

A map of Europe with a dark blue background. The landmasses are shown in a lighter blue. Numerous yellow dots, representing LOFAR antenna stations, are scattered across the continent, primarily in the northern and central regions. Dotted lines connect some of these dots, forming a network. The text 'LOFAR' is written in large, bold, orange letters at the top center, and 'The Low-Frequency Array' is written in smaller, orange, italicized letters below it.

LOFAR

The Low-Frequency Array

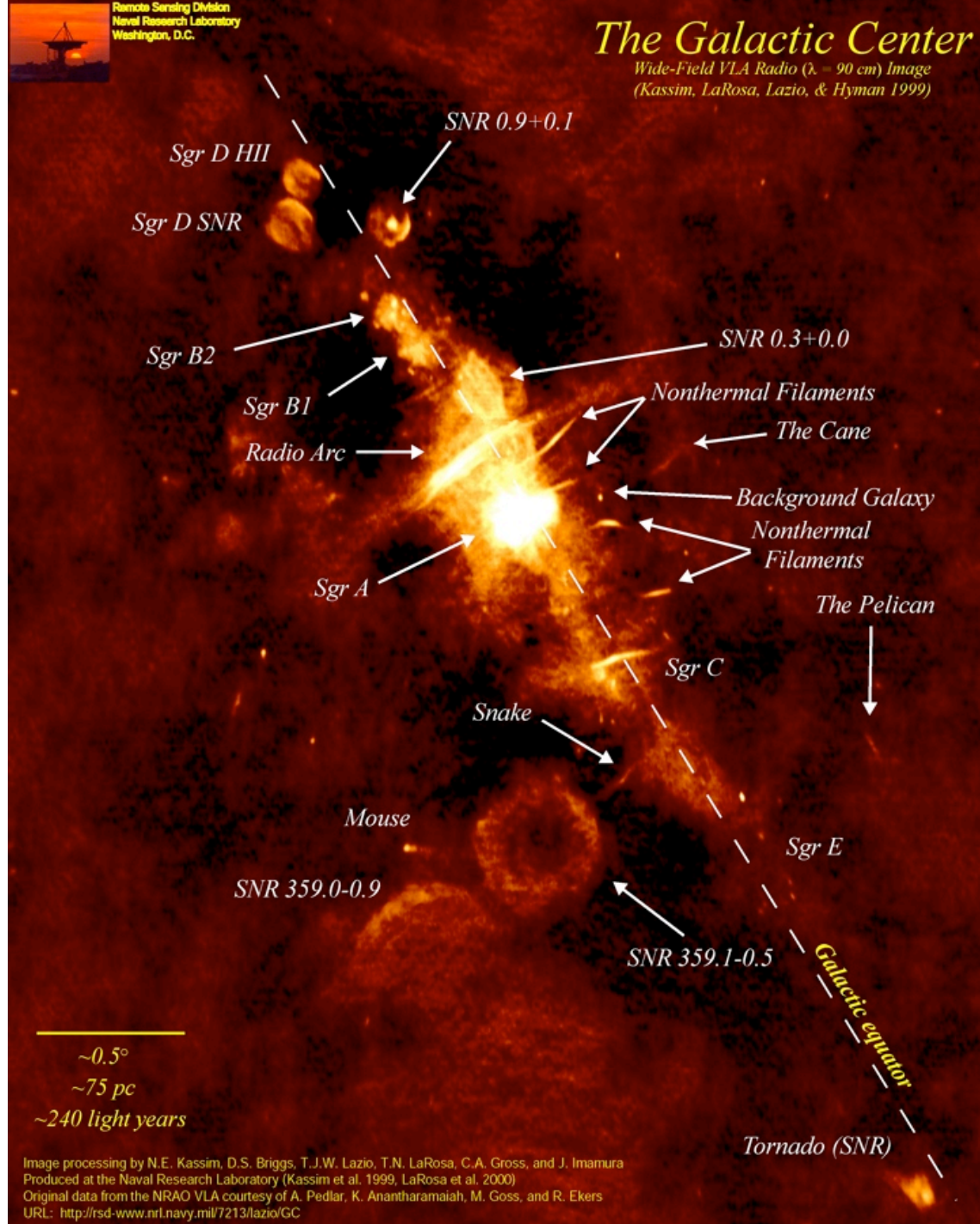
en préparation du consortium FLOW

Michel Tagger (APC)

Philippe Zarka (LESIA)

et al...

des progrès
marquants
en radio
basse
longueur
d'onde...



