

NOEMA & ALMA: la radioastronomie sub/millimétrique

Frédéric Gueth

Institut de RadioAstronomie Millimétrique (IRAM)



30-m Pico Veleta



Plateau de Bure



Plateau de Bure

Institut de Radio Astronomie Millimétrique (IRAM)

Observatoire international (F/D/E)

Observatoires Pico Veleta + Plateau de Bure

Centre technique & scientifique à Grenoble

Cassegrain

$F/D = 0.35$

$F_e/D = 10$



récepteurs



Jodie Foster dans *Contact* (1997)



Jodie Foster dans *Contact* (1997)

Petite longueur d'onde
Haute fréquence
Photons de haute énergie



400 nm

Violet

Bleu

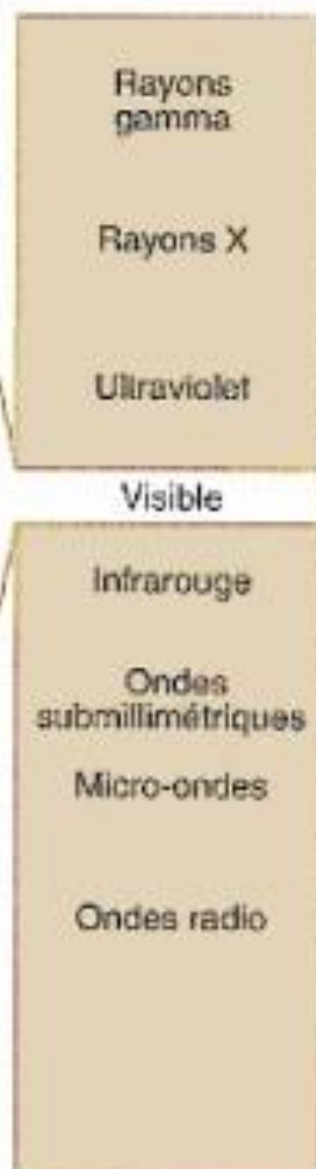
Vert

Jaune

Orange

Rouge

700 nm



Rayons
gamma

Rayons X

Ultraviolet

Visible

Infrarouge

Ondes
submillimétriques

Micro-ondes

Ondes radio

λ
0,001 nm
0,01 nm

0,1 nm
1 nm

10 nm
100 nm

1000 nm
10 000 nm

0,1 mm
1 mm

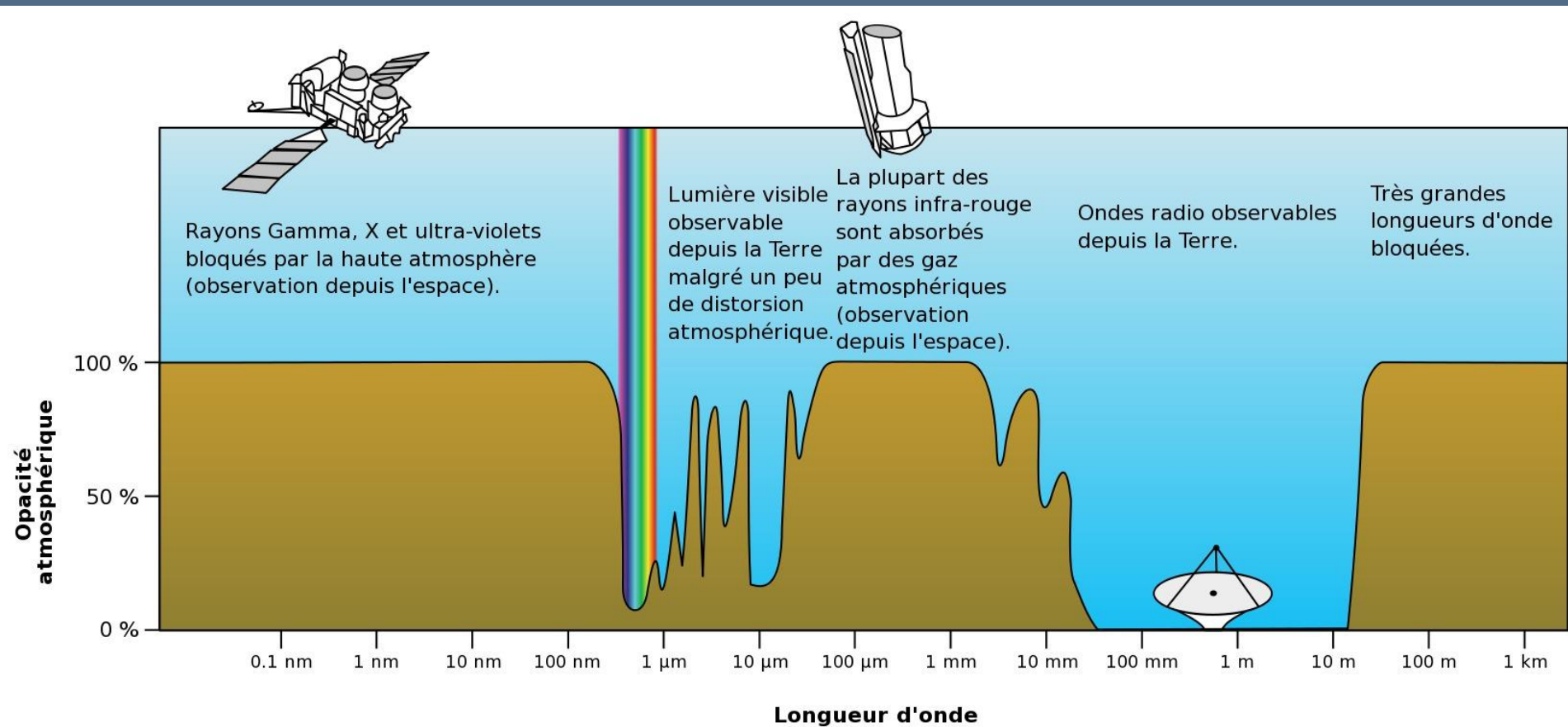
1 cm
10 cm

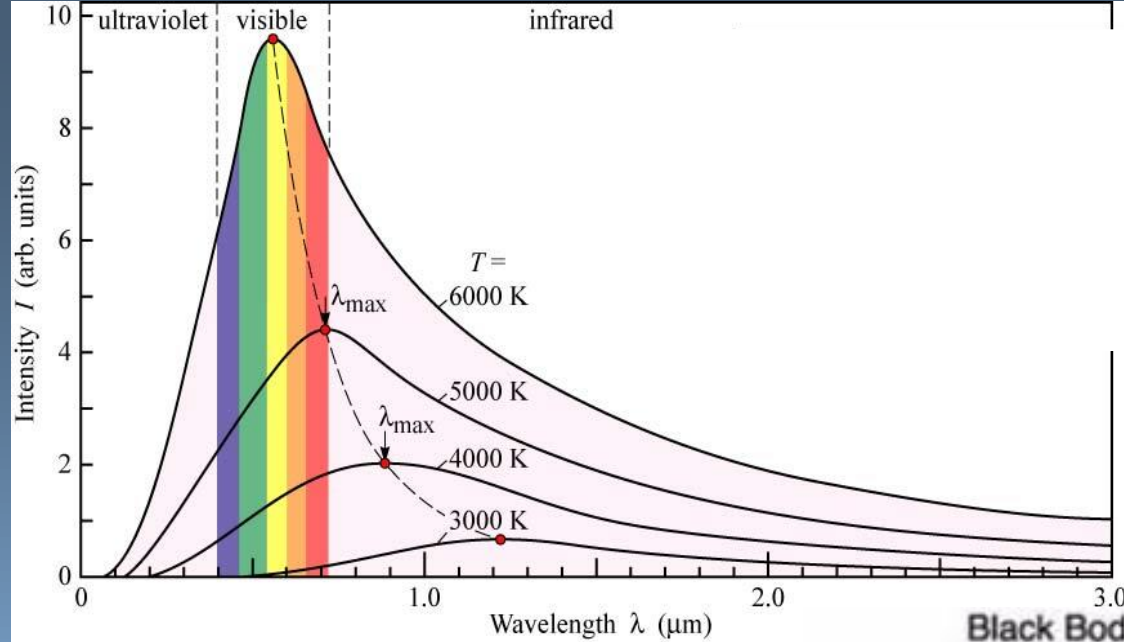
1 m
10 m

100 m

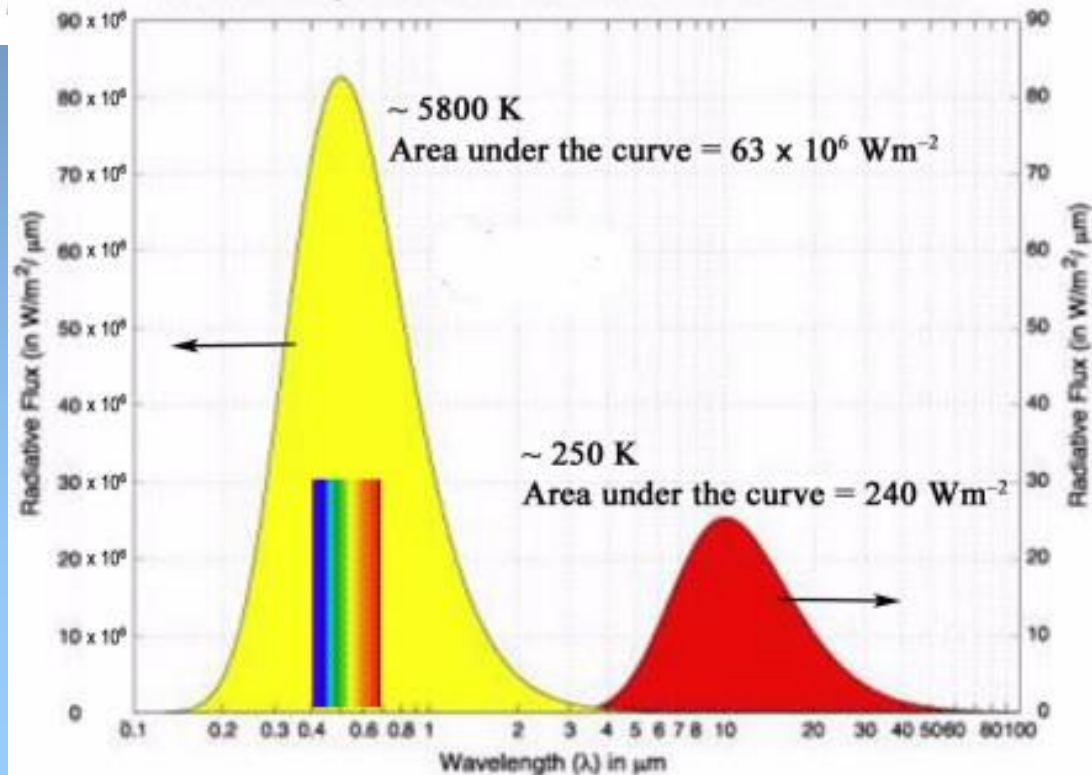


Grande longueur d'onde
Petite fréquence
Photons de faible énergie

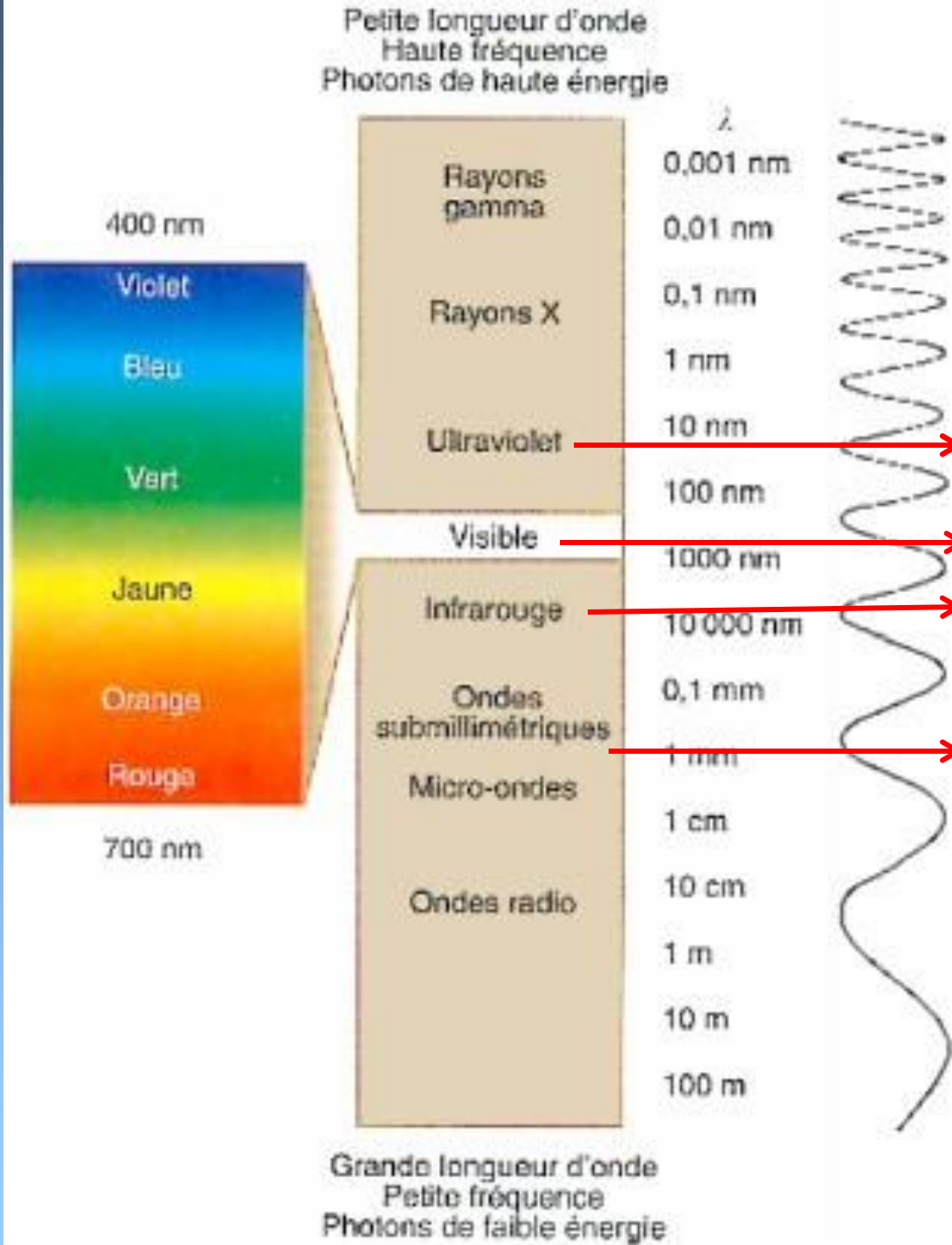




Black Body Emission Curves



Le pic d'émission thermique d'un corps noir dépend de sa température

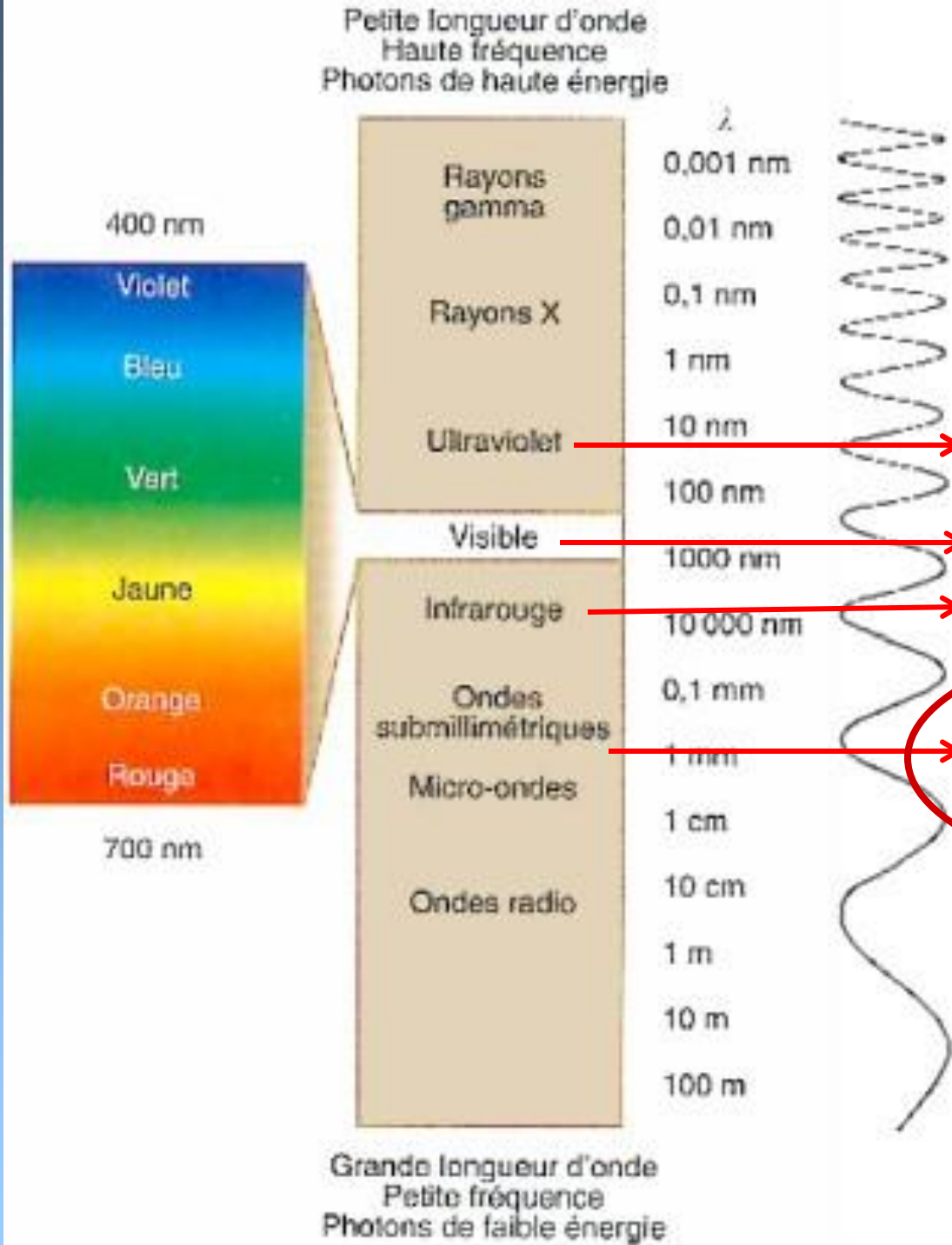


L'univers chaud (>10⁵ K)

