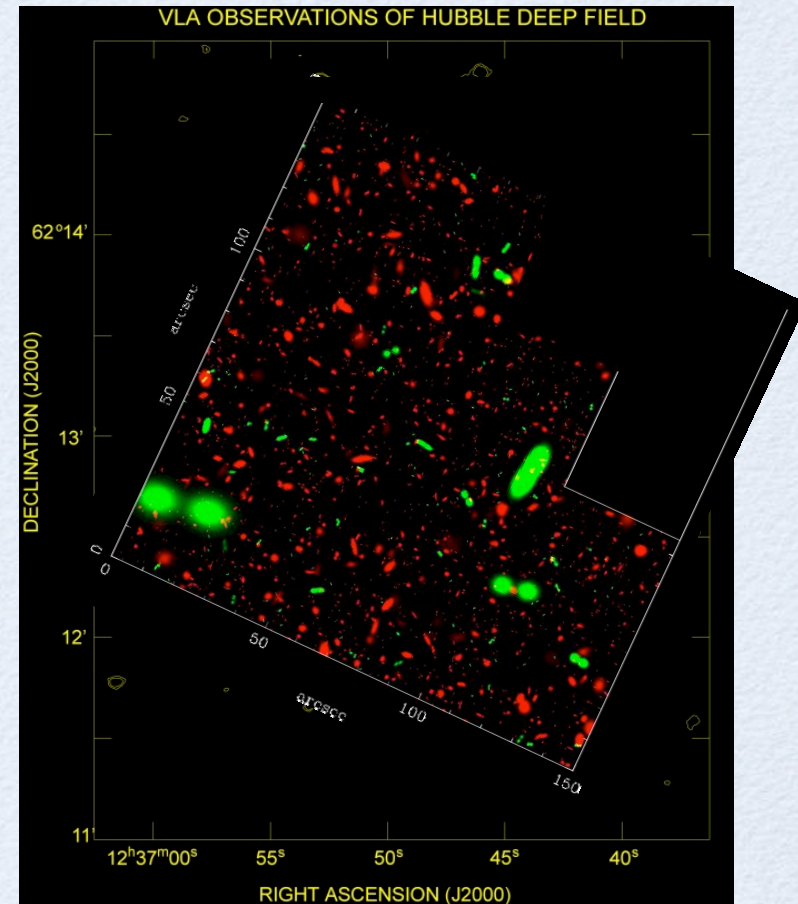
Ferreti et al.



LOFAR

champs profonds : des millions de nouvelles sources

- télescope à grand champ pour les surveys
- moniteur du ciel entier pour la détection des transitoires
- > 100 millions de nouvelles sources attendues :
 - étoiles et planètes
 - galaxies à formation d'étoiles
 - trous noirs actifs
 - premiers objets de l'Univers
 - ???



HDF/Simulated radio deep field.