Kassim et al. : Centre
Galactique @ 90 cm

LOFAR = Interféromètre de Réseaux Phasés

$$\Delta f = (10)30\text{-}240 \text{ MHz (1.25 - 10 à 30 m)}$$

$$A_e \sim 200000 \text{ m}^2, \text{ Cœur + Stations}$$

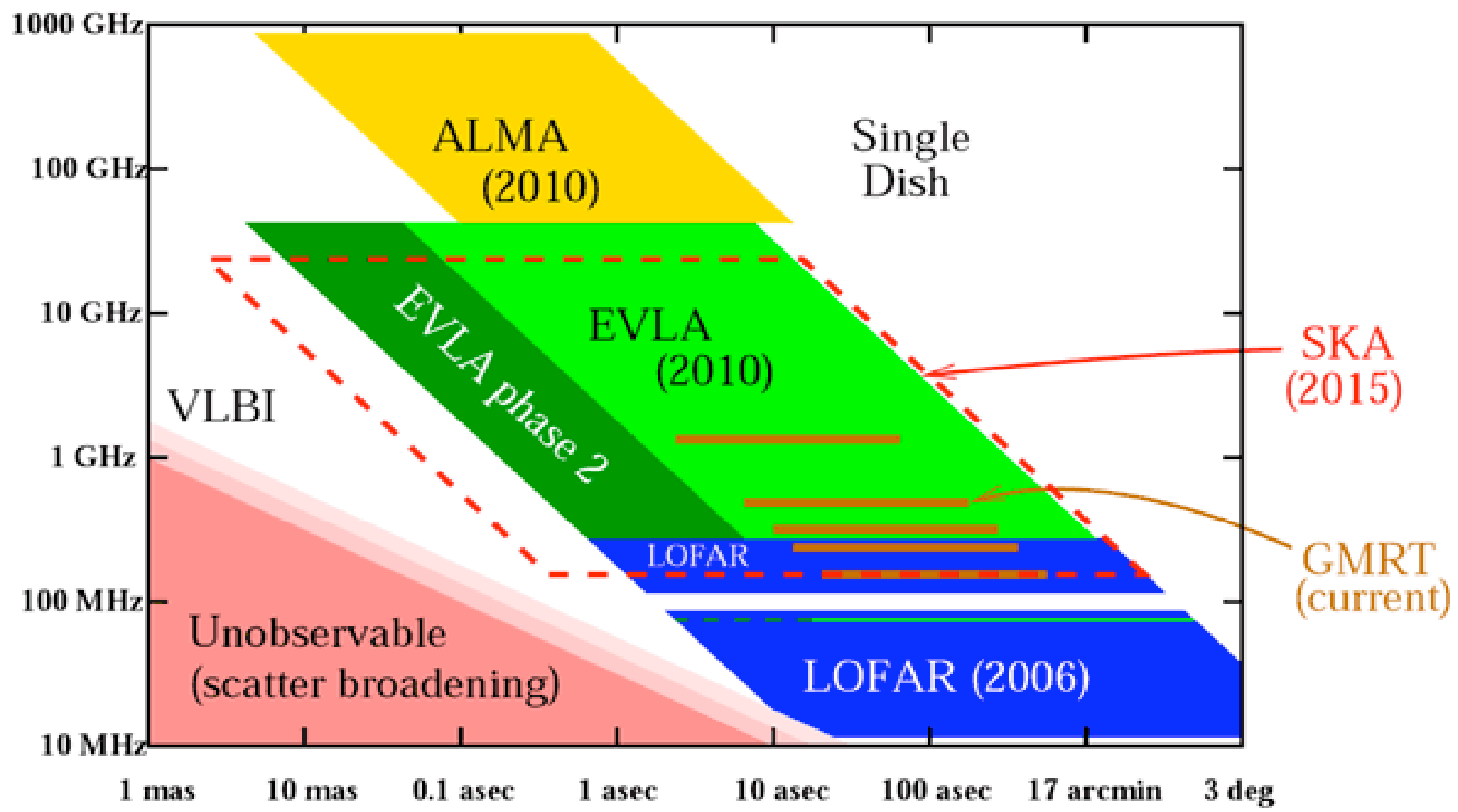
concept novateur et précurseur : $\sim 10^4$ antennes très simples
+ traitement massif centralisé (BlueGene)

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

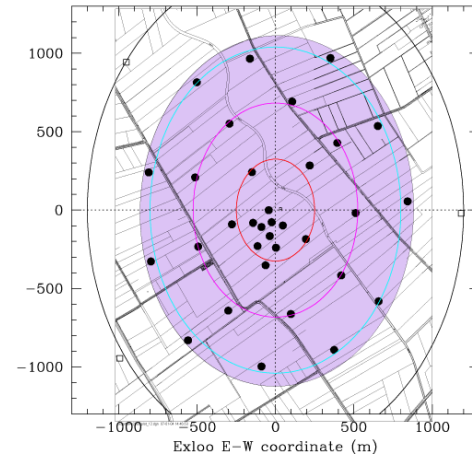
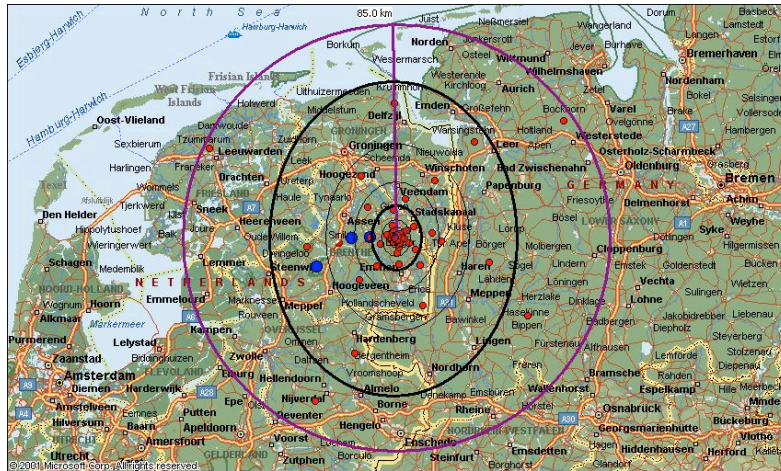
(b) Sensitivity quoted for 1 hour integration time, 2 polarizations and 4 MHz bandwidth



Calendrier du Projet

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

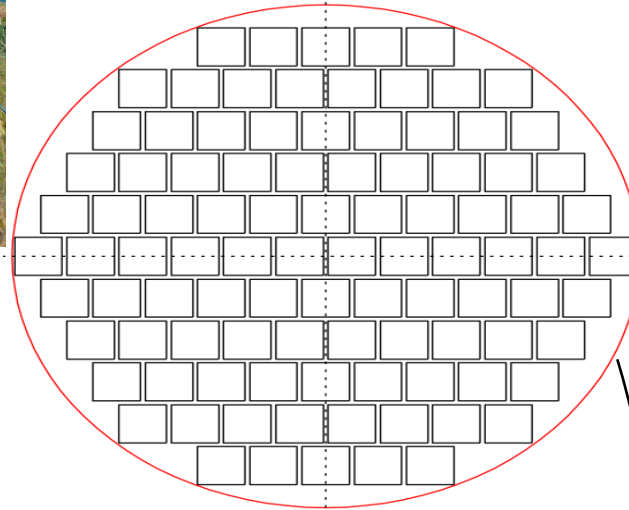
- 1/2006 Formation des SWG :
Transients Key Project :
 - (1) Jets
 - (2) Pulsars
 - (3) (exo)Planètes (PI P.Zarka)
 - (4) Étoiles/Flare stars
- 1^{ère} Station Cœur (CS-1) fin 2006
(2007 : Début de fonctionnement, 2009 : Fonctionnement final)



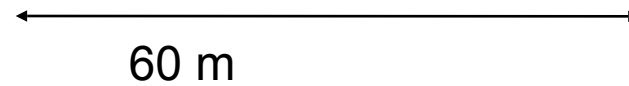
- 2006+ : Expansion Européenne = Allemagne (GLOW), UK, Suède (LOIS) ?, France, Italie, Pologne ?