Soleil (6000 K)

Corps humain (310 K)

L'univers froid (<50 K)



L'univers chaud ($>10^5$ K)

Soleil (6000 K)

Corps humain (310 K)

L'univers froid (<50 K)

L'univers froid

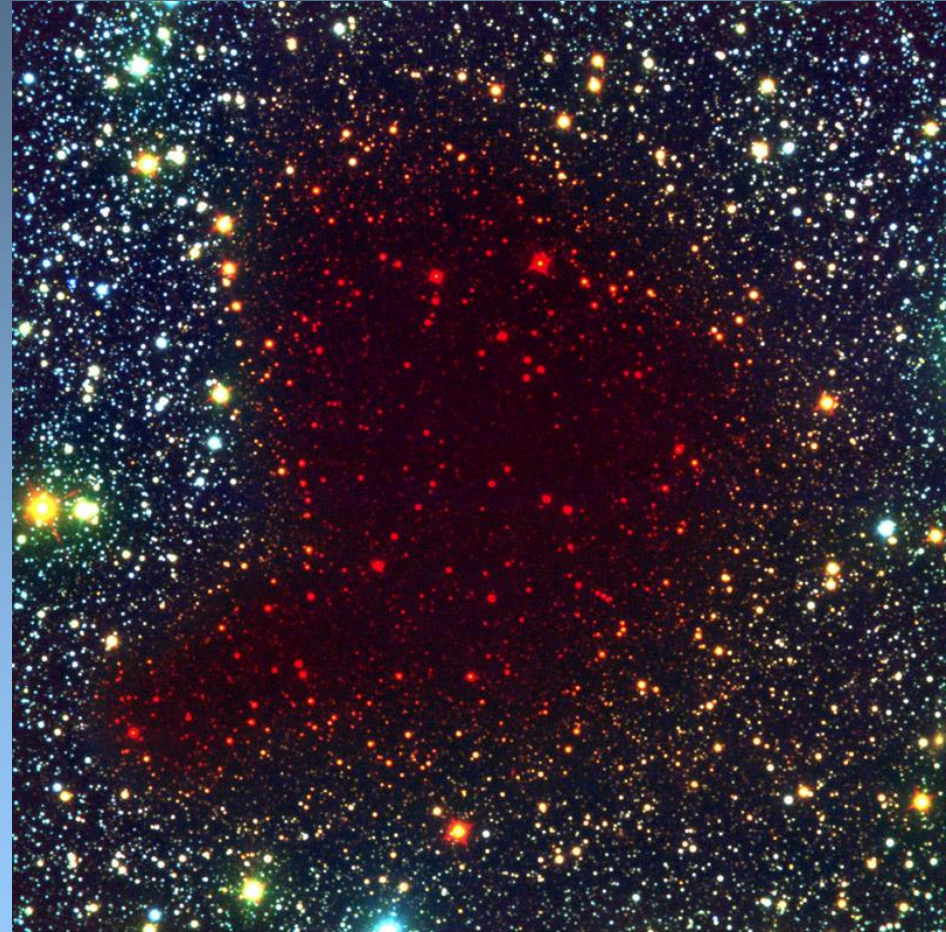
Visible



Pre-Collapse Black Cloud B68 (visual view)
(VLT ANTU + FORS 1)



Infra-rouge



Seeing Through the Pre-Collapse Black Cloud B68
(VLT ANTU + FORS 1 - NTT + SOFI)



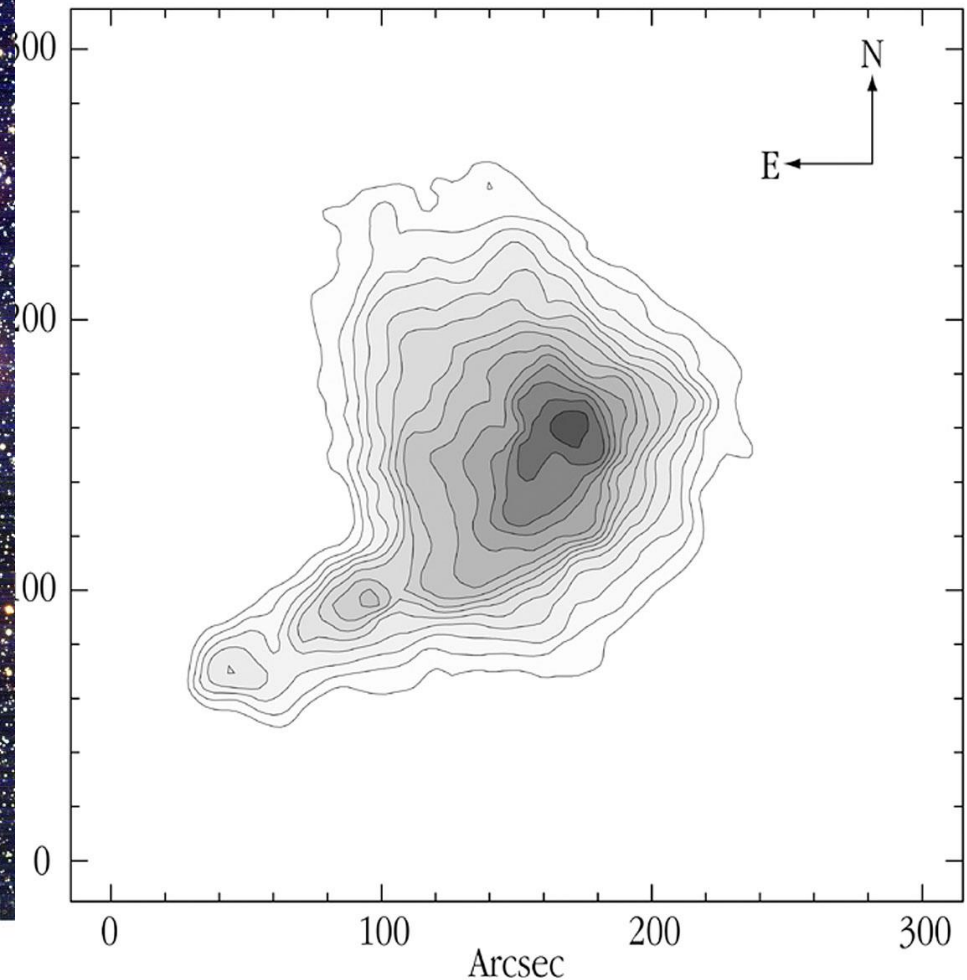
L'univers froid

Visible



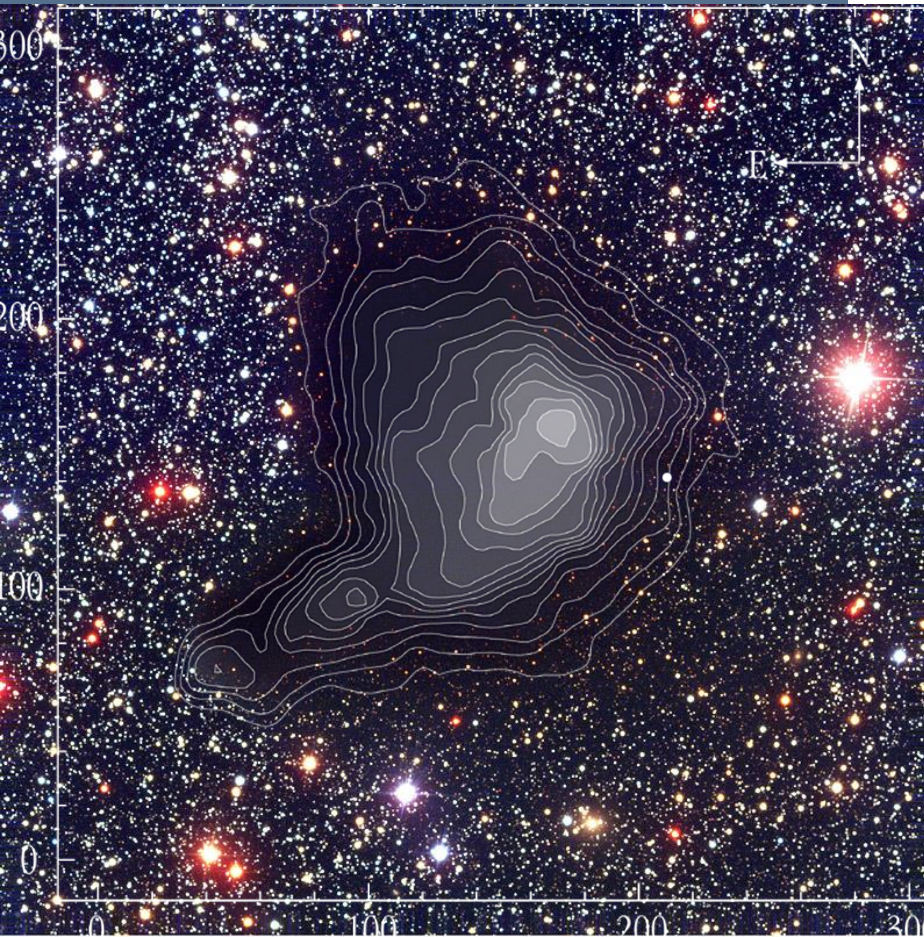
Pre-Collapse Black Cloud B68 (visual view)
(VLT ANTU + FORS 1)

Millimétrique



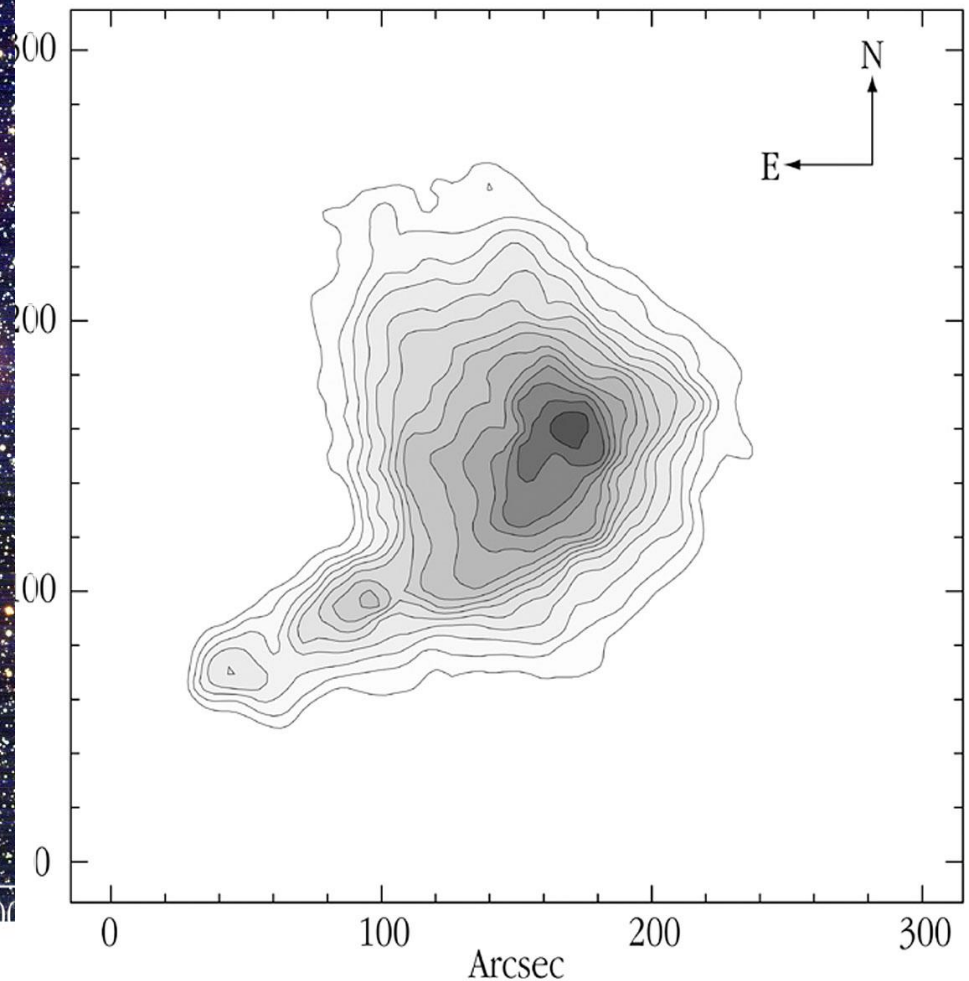
L'univers froid

Visible



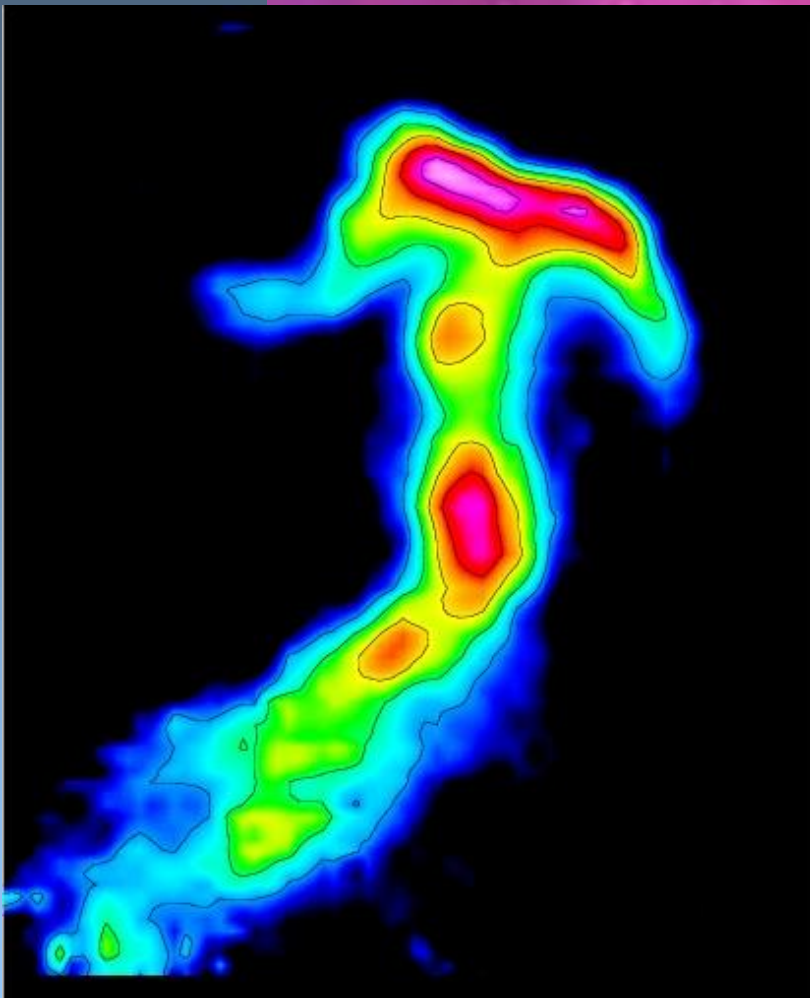
Pre-Collapse Black Cloud B68 (visual view)
(VLT ANTU + FORS 1)