LOFAR

Transitoires

sources
Synchrotron
compactes

AGN, binaires X,
GRBs

processus
cyclotron &
coherents

étoiles & planètes

scintillation

toutes les sources
compactes

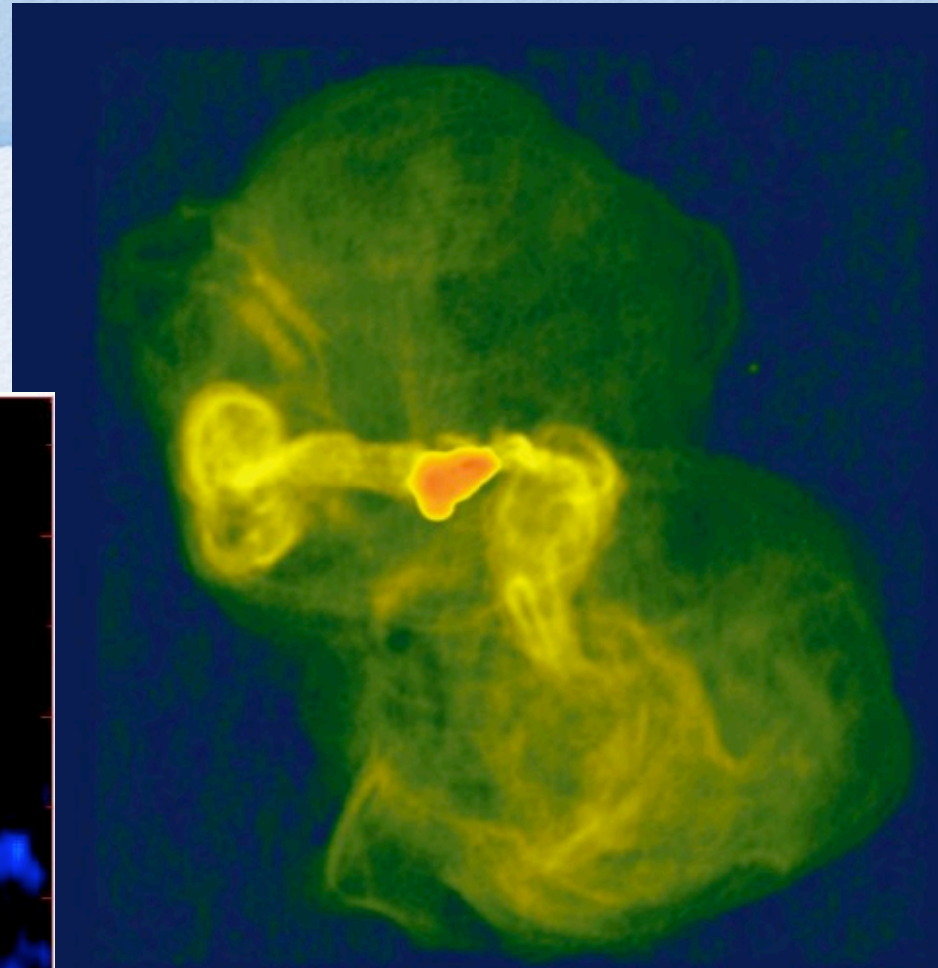
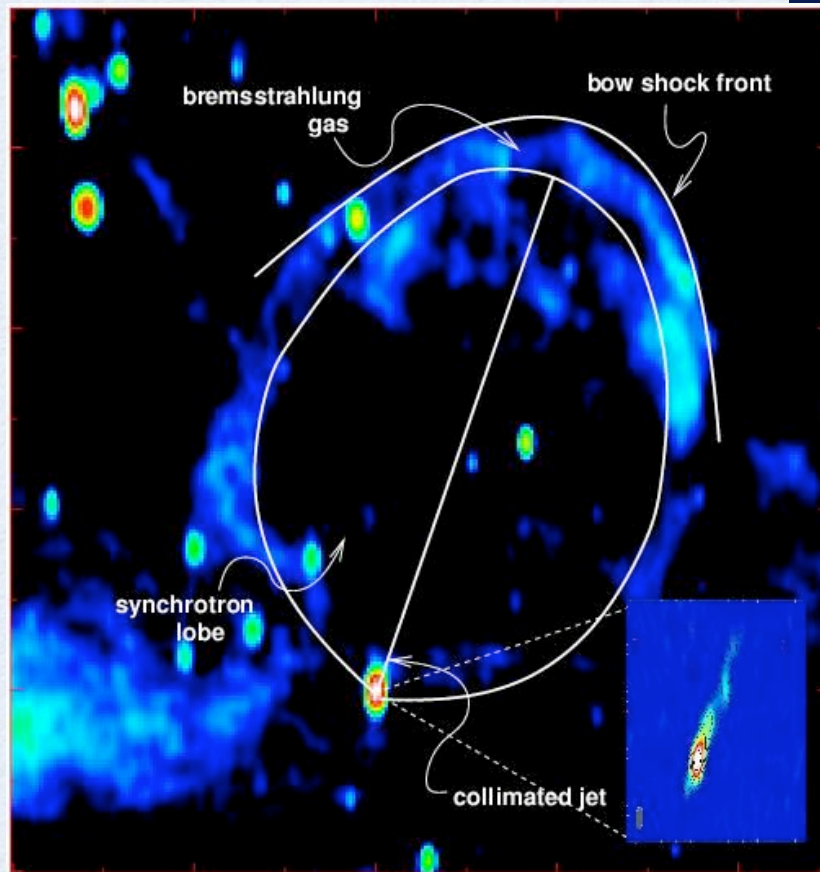