Stations étendues

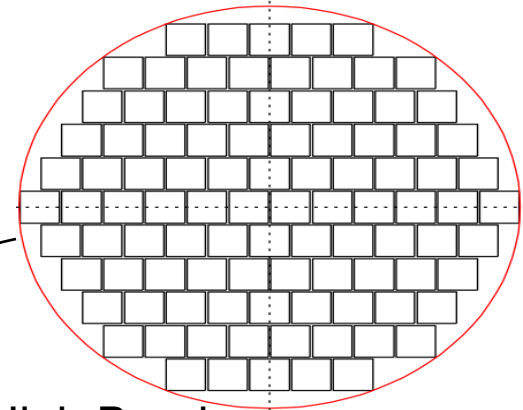
96 antennes BF + 96 tuiles HF



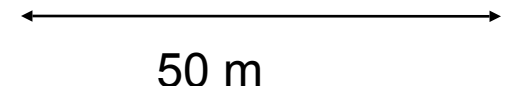
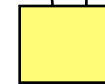
Low Band



60 m



High Band

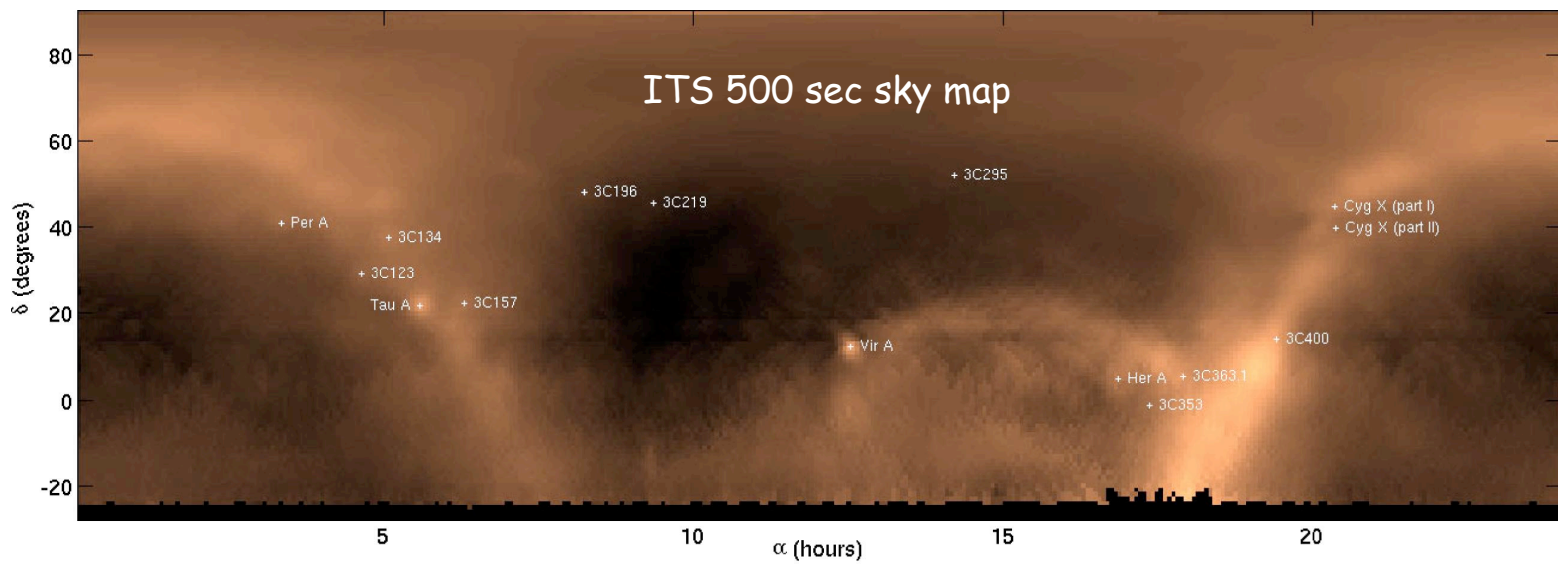
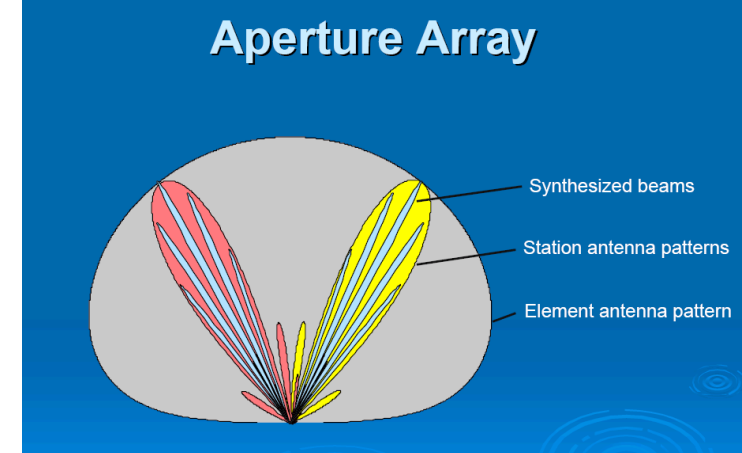


50 m

+ liaison 3 Gbit/sec

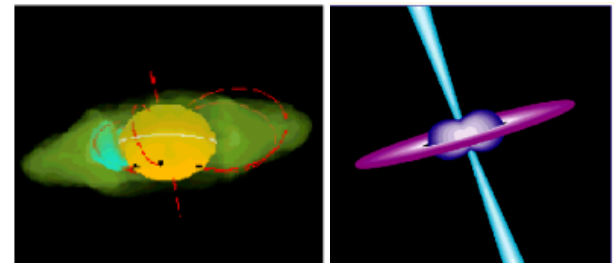
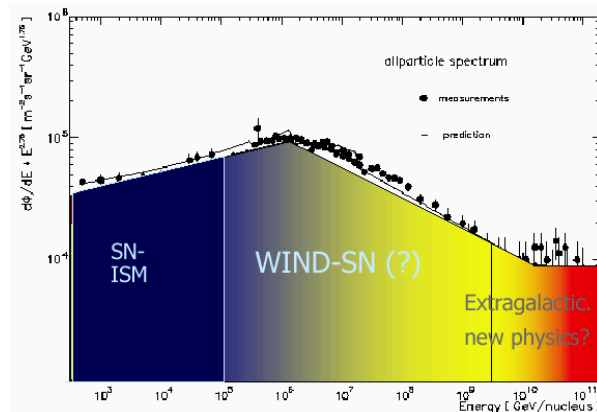
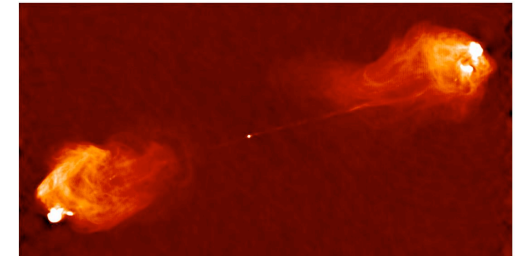
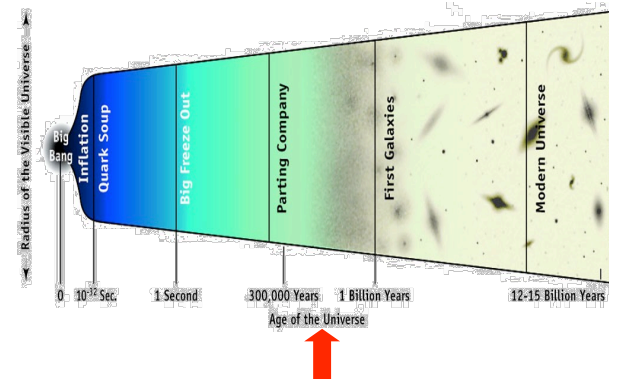
Caractéristiques techniques :