Millimétrique





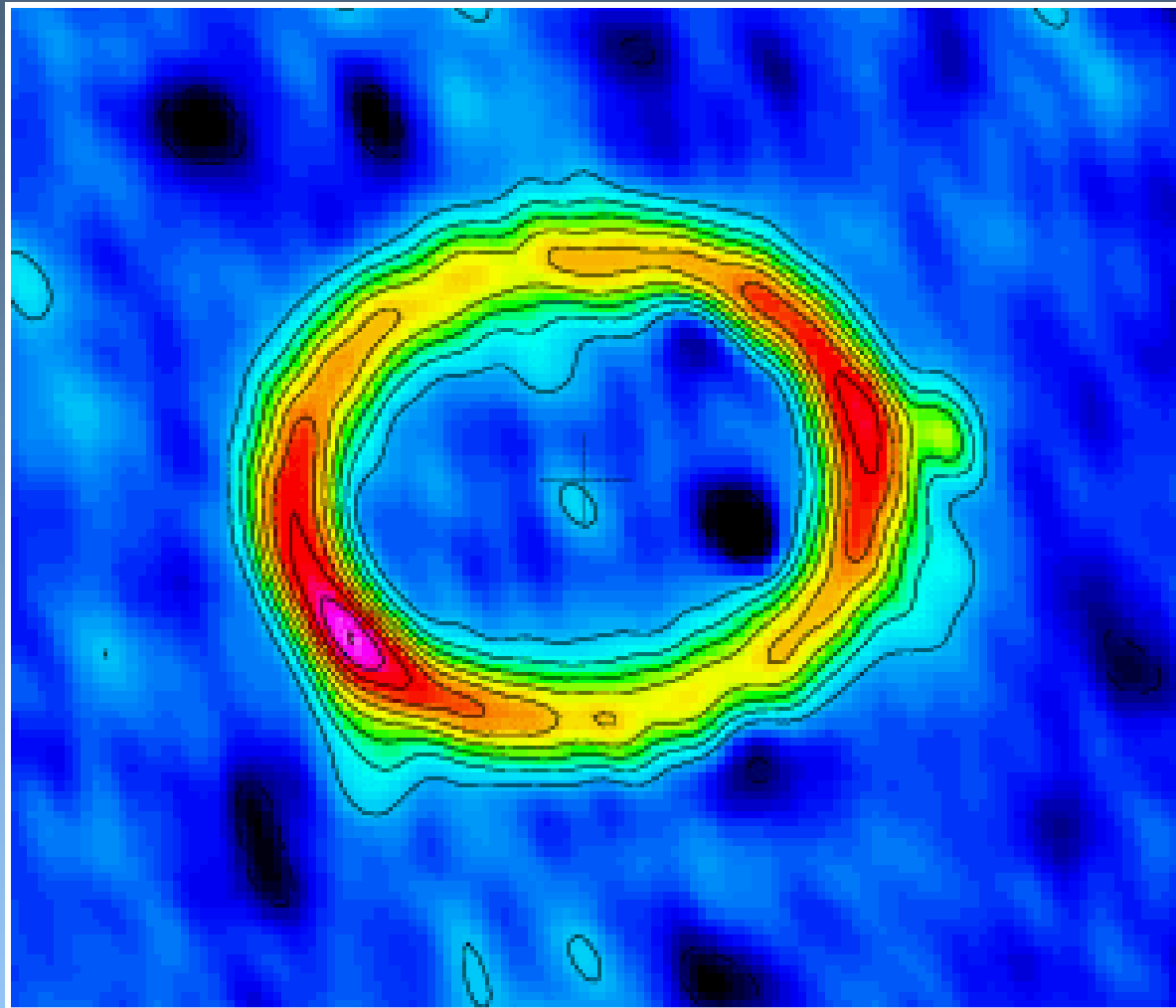
Nébuleuse de la tête de Cheval



Nébuleuse de la tête de Cheval



Jeune étoile en formation: GG Tau



GG Tau dans le
domaine
millimétrique:

Un disque de
poussière =

**disque
protoplanétaire**

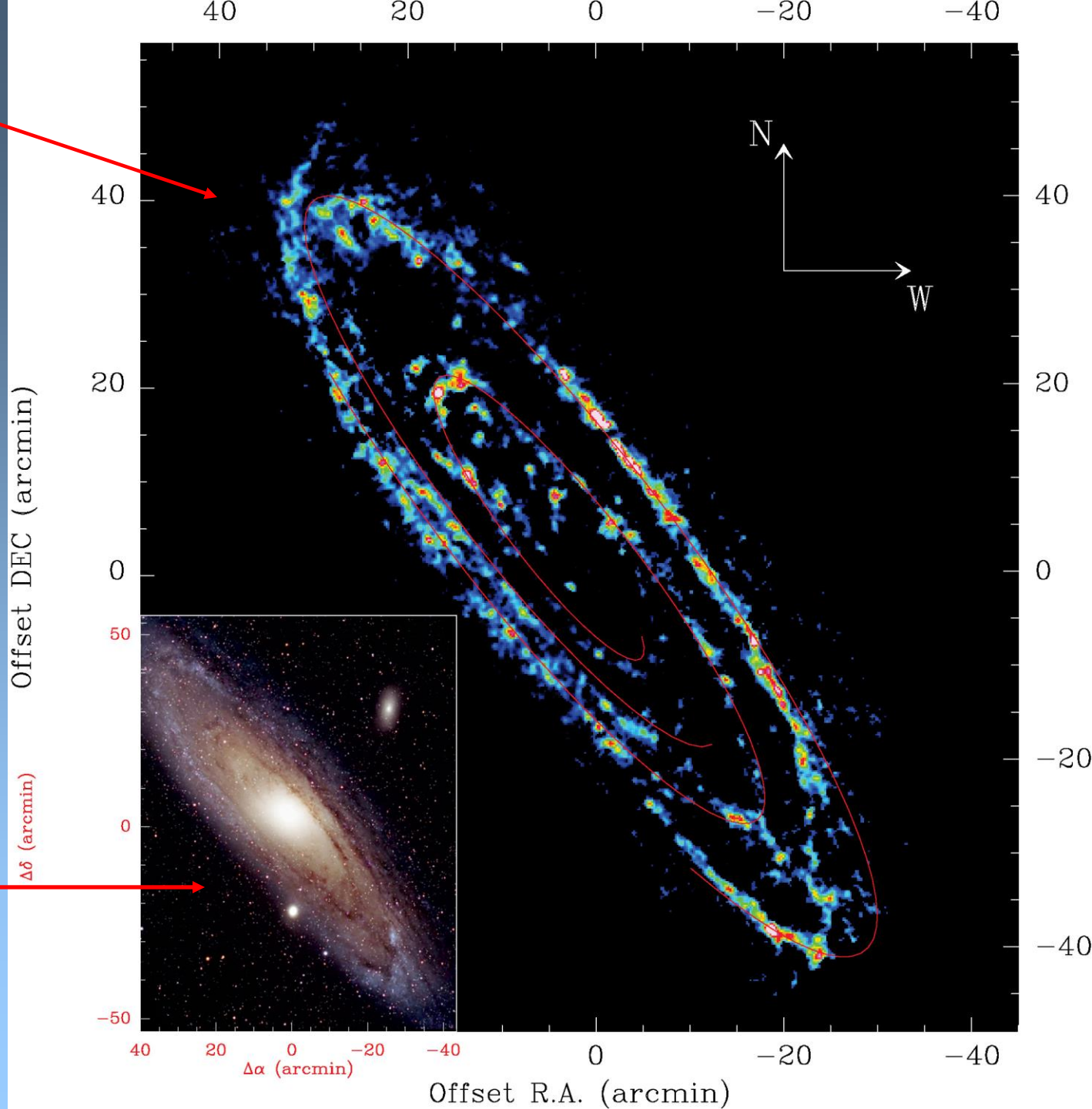
Galaxie d'Andromède (M 31)

200 milliards d'étoiles



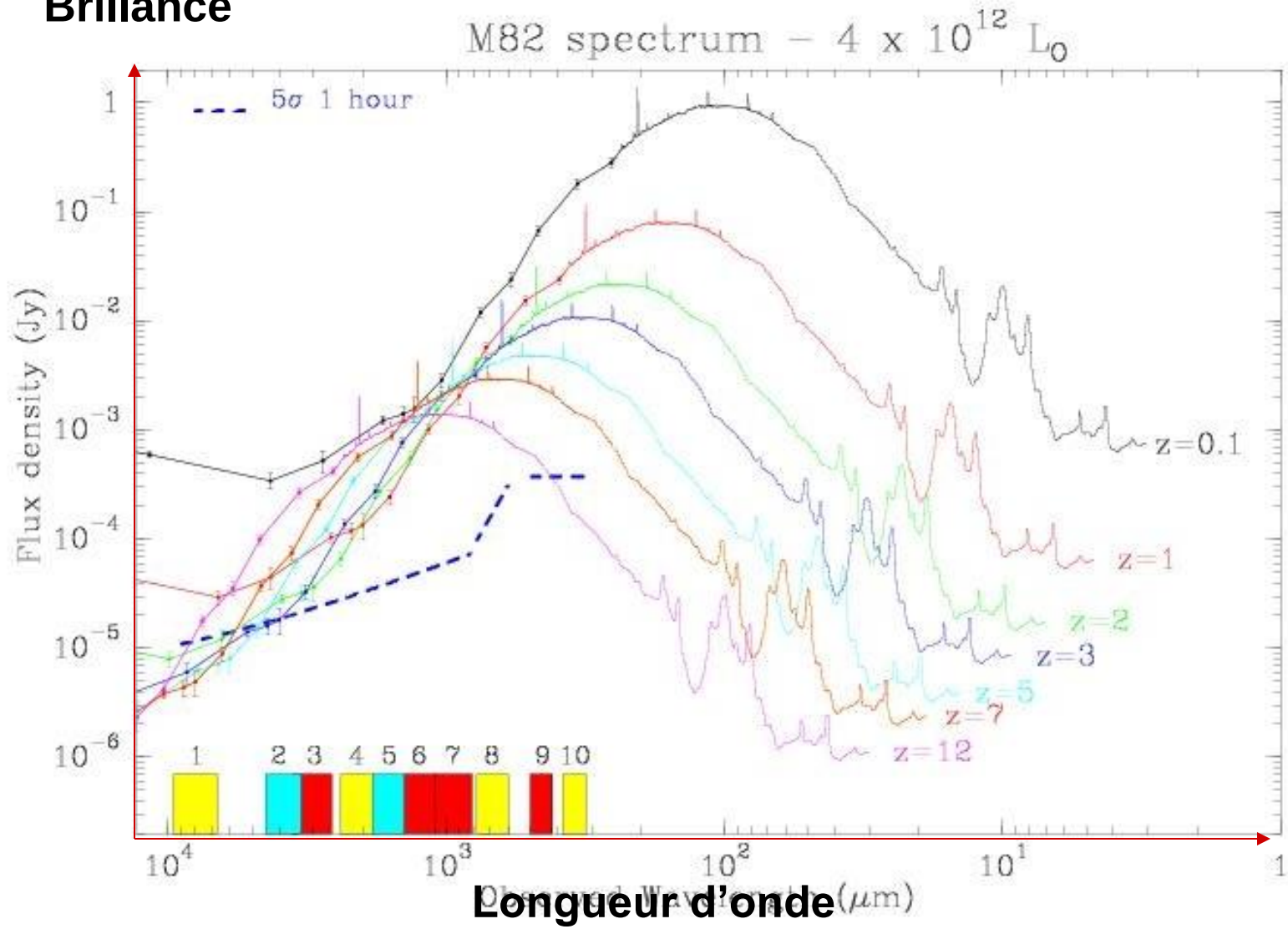
Raie
moléculaire
millimétrique =
le gaz froid du
milieu
interstellaire