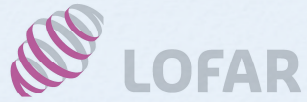
LOFAR

jets

VLA 90 cm: bulles
produites par le jet de
M87 (plus d'énergie
que le jet X !)

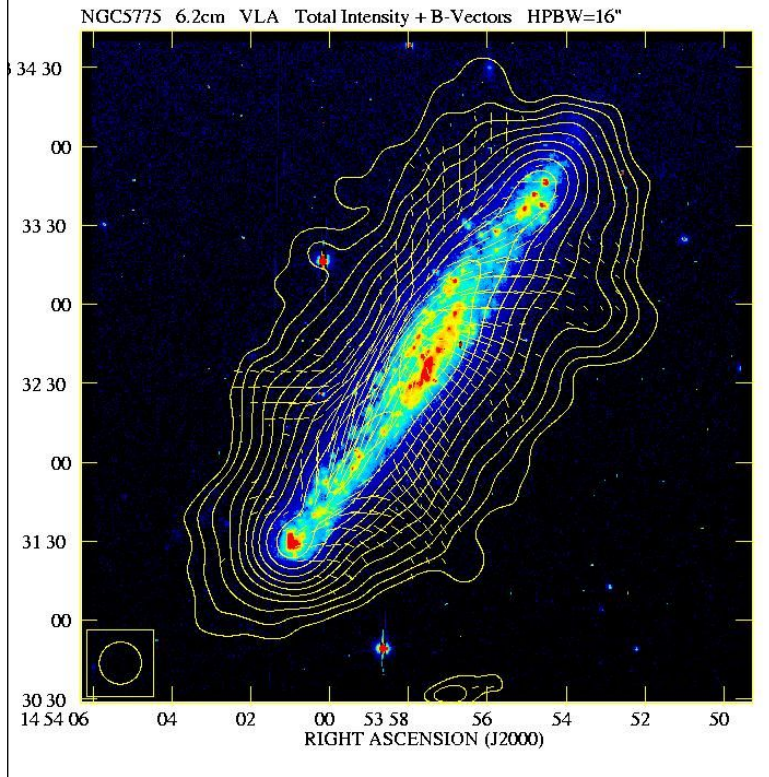


idem pour Cyg X1 (Westerbork 21 cm)