- imagerie haute résolution ($\sim 1-10''$)
 - grand champ (plusieurs $^\circ$)
 - multi-fréquences / multi-faisceaux (8×4 MHz)
 - all-sky monitor
 - haute sensibilité (0.1-10 mJy),
 - polarisation complète (4 paramètres de Stokes)
 - résolutions 1 msec \times 1 kHz
- gain de 1-2 ordres de grandeur en sensibilité & résolution / instruments existants
- 1^{er} télescope BF généraliste et 1^{er} spectro-imageur à $f \leq 100$ MHz



objectifs scientifiques

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



histoire de l'Univers

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

Cosmological Redshift -
Hydrogen line is seen at:

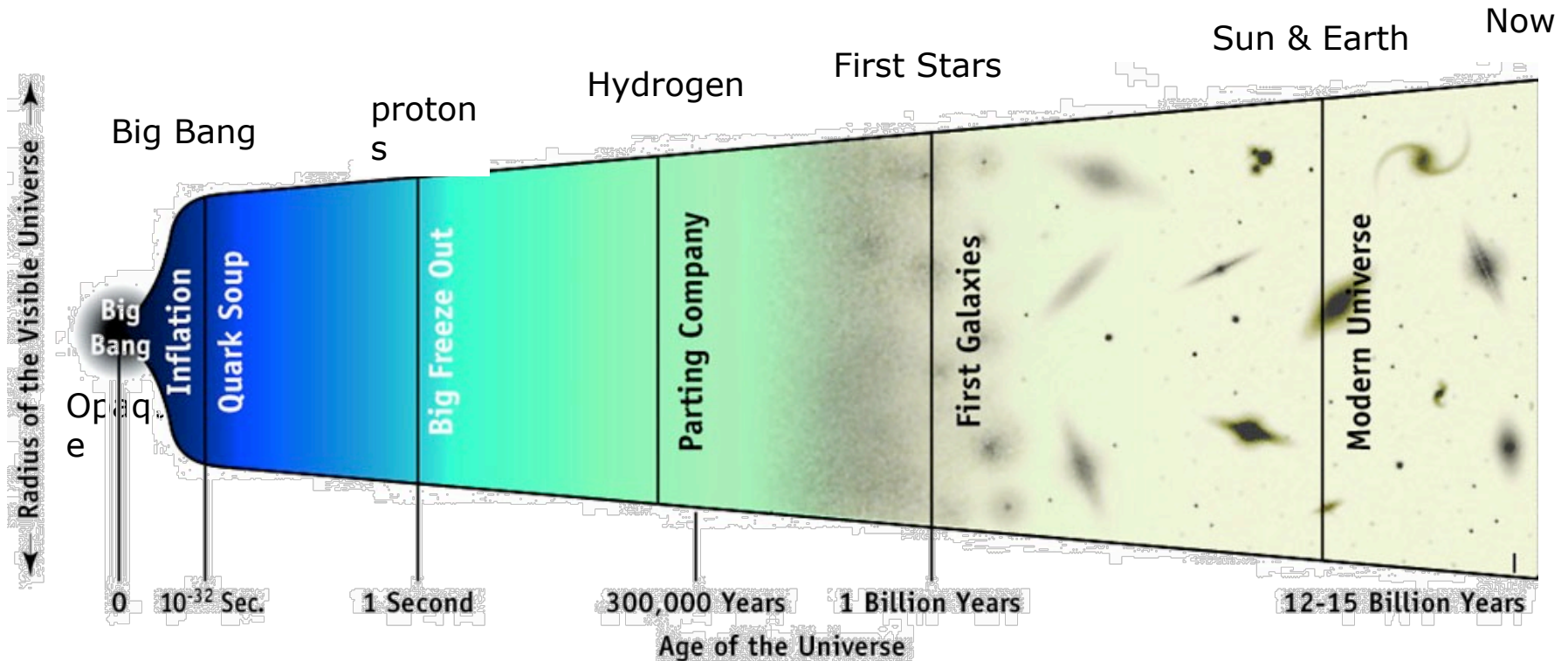
1.4
MHz

14
MHz

140 MHz

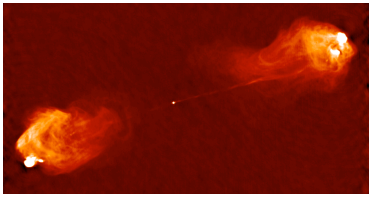
LOFAR

1.4
GHz



époque de la réionisation

- ✓ déterminer l'époque (ou l'ère) de la réionisation
 - 115 MHz @ $z = 11.4$ (WMAP 3 ans: $z \sim 11-6$)
 - 180 MHz @ $z = 6.9$
- ✓ en déterminer les sources (modélisation)
 - étoiles chaudes (massives) ou trous noirs (Quasars)
dans les galaxies en formation
- ✓ spectre des fluctuations en fonction du redshift
 - échelles angulaires $1' - 1^\circ$
 - fréquences 0.1 - 10 MHz
- ✓ forêt à 21cm dans les radio-sources à grand redshift