Lumière
visible =
les étoiles



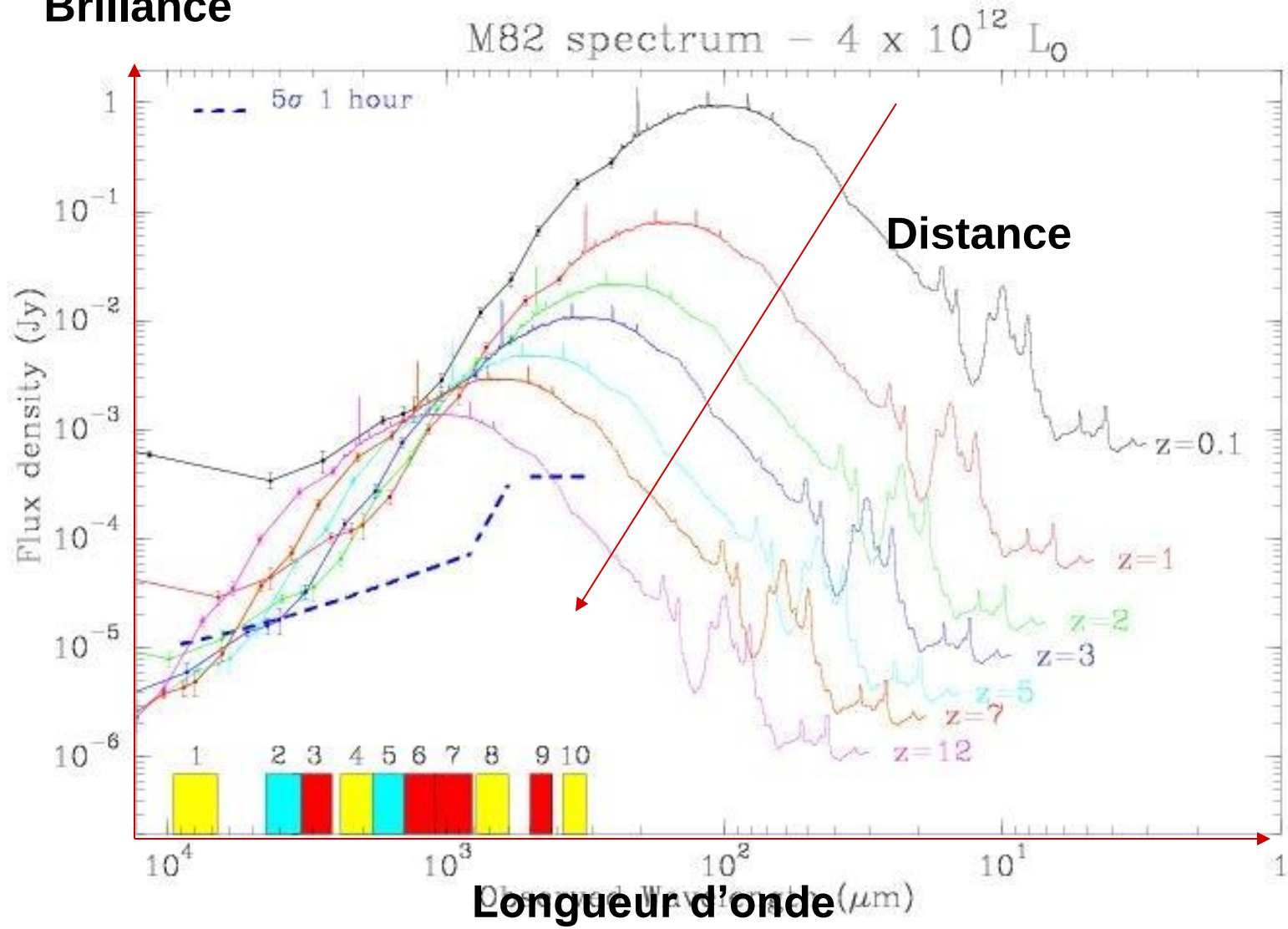
Observer les galaxies lointaines

Brillance



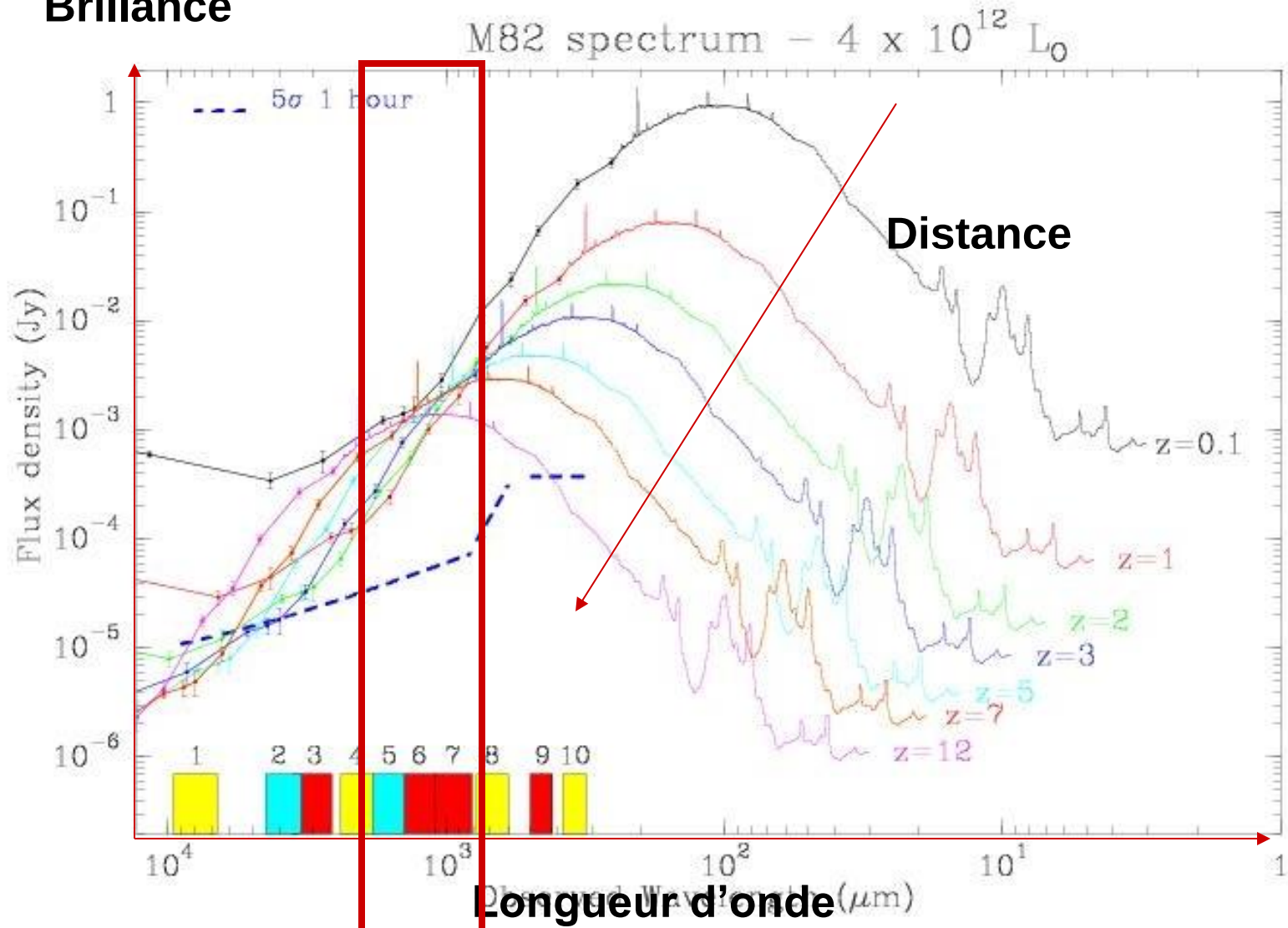
Observer les galaxies lointaines

Brillance



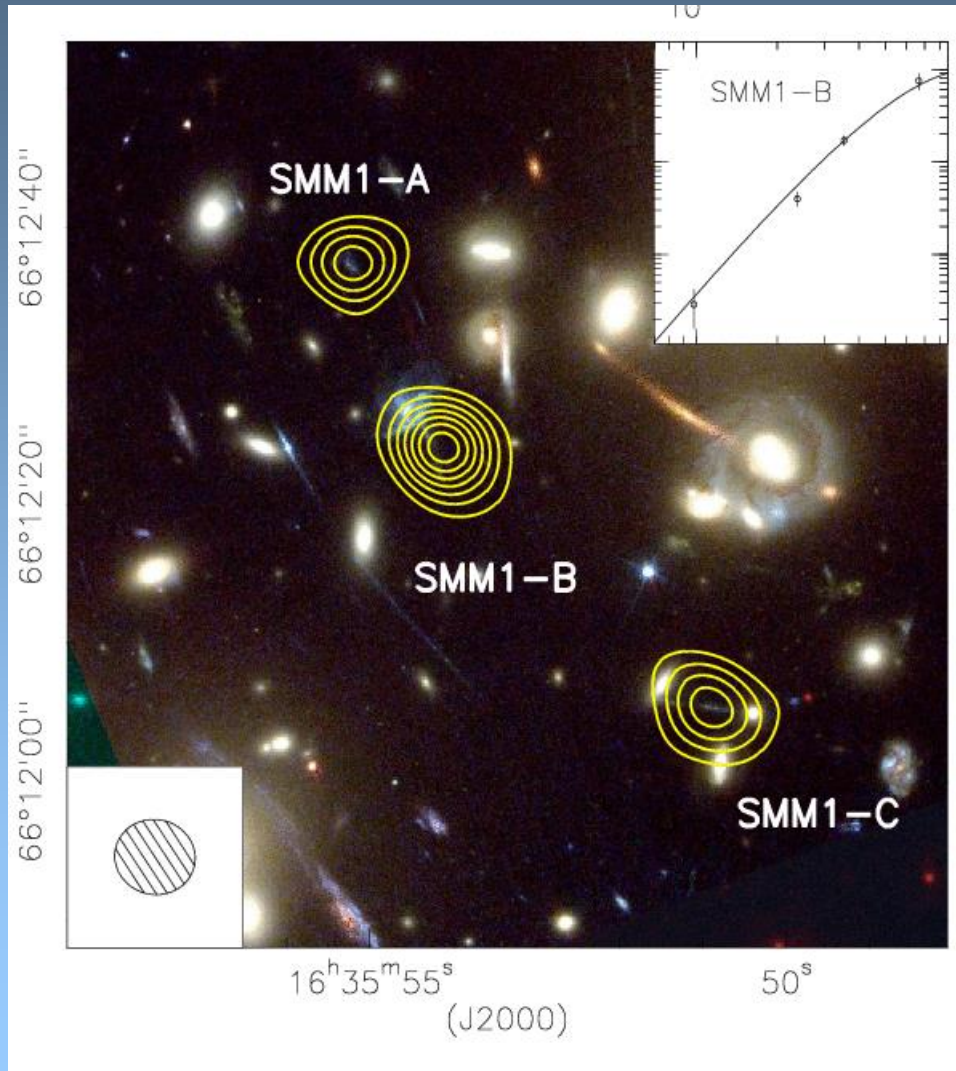
Observer les galaxies lointaines

Brillance

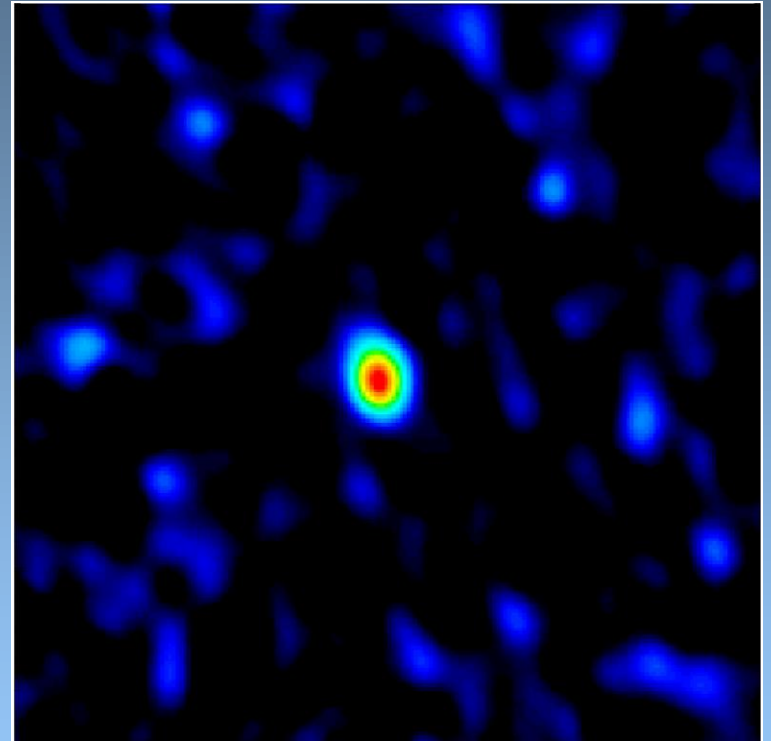


Le domaine millimétrique!

Trois galaxies à $z = 2.5$ (~10 milliards d'années)



Une des galaxies les plus lointaines connues ($z = 6.5$, ~12 milliards d'années)



Interféromètres

- Augmenter le diamètre d'un télescope/d'une antenne permet d'augmenter:
 - la résolution angulaire (prop. au diamètre)
 - la sensibilité (prop. à la surface = carré du diamètre)
- Les limitations techniques (financières) ne permettent pas de construire des antennes millimétriques > 30-50m
- La solution est la **synthèse d'ouverture par interférométrie**
 - résolution angulaire prop. à la distance max. entre les antennes
 - **équivalent à une antenne géante de la taille du réseau**
 - mais sensibilité = somme des surfaces des antennes individuelles

Interféromètres

Green Bank Telescope, WV



Une antenne

Very Large Array, NM



Réseau = interféromètre

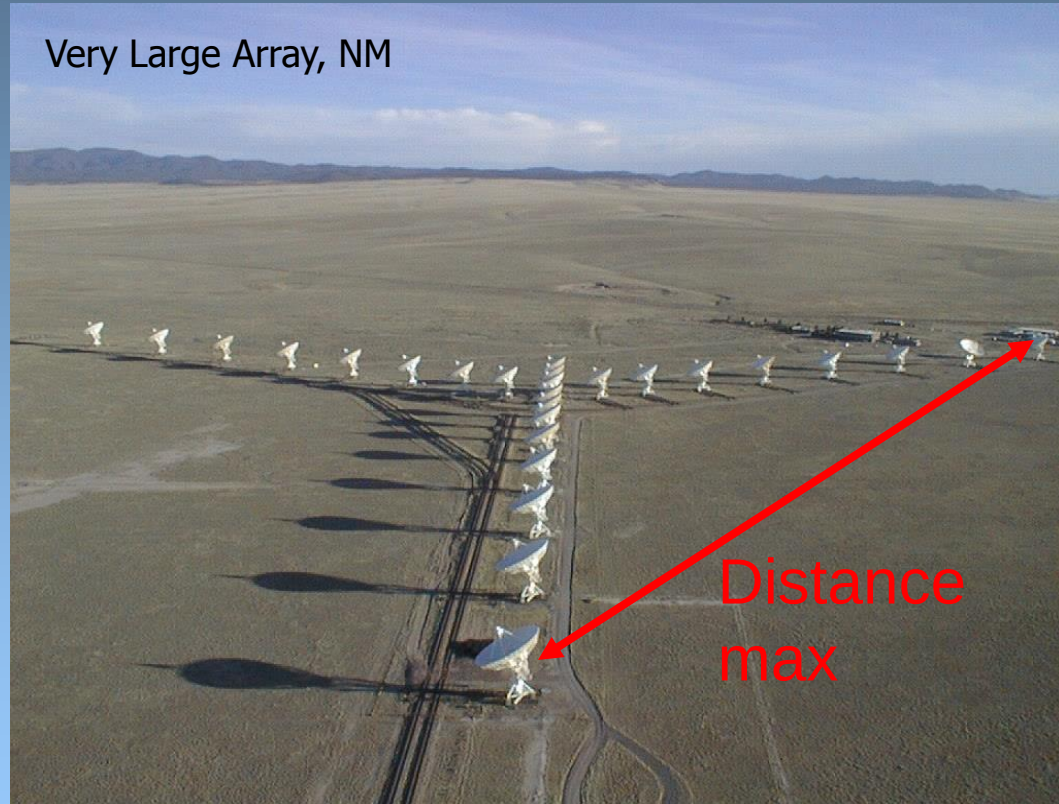
Interféromètres

Green Bank Telescope, WV



Une antenne

Very Large Array, NM



Réseau = interféromètre

Interféromètres

- La formation d'une image peut se décrire comme la somme des interférences entre chaque couple de positions
- La synthèse d'ouverture consiste à faire cela à la main: on mesure chaque couple et on construit l'image



Réception
hétérodyne

Distance = ligne de base



Réception
hétérodyne



Corrélation ne dépend
que de la ligne de base



Transformée de Fourier
à deux dimensions

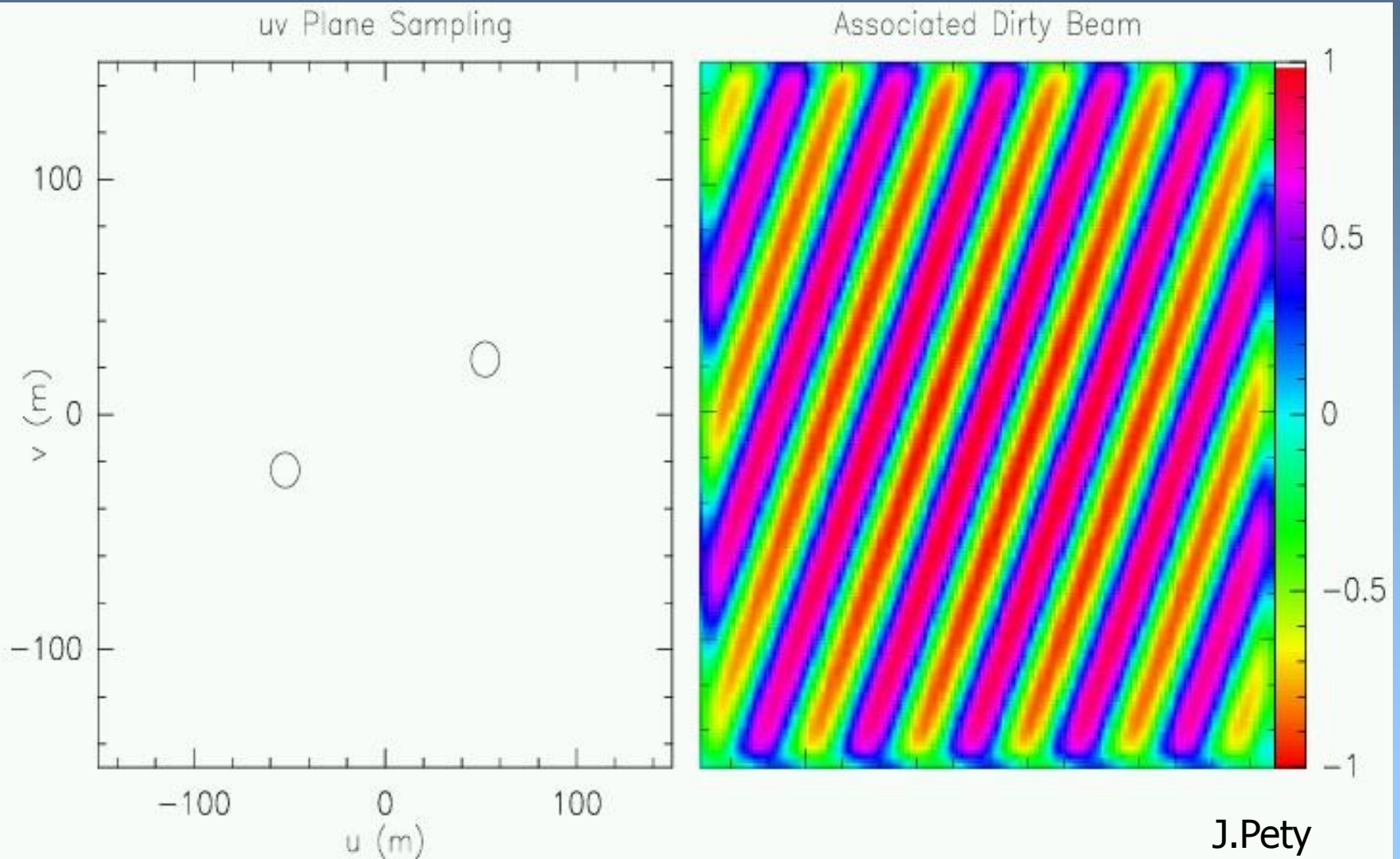


Déconvolution
(traitement de l'image)

- **Toutes les antennes observent la même source**
- **Les données sont combinées pour créer une image unique**