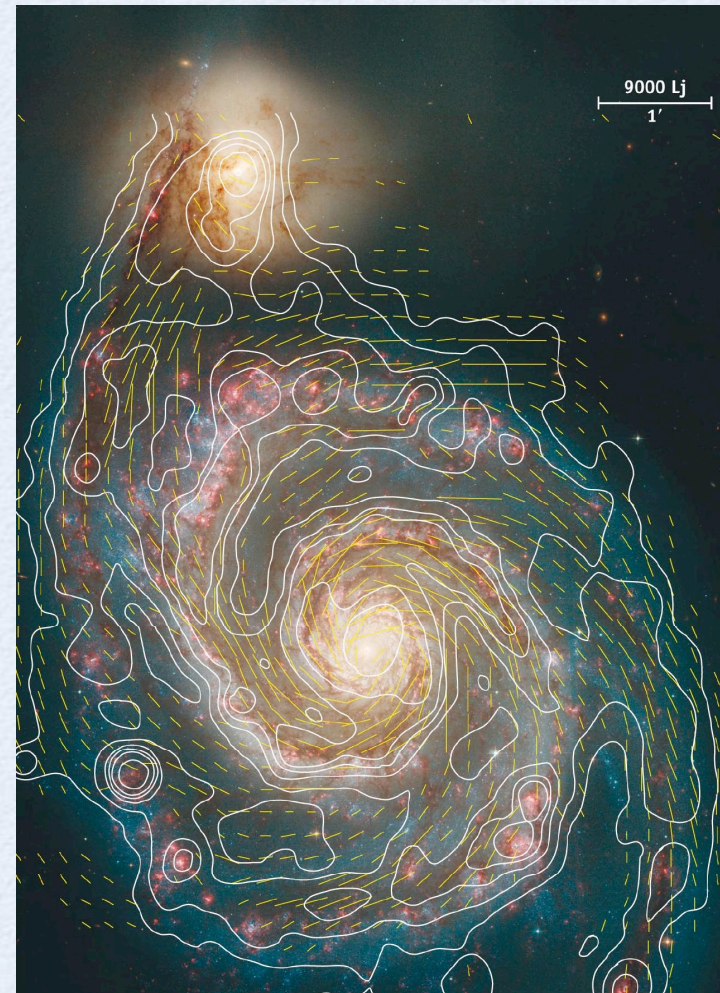


halos galactiques : champ magnétique et rayons cosmiques

NGC 5775, intensité et polarisation



M51, HST+VLA+Effelsberg





LOFAR

Lofar en France

- première proposition **Prospective INSU 2003**
- développements génériques en **RFI mitigation**
- campagne VLBI BF (**encore en cours**)
- poursuite de discussions (Ph. Zarka, P.I. de "Planets and exo-planets")
- visite de l'O.P. à ASTRON 1/2006 : station LOFAR à Nançay ?
- atelier scientifique CIAS-Meudon 28-29/3/2006
- proposition INSU/IN2P3/Obs-PM : 10/2006
- **argumentaire scientifique FLOW**



LOFAR

argumentaire scientifique

FLOW

- cosmologie, formation des structures
- amas de galaxies
- dynamique et champ magnétique des galaxies, notre Galaxie
- Noyaux Actifs de Galaxies
- binaires X, microquasars, restes de supernovae
- pulsars, plerions (pulsar wind nebulae)
- étoiles en formation
- planètes
- exoplanètes
- physique solaire
- phénomènes atmosphériques (Sprites etc.)
- IAS, APC, LESIA, GEPI, LERMA, LATT, LAM, LAOG, LLR,
LPTA, AIM...

complément idéal de nombreux instruments au sol et dans l'espace



LOFAR

financements et projets

- Budget total : ~ 700 k€ / 3 ans
- financements acquis en 2007
 - INSU (100 k€) = feu vert
 - Programme Astroparticules (39 k€)
 - Observatoire de Paris (100 k€)
 - région Centre \rightarrow ligne haut débit
- demandes à P2I, IN2P3...
- but : commande en 2007,
mise en service 2009
- négociations sur le retour scientifique
- pré-étude d'une station étendue



LOFAR

une station étendue ?

- au stade actuel, achat d'une station "clés en main", participation à l'exploitation scientifique
- UK, Allemagne : plusieurs stations
- une voie alternative : **station étendue**
= multiplie (par 8 ?) le nombre d'antennes raccordées à l'électronique de LOFAR



LOFAR

station étendue LOFAR

- développement instrumental original
- coût limité
- surface effective $\sim 2-3$ fois le décimétrique actuel
- quand non utilisé par LOFAR, usage possible en local ou corrélé avec les autres stations lointaines
- recherche, développement, formation
- très fort intérêt en Europe



LOFAR

station étendue LOFAR

- pré-étude de faisabilité à Nançay
- choix des antennes, configuration...
- besoin d'un argumentaire scientifique spécifique
- contributions européennes / internationales ?
- -> workshop automne 2007
- demande ANR en 2008