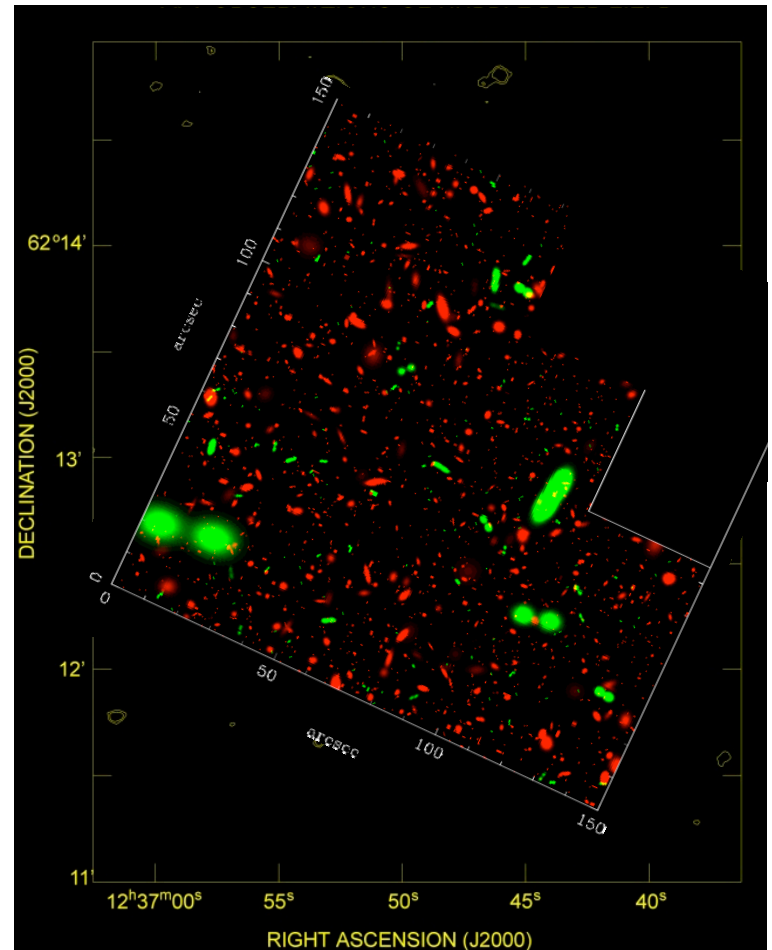


Radio image of giant radio galaxy

champs profonds avec LOFAR : des millions de nouvelles

sources

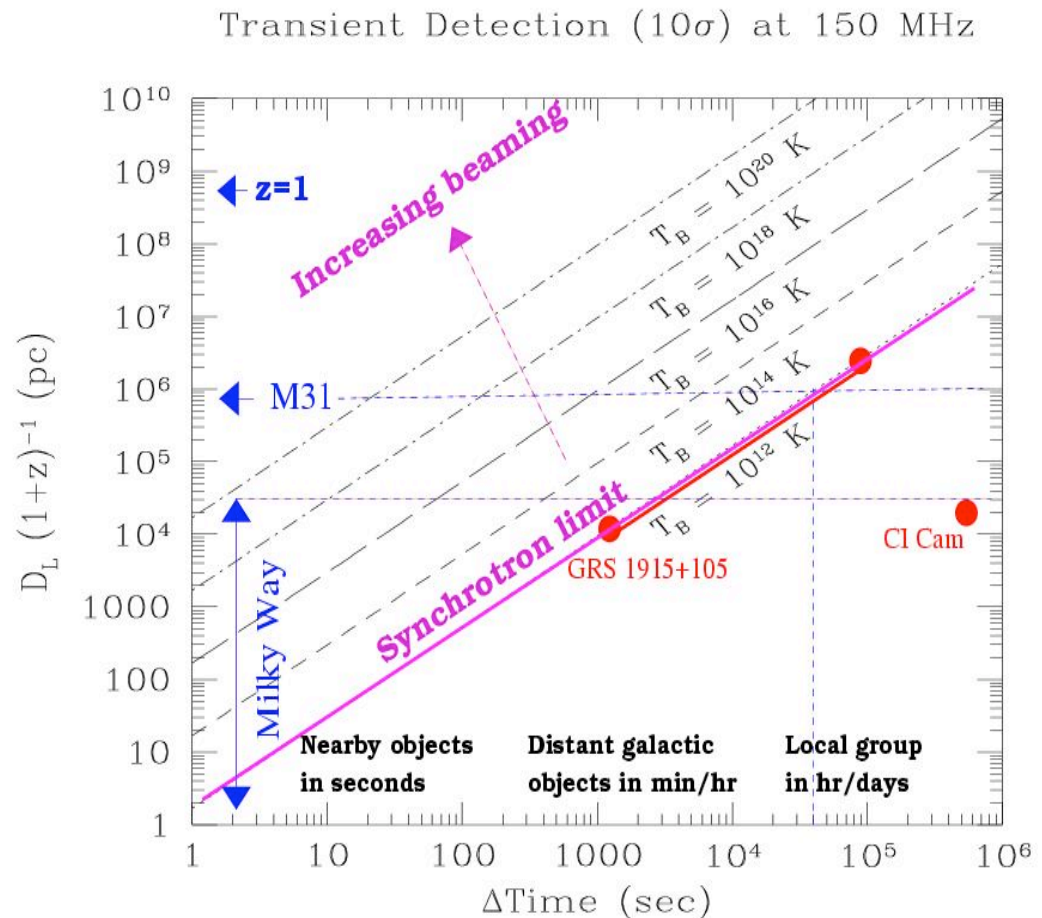
- télescope à grand champ pour les surveys
- moniteur du ciel entier pour la détection des transitoires
- > 100 millions de nouvelles sources attendues :
 - étoiles et planètes
 - galaxies à formation d'étoiles
 - trous noirs actifs
 - premiers objets de l'Univers
 - ???



Simulated radio deep field.

Transitoires avec LOFAR

- sources Synchrotron compactes
 - AGN, binaires X, GRBs
- processus cyclotron & cohérents
 - étoiles & planètes
- scintillation
 - toutes les sources compactes



Lofar en France (1)

- première proposition Prospective INSU 2003
- développements génériques en RFI mitigation
- campagne VLBI BF
- 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 en France (2)

- Atelier scientifique CIAS-Meudon 28-29/3/2006 :
LOFAR, the Low Frequency Array : Radioastronomie basses fréquences à une résolution de quelques secondes d'arc (Astrophysique, Cosmologie et Astroparticules) Vers une participation française ...

<http://www.lesia.obspm.fr/plasma/LOFAR2006/>

- ~ 40 participants (+ excusés)
- Intérêts scientifiques variés
- Groupe scientifique Argumentaire Scientifique
- Encouragements des tutelles