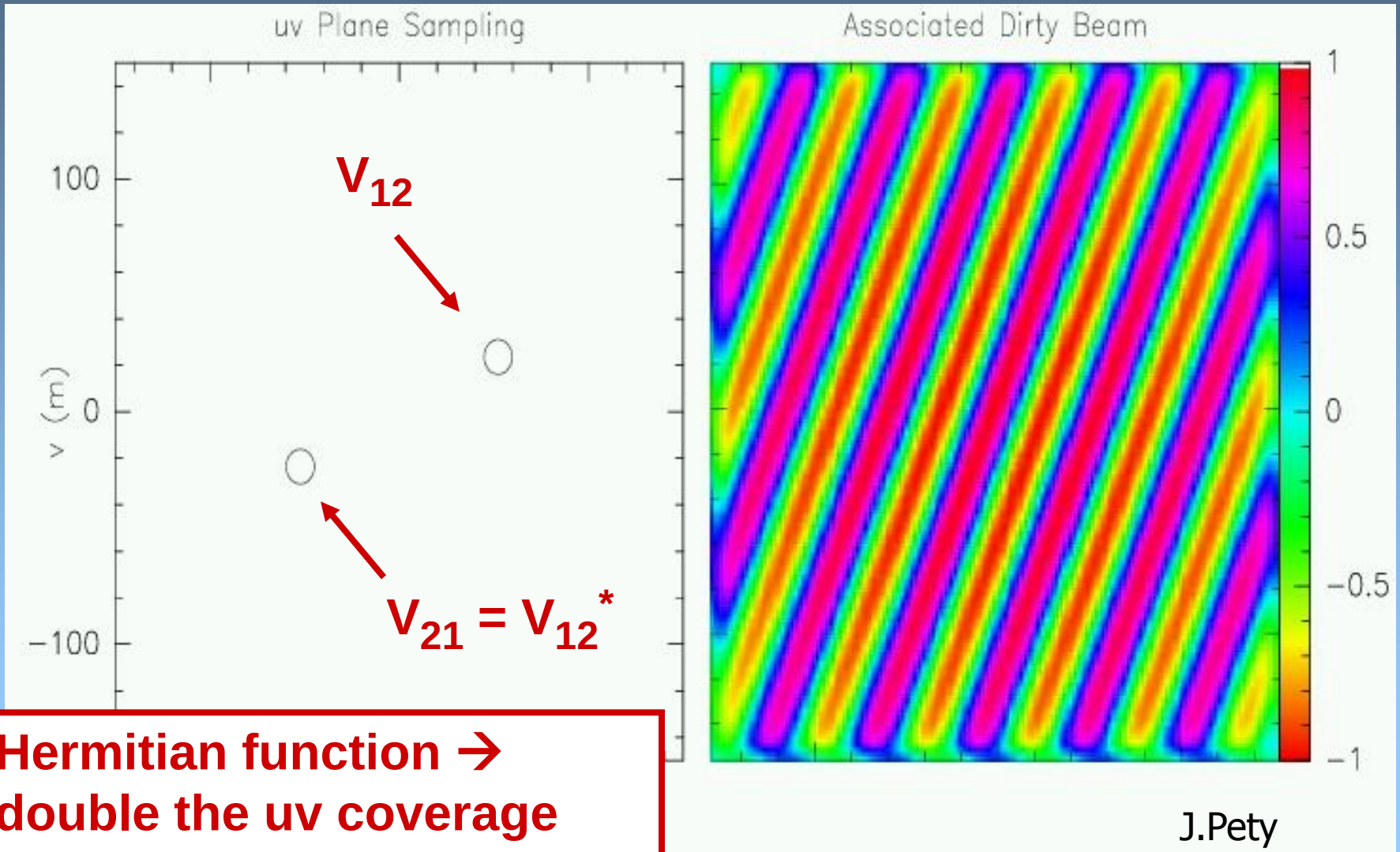
UV coverage and dirty beam

beam: 2 antennas



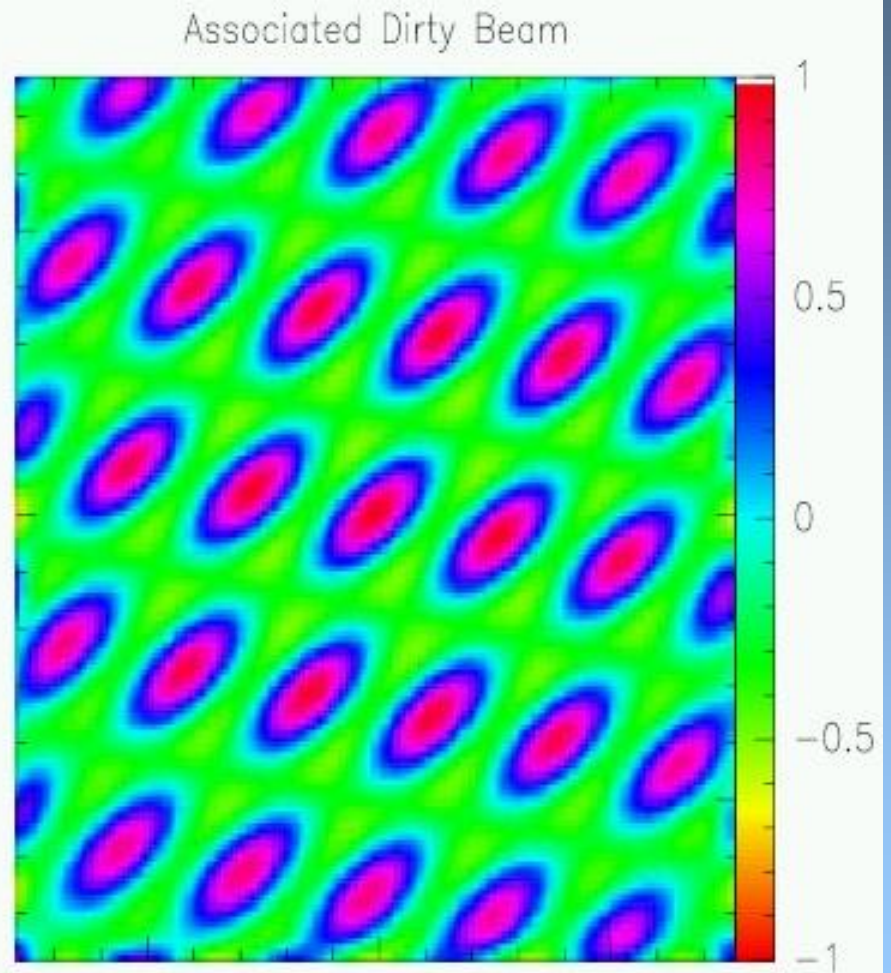
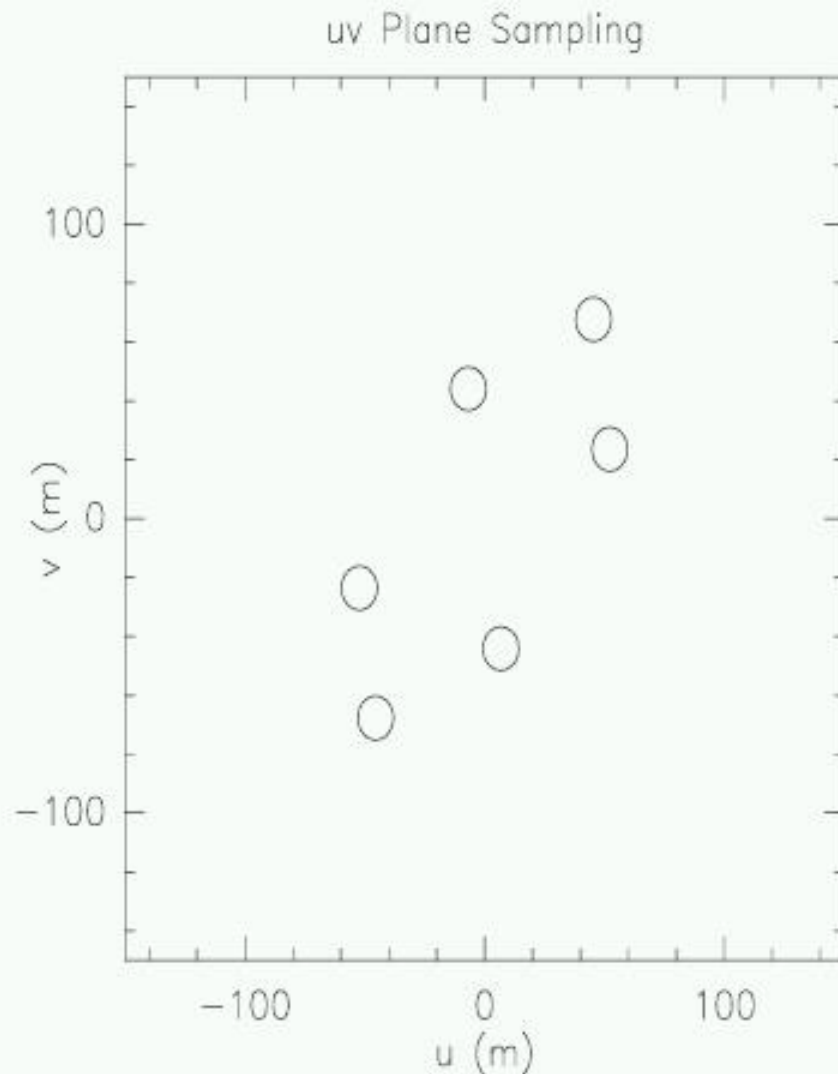
UV coverage and dirty beam

UV coverage and dirty beam: 2 antennas



UV coverage and dirty beam

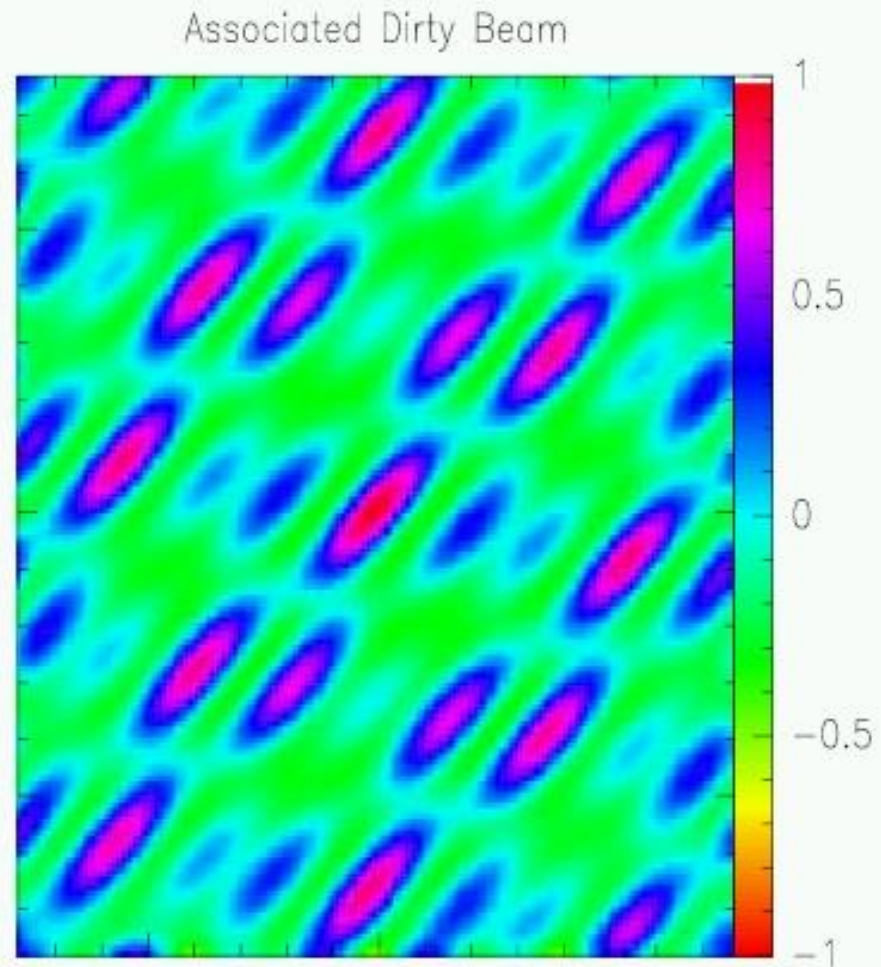
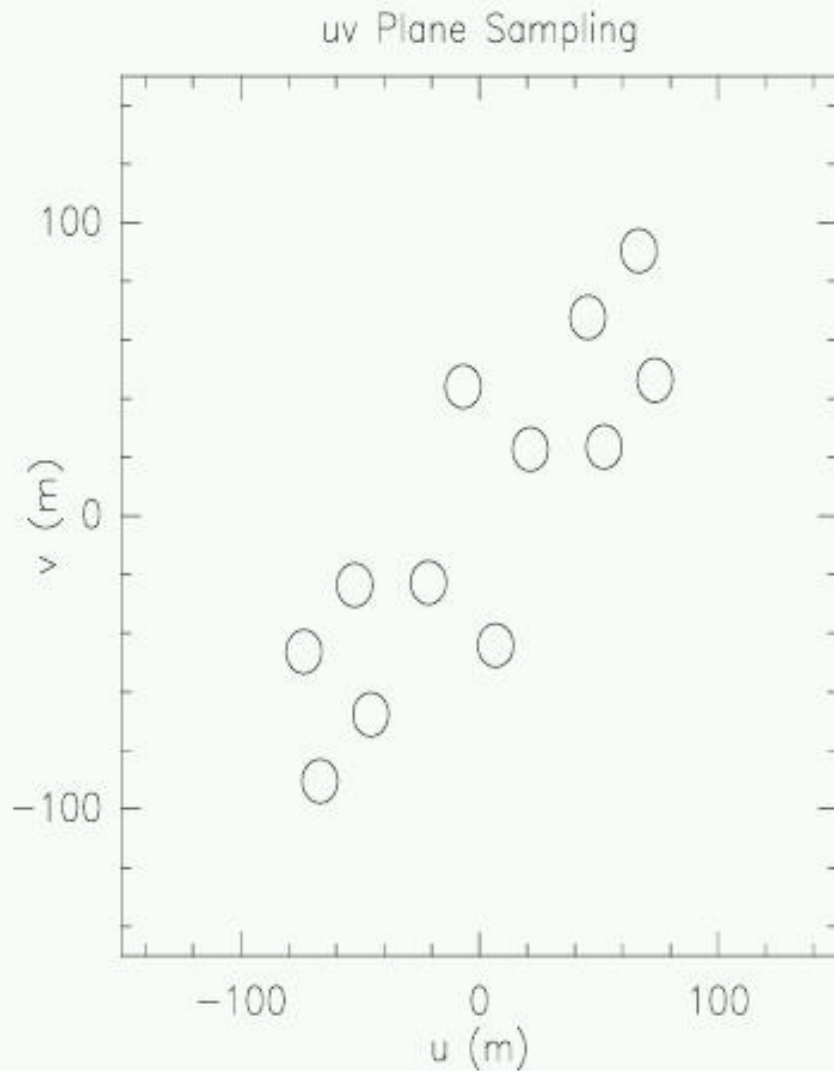
beam: 3 antennas