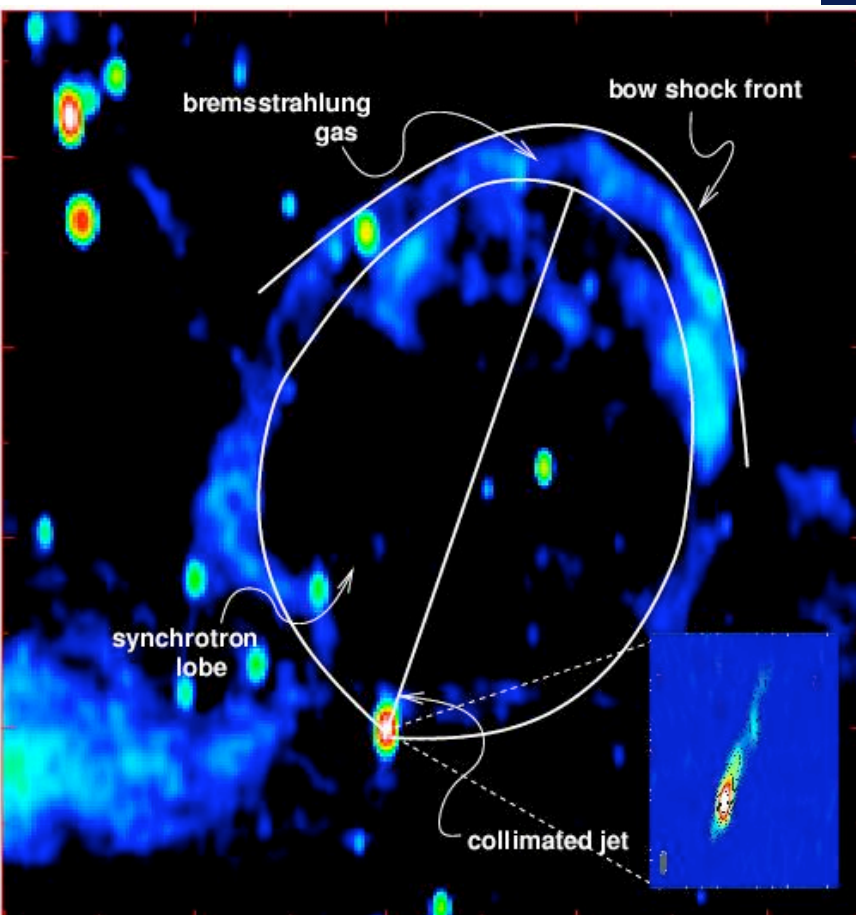
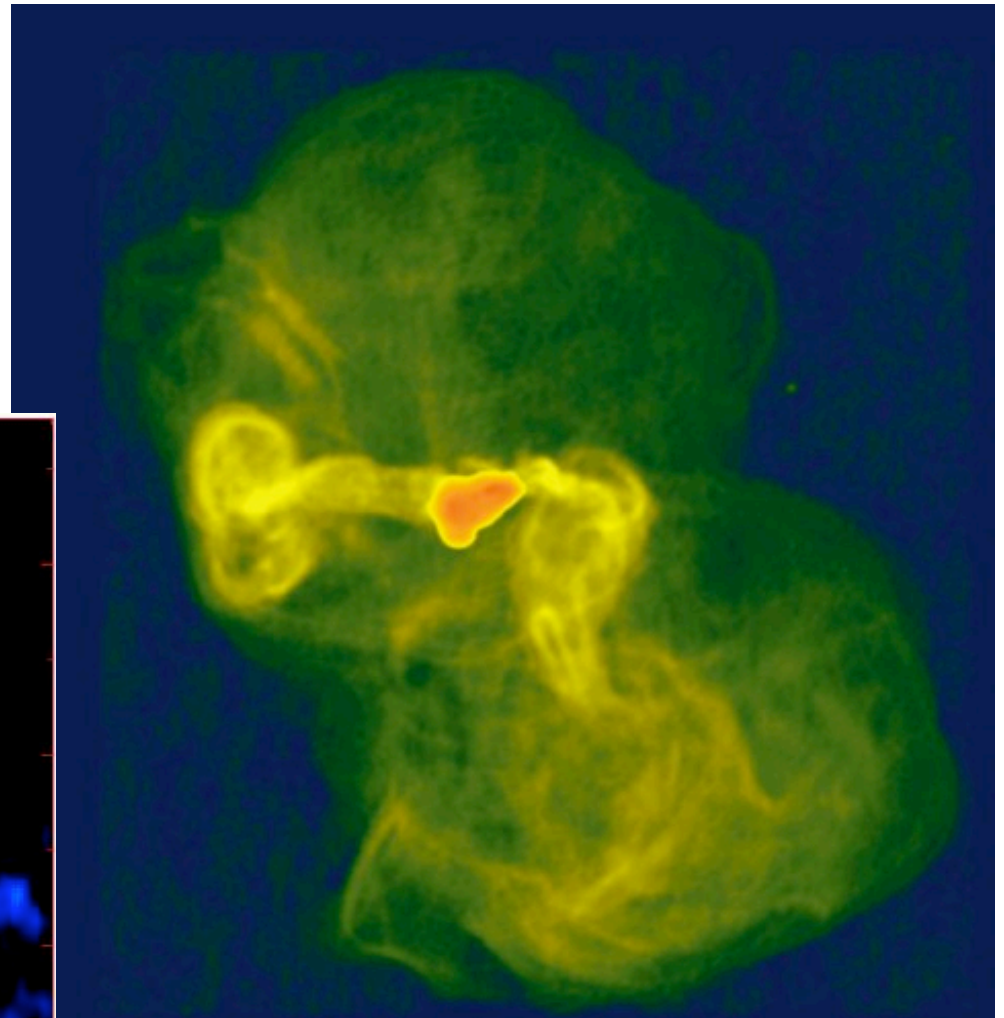
argumentaire scientifique FLOW

- 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 -> Taranis)
- gerbes de rayons cosmiques (CODALEMA)

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

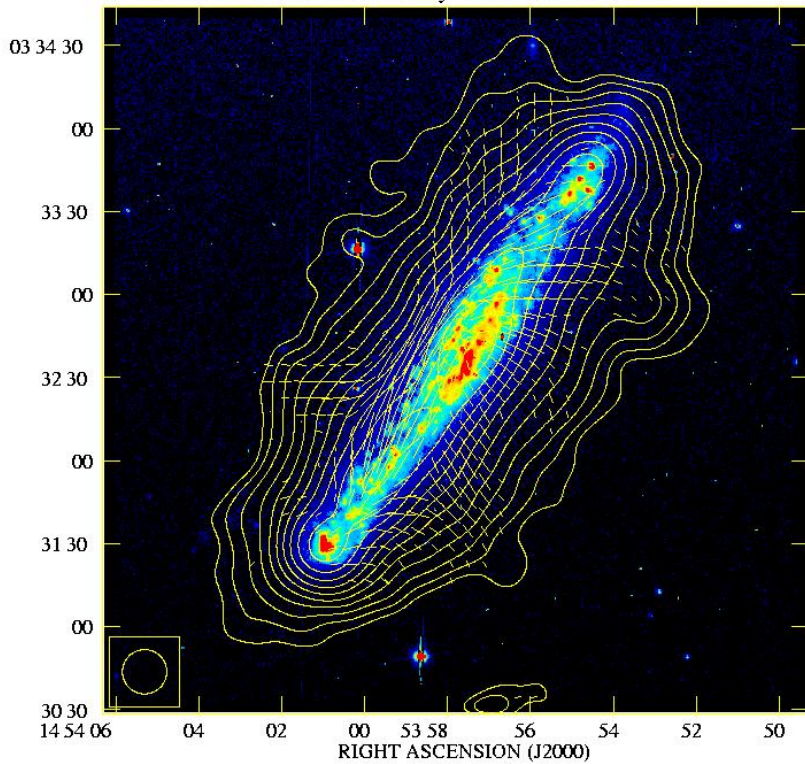
VLA 90 cm: bulles
produites par le jet de
M87

(plus d'énergie que le
jet X !)



Westerbork 21 cm: idem pour Cyg X1

NGC5775 6.2cm VLA Total Intensity + B-Vectors HPBW=16"



Halos galactiques (B et rayons cosmiques) :

NGC 5775, intensité et polarisation

Indice spectral -> sous-structures
-> propagation des cosmiques ?

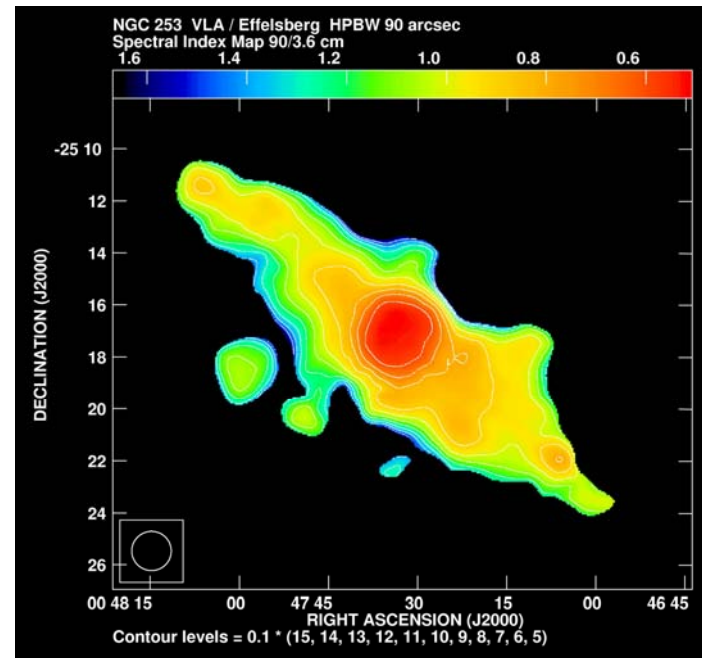
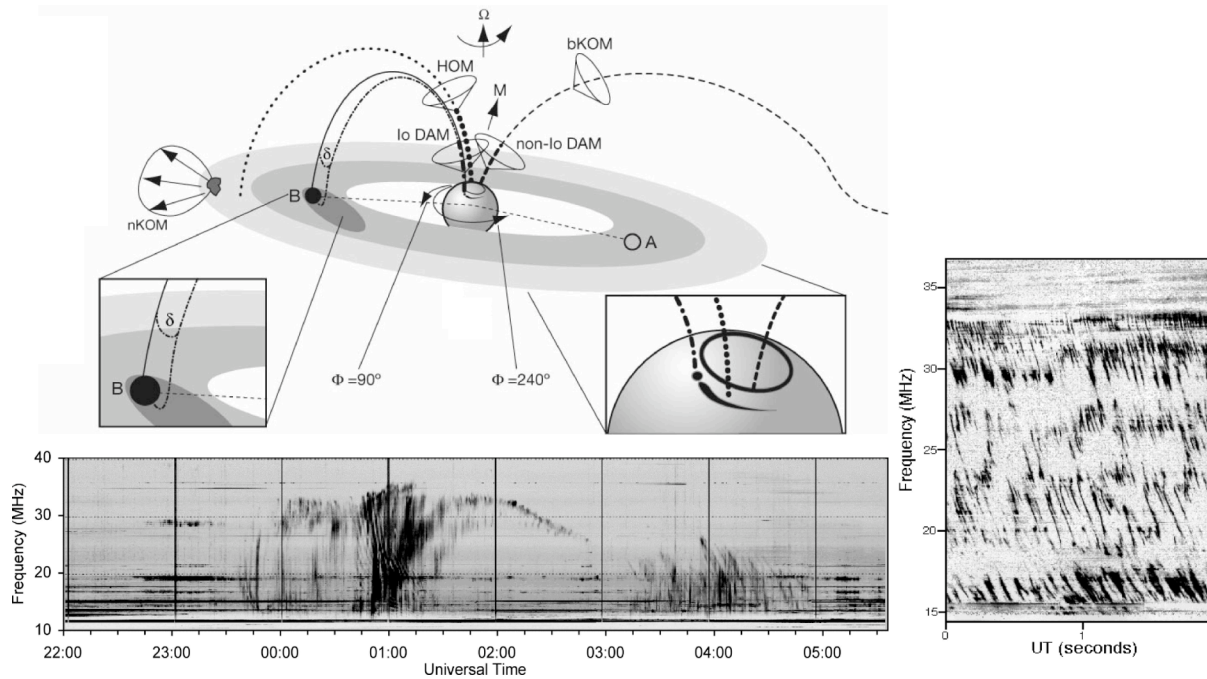


Figure 5: Spectral index map between 90cm and 3.6cm from combined total power maps obtained Effelsberg (3.6cm) and VLA (90cm) radio telescopes. Substructure and gradients can be attributed to cosmic ray propagation processes and magnetic field structures (Heesen, Krause & Beck, in prep).

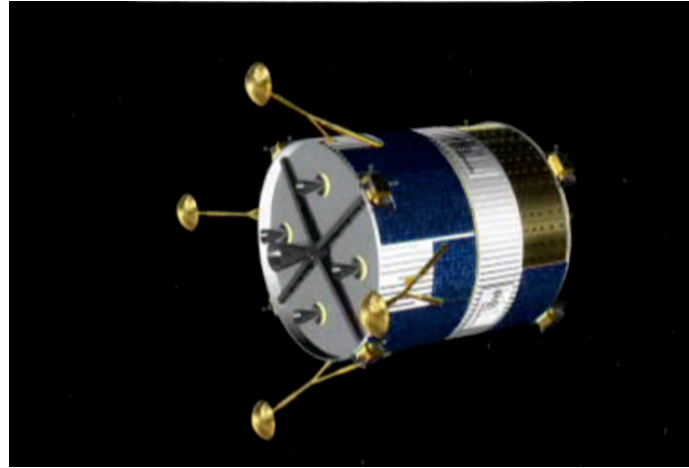


Emission radio de Jupiter
+ autres planètes géantes

... + exoplanètes ?

LOFAR - Lune ?