J.Pety

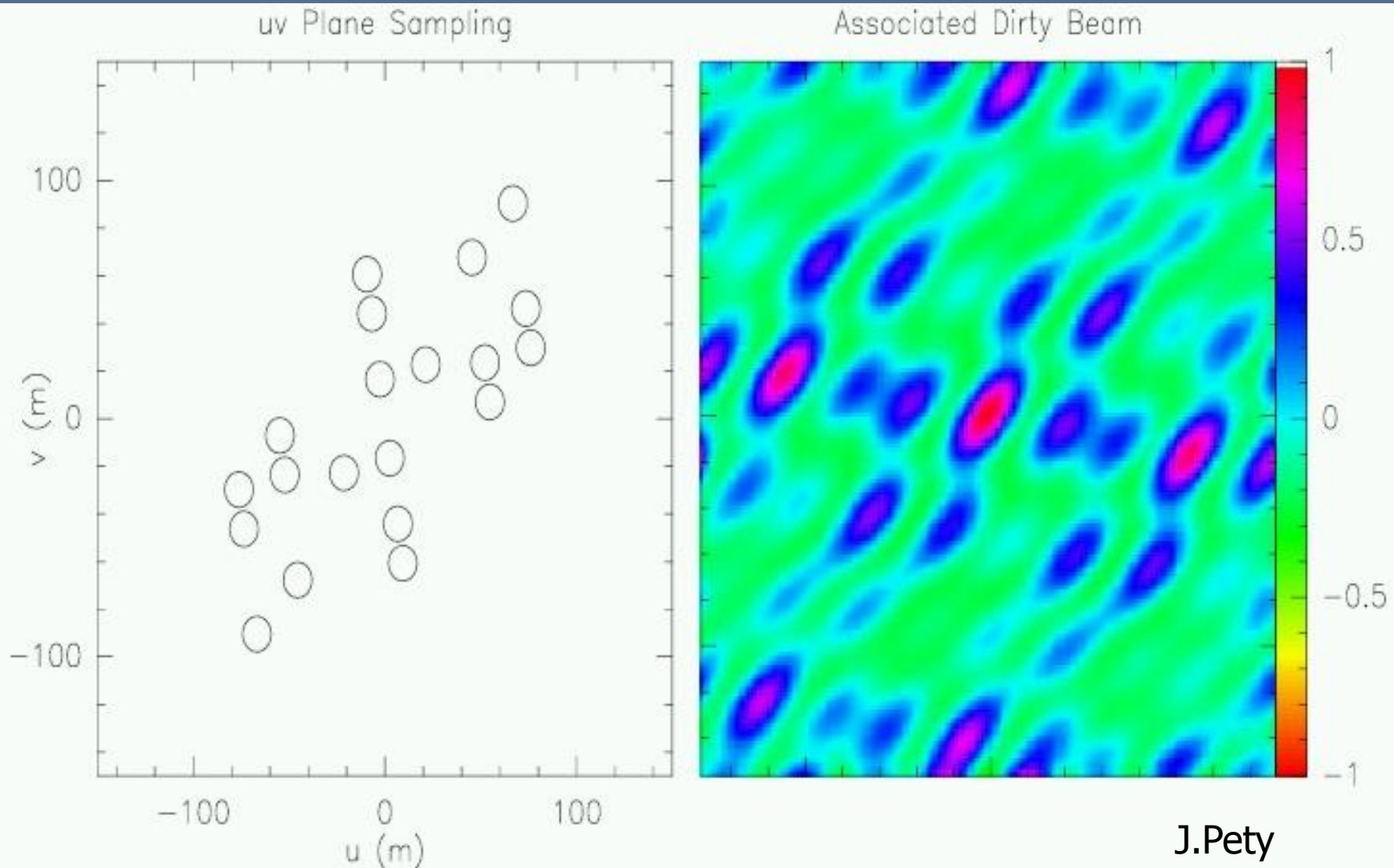
UV coverage and dirty beam

beam: 4 antennas



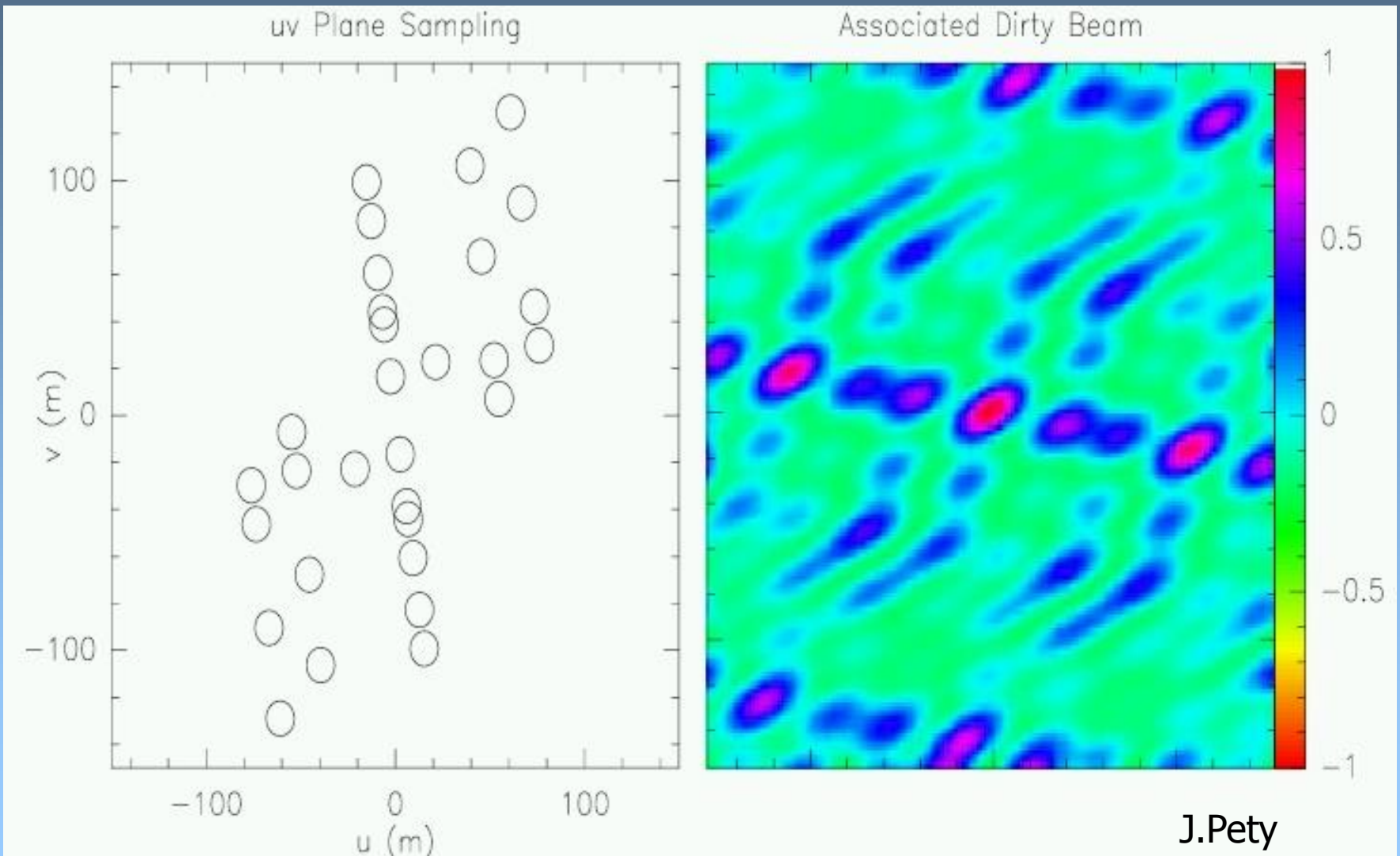
UV coverage and dirty beam

beam: 5 antennas



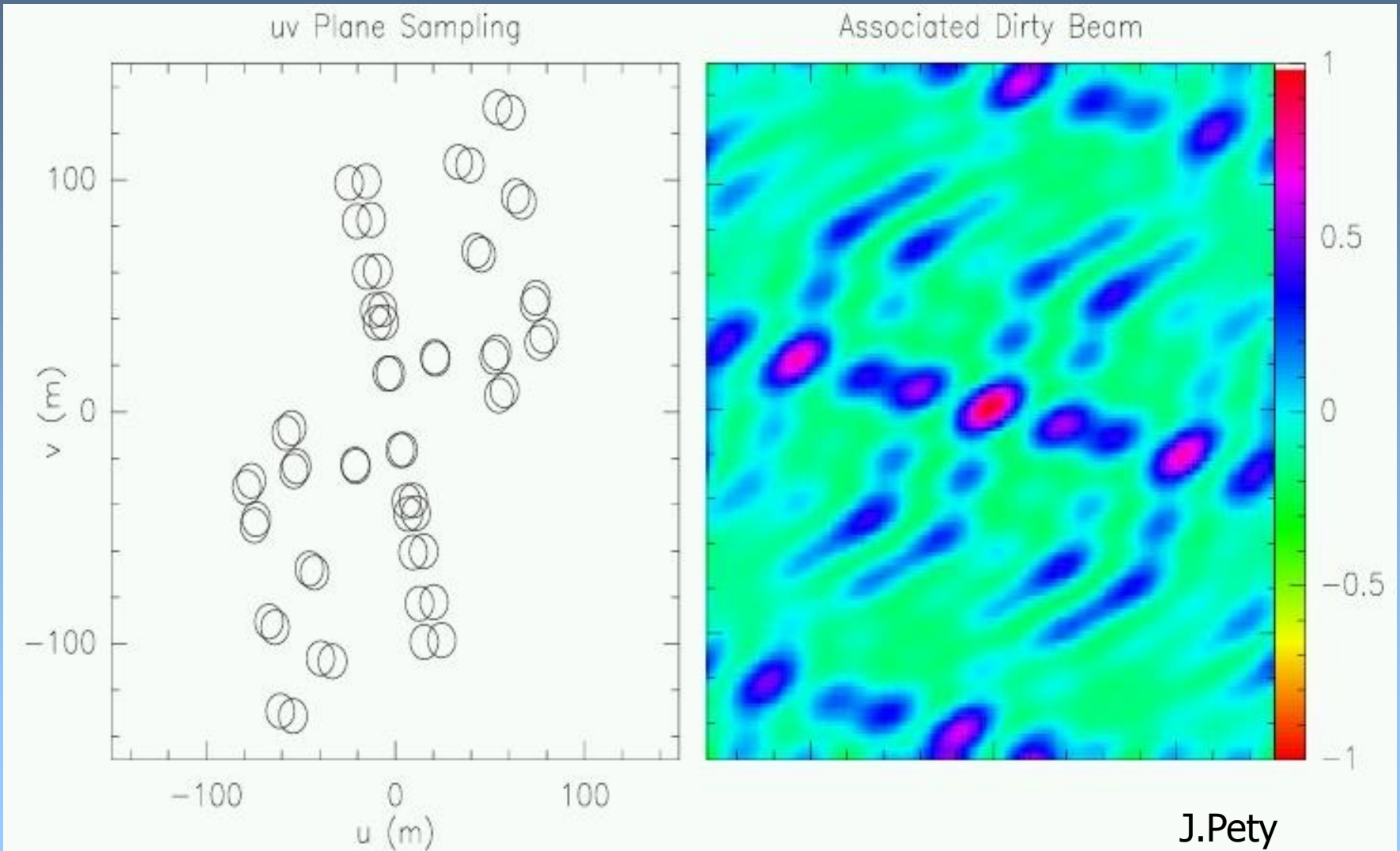
UV coverage and dirty beam

beam: 6 antennas

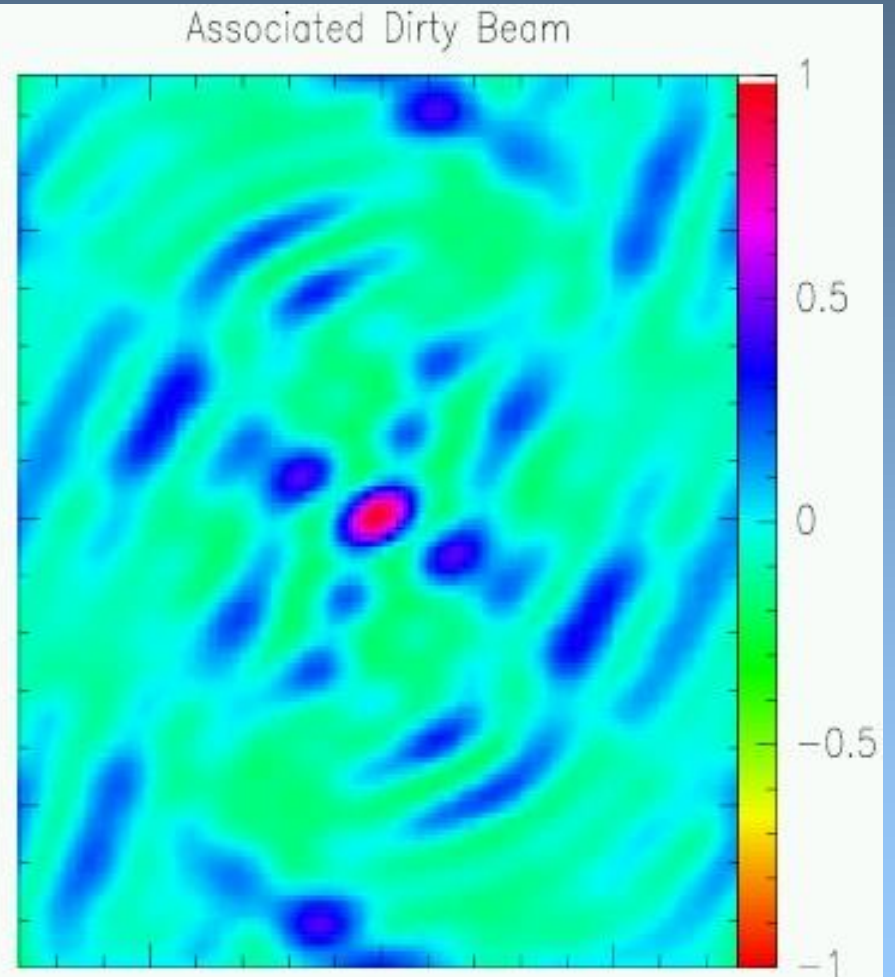
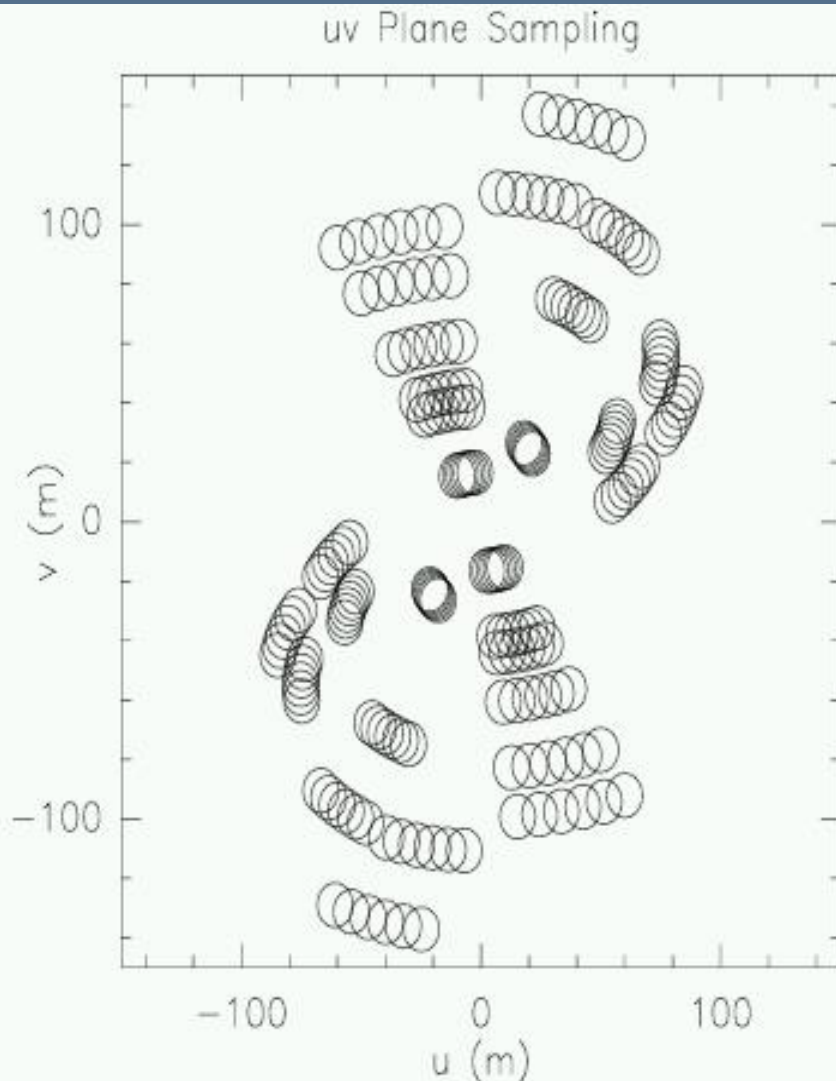


UV coverage and dirty beam

supersynthesis



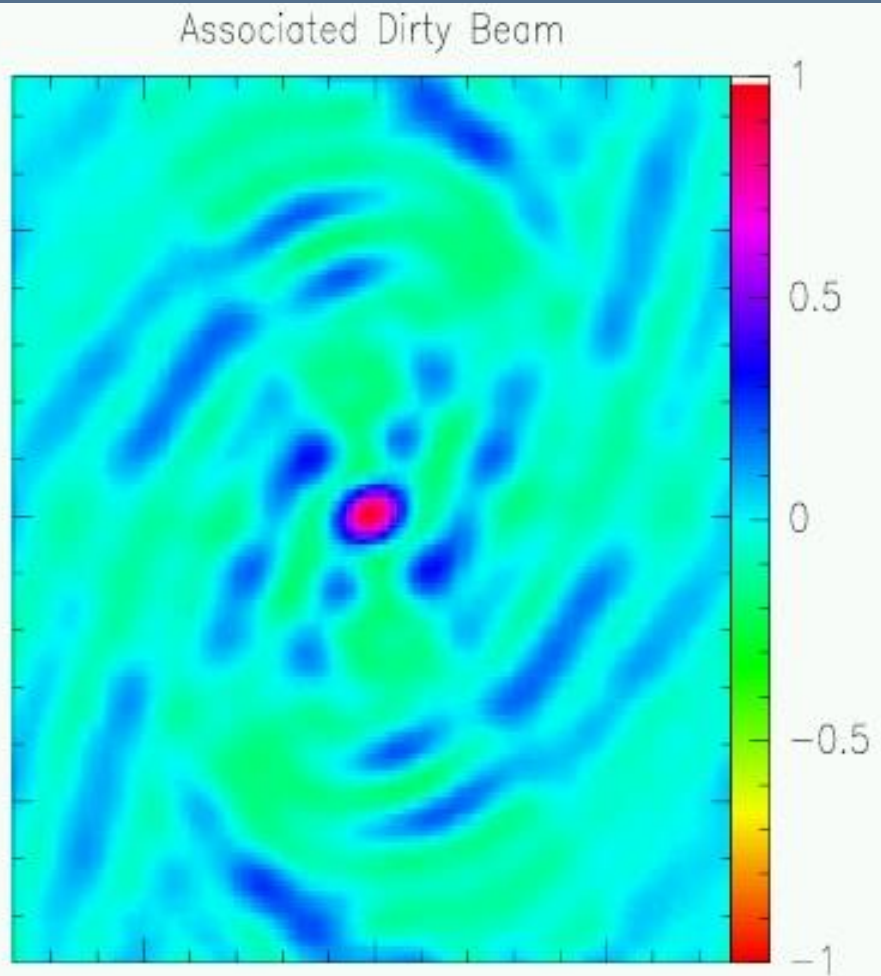
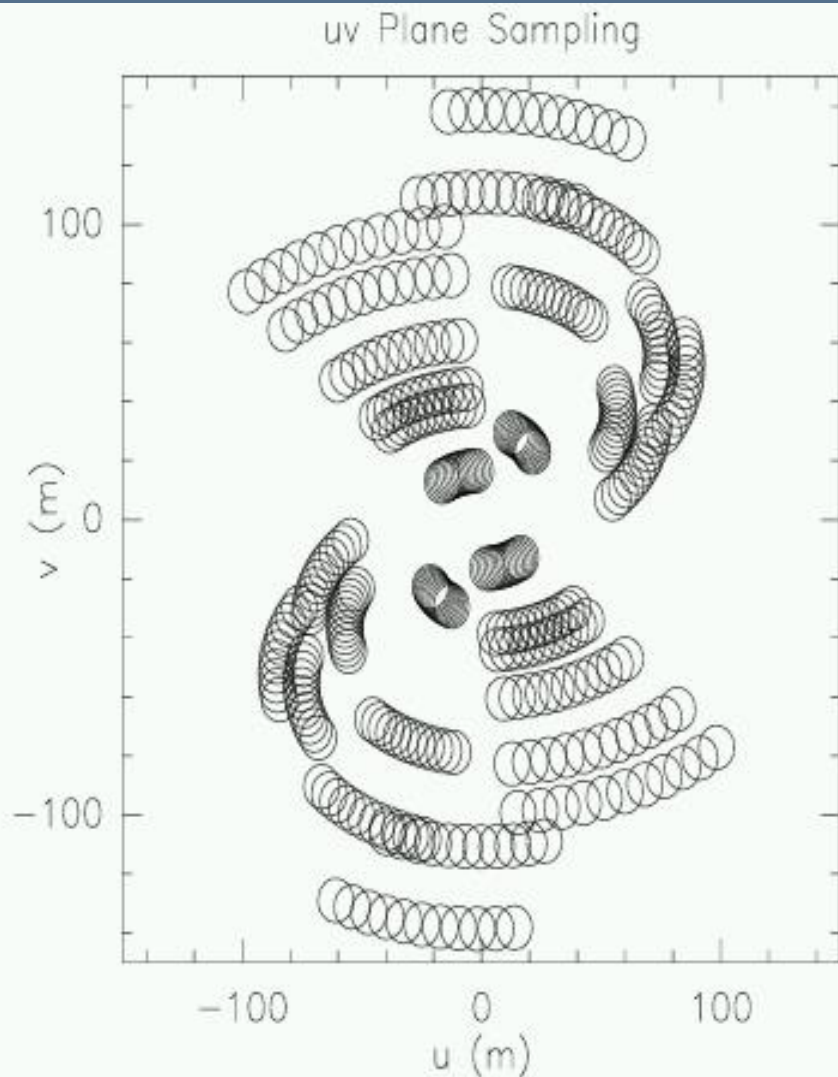
UV coverage and dirty beam