- "gapfiller" lunaire
- EADS-space -> €
- 1 Ariane 5 -> 1 t
- possibilité d'un L



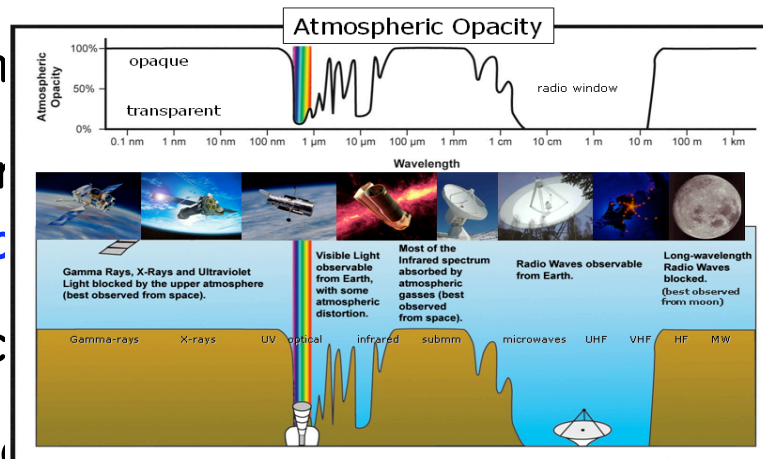
(programme AURORA)

13 - 2015

Lune

la face cachée

- 1 lander + antenne
- mars 2006 : sign (co
- juin 2006 : renc
- ... à suivre ! étu



2

et EADS

[//www.lofar.org](http://www.lofar.org)

don

ique,

objectifs scientifiques...

autres applications: géophysique, agronomie

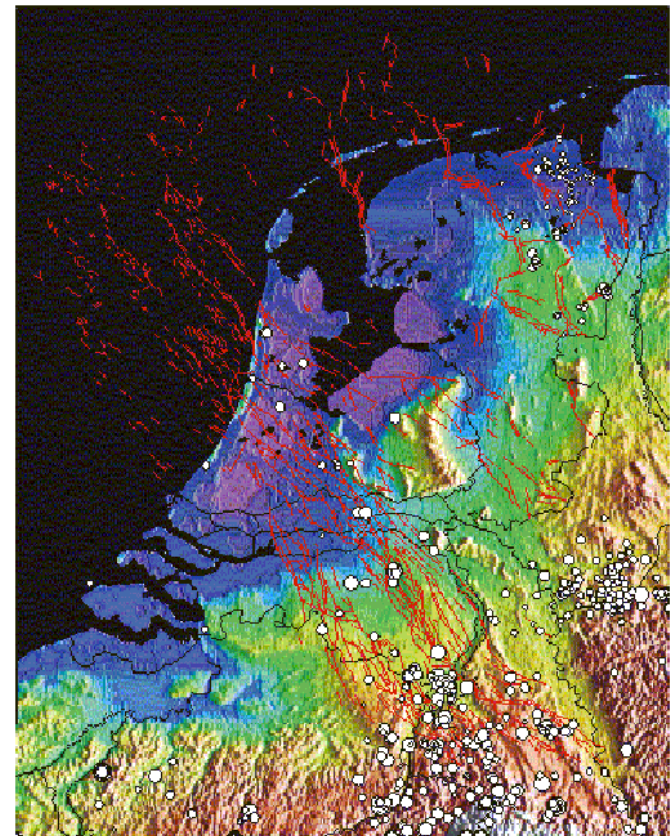
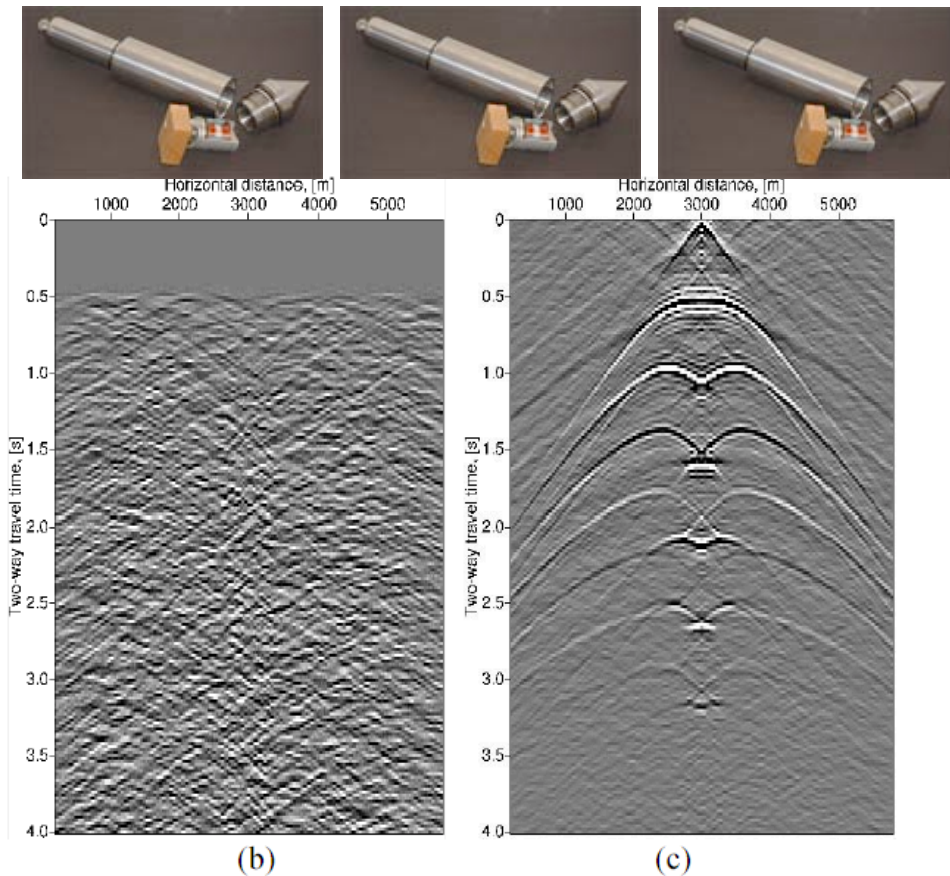


Figure 3.2 Geologic Netherlands. White circles are earthquake epi-centres.

LOFAR = réseau de senseurs, infrastructure...

Lofar en France (3)

- études couverture (u,v), VLBI Nançay - Westerbork
- LOFAR long baseline science case workshop : ASTRON, 15-16/5/2006
- Interaction avec les autres projets radio BF (SKA, CODALEMA, FASR) -> Gouttelas 06/2007
- station étendue ?
- automne 2006: demande INSU/IN2P3/Obs-PM pour 1 station à Nançay + pré-étude station étendue, liens avec géophysique, agronomie...
- 2007: négociations sur le retour scientifique ; demande ANR +régions : Centre de Données Scientifiques (+ station étendue ?)
- évolutions ultérieures : LOFAR sud, Lune...
- autres disciplines (agronomie, geophysique) ?