J.Pety

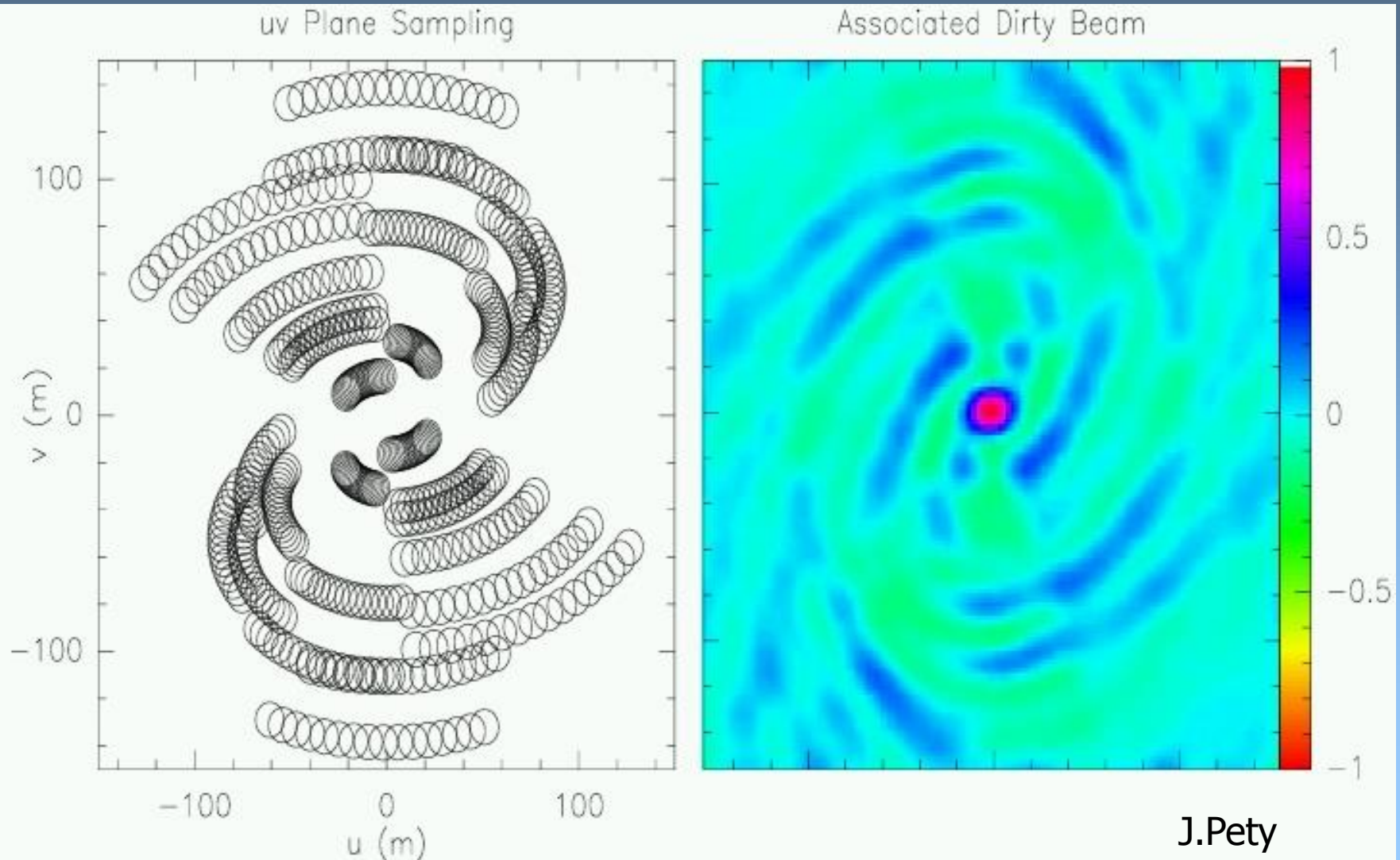
UV coverage and dirty beam

supersynthesis

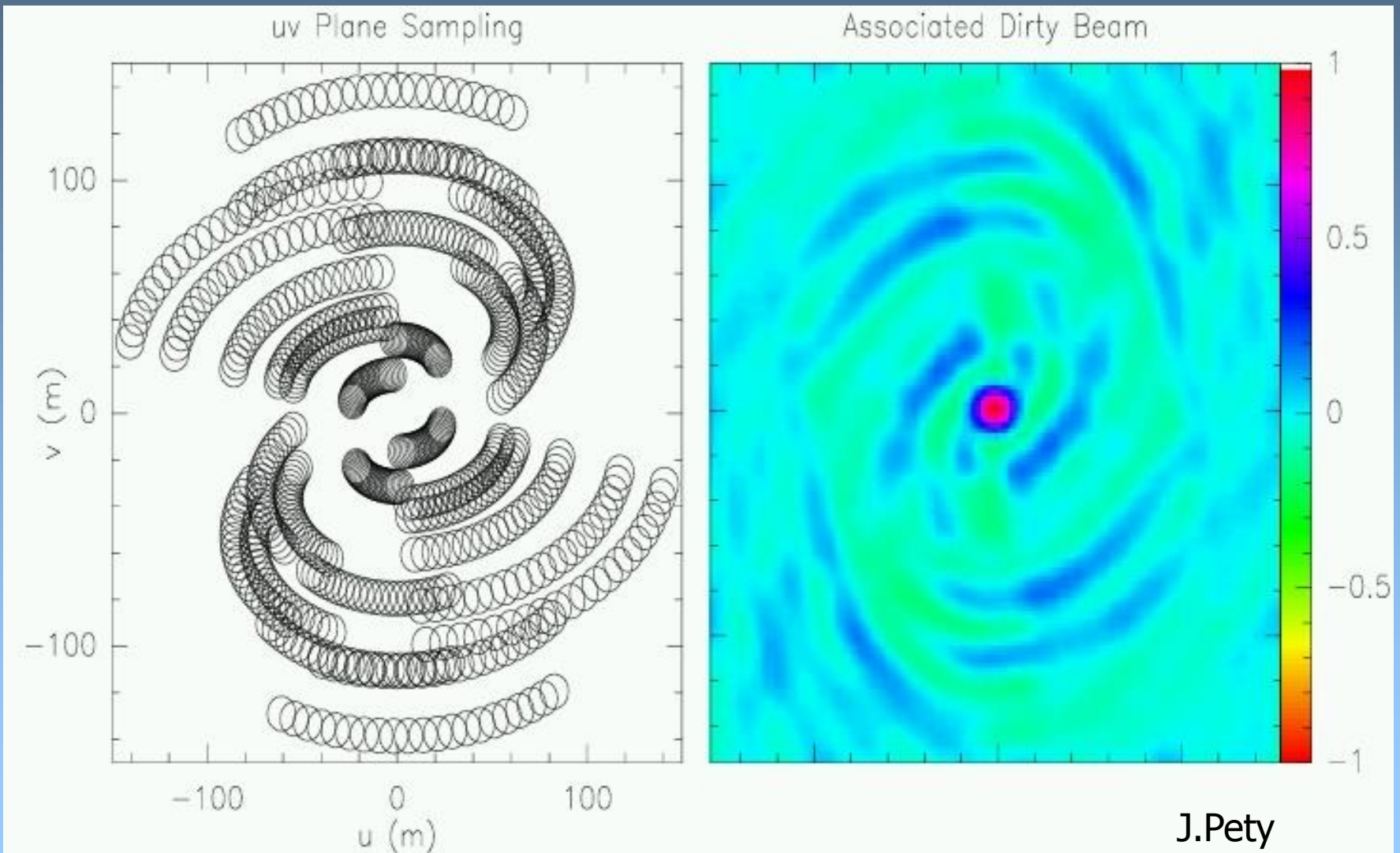


J.Pety

UV coverage and dirty beam

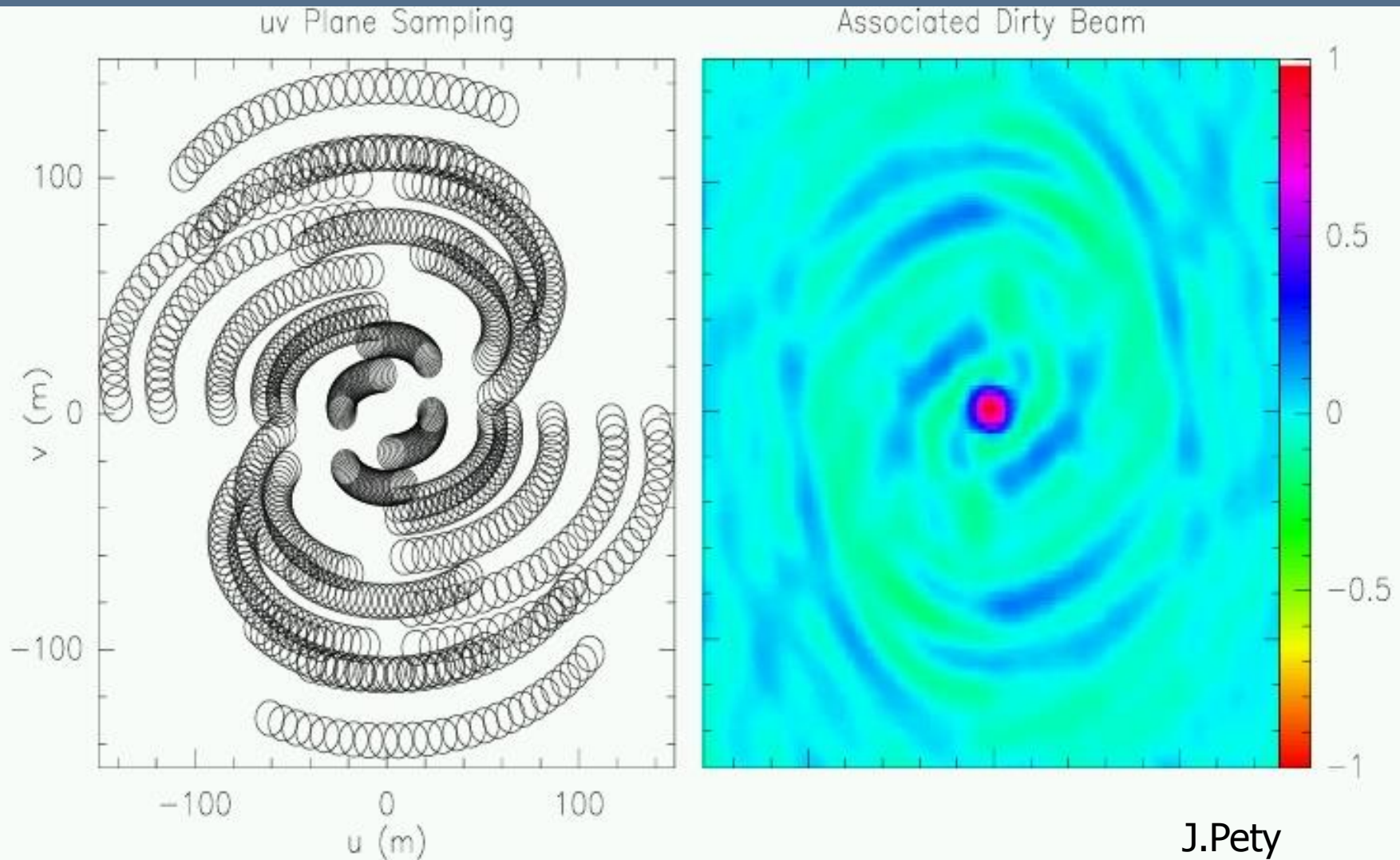


UV coverage and dirty beam



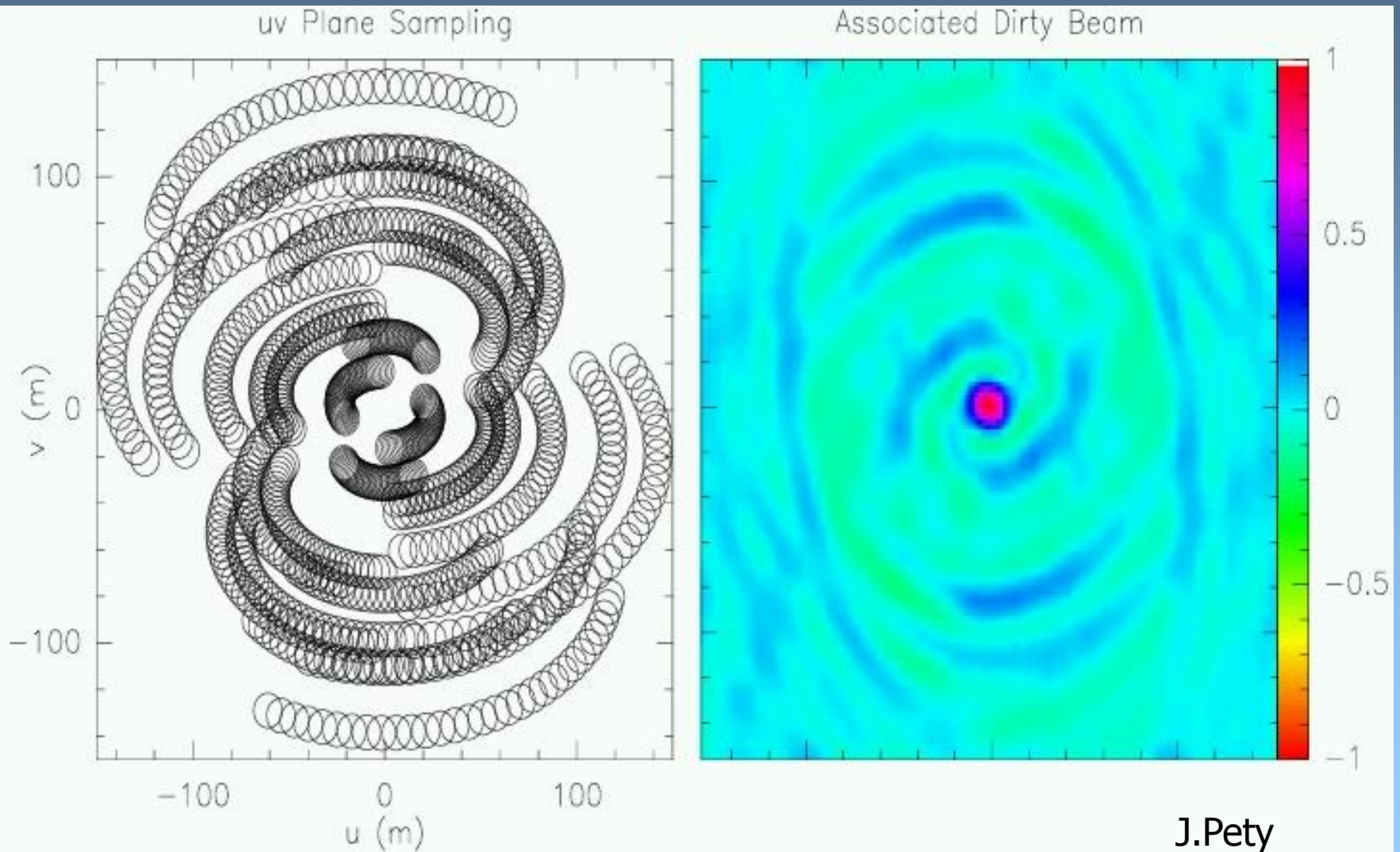
UV coverage and dirty beam

UV coverage and dirty beam: supersynthesis



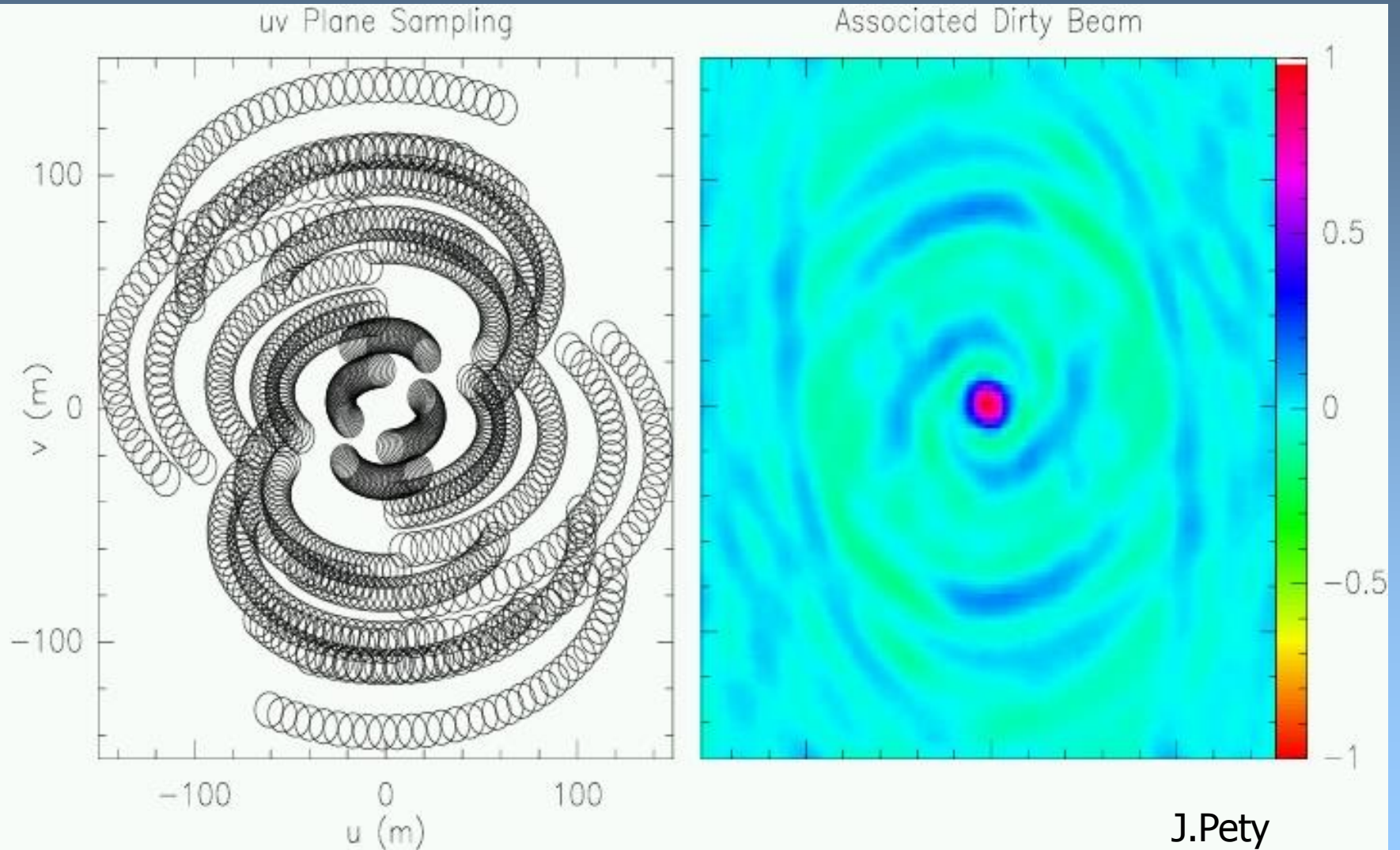
UV coverage and dirty beam

supersynthesis



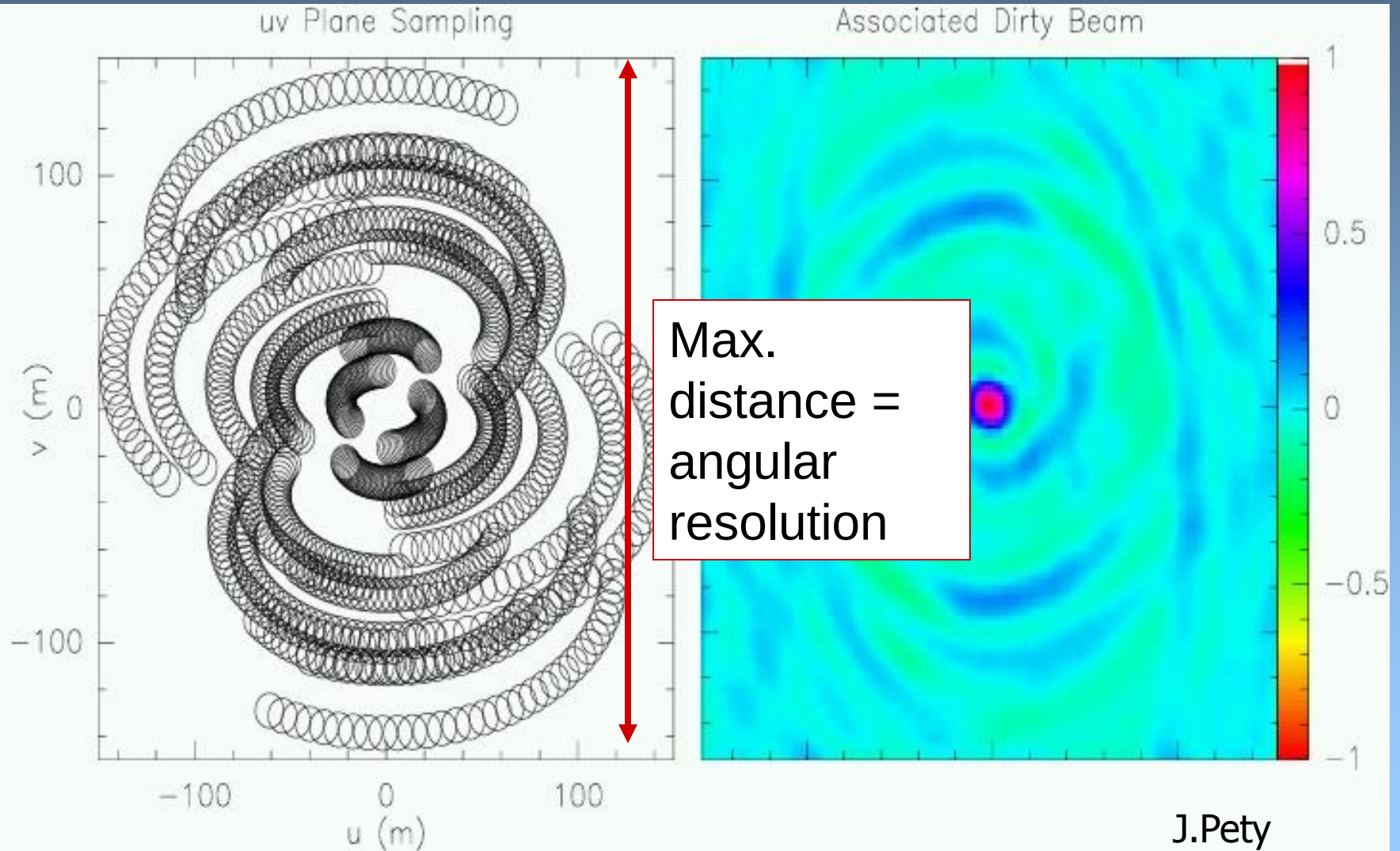
UV coverage and dirty beam

supersynthesis



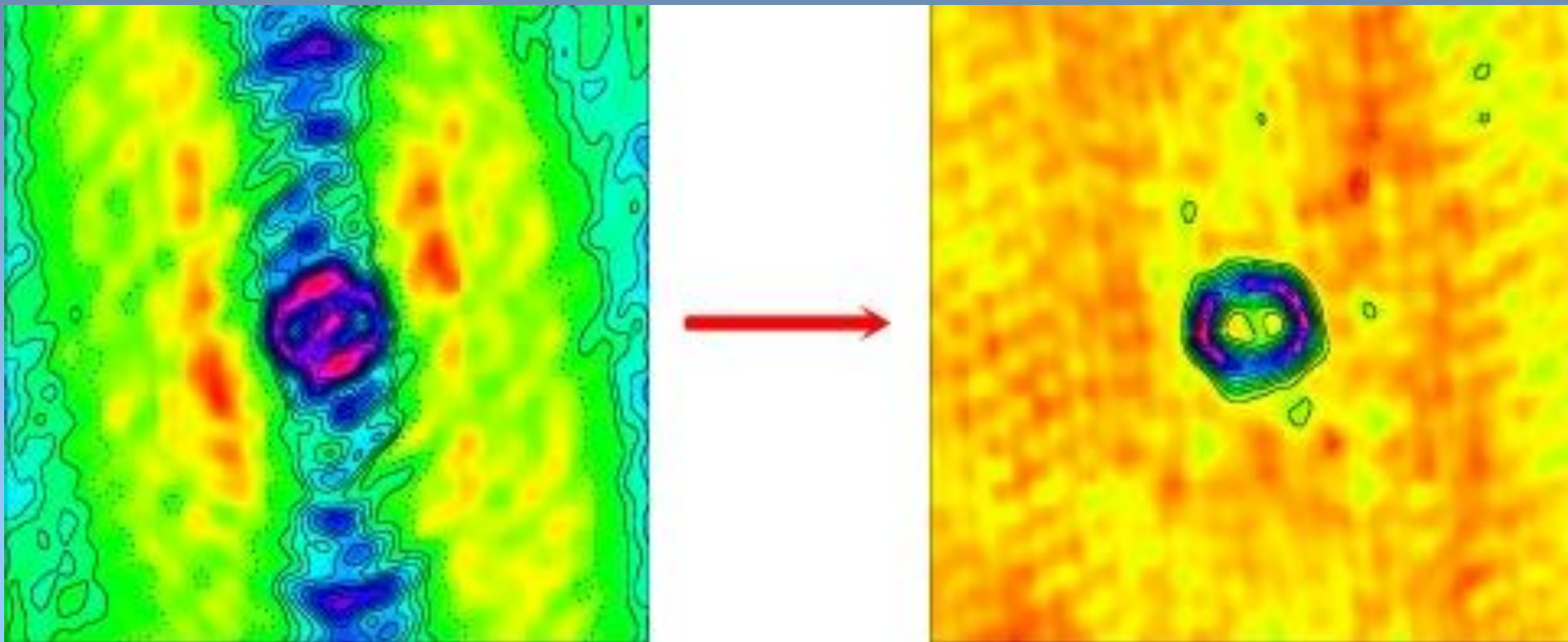
UV coverage and dirty beam

UV coverage and dirty beam: supersynthesis

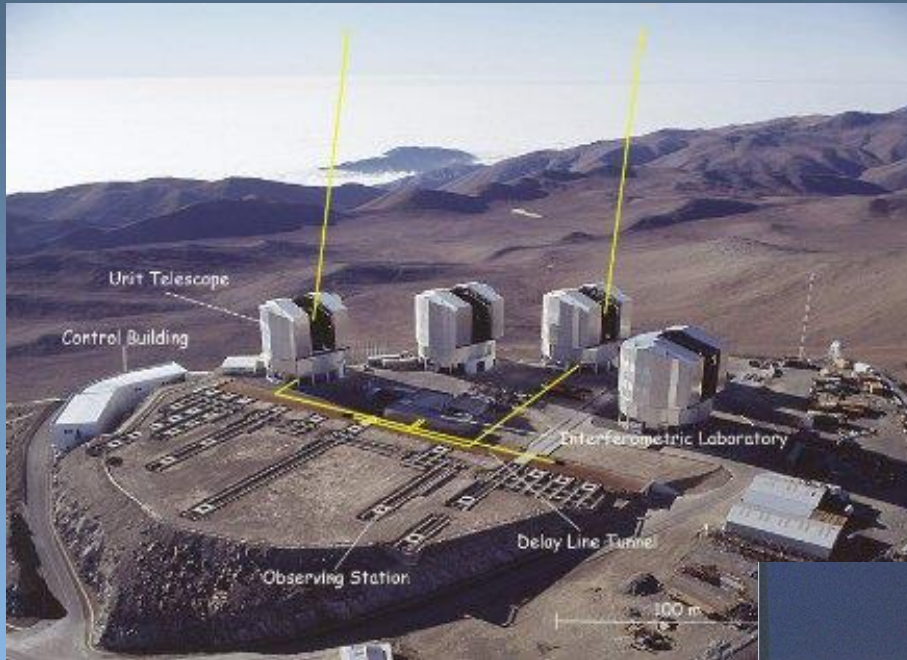


Traitement des images

- Couverture du plan uv est incomplète
- Besoin d'un traitement des images = **déconvolution** non-linéaire (CLEAN)



Dans l'optique/IR aussi...



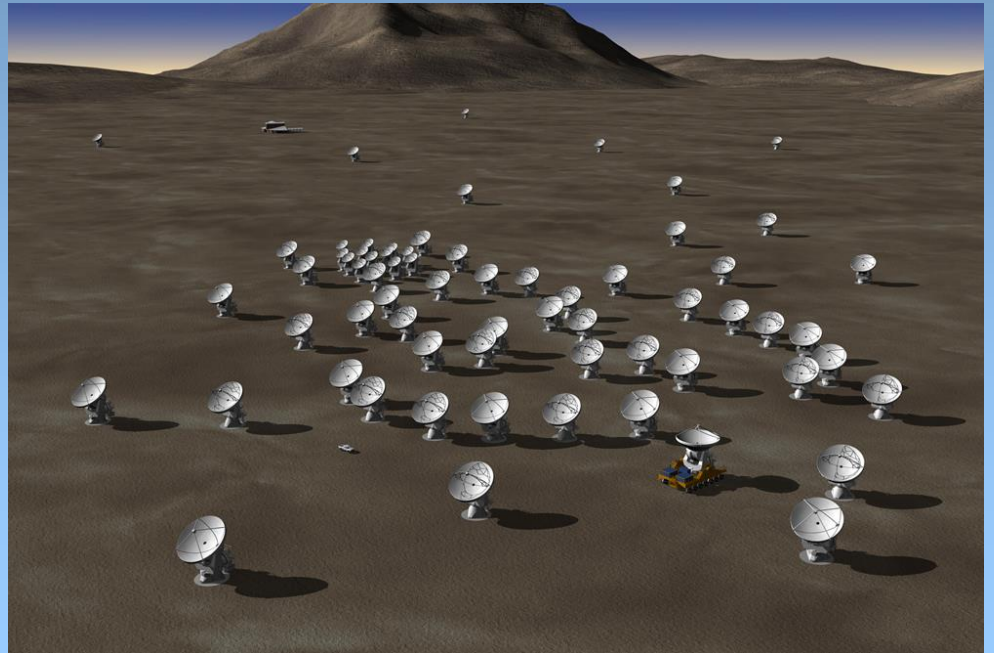
...mais la combinaison des signaux est un défi technologique



ALMA

- **Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array**
- Une collaboration mondiale: Europe – Amérique du Nord (USA, Canada) – Asie (Japon, Taiwan) – Chile
- Le plus gros projet astronomique au sol
- IRAM Grenoble
fortement impliqué

50 antennes de 12 m
de diamètre



OSF Site @ 2900 m altitude

San Pedro de Atacama



OSF Site @ 2900 m altitude

San Pedro de Atacama



AOS

Antenna construction areas

Main building: offices,
control room, archive,
technical labs



Antennes NA (Vertex) / EA (Melco)



Antenne Européenne (AEM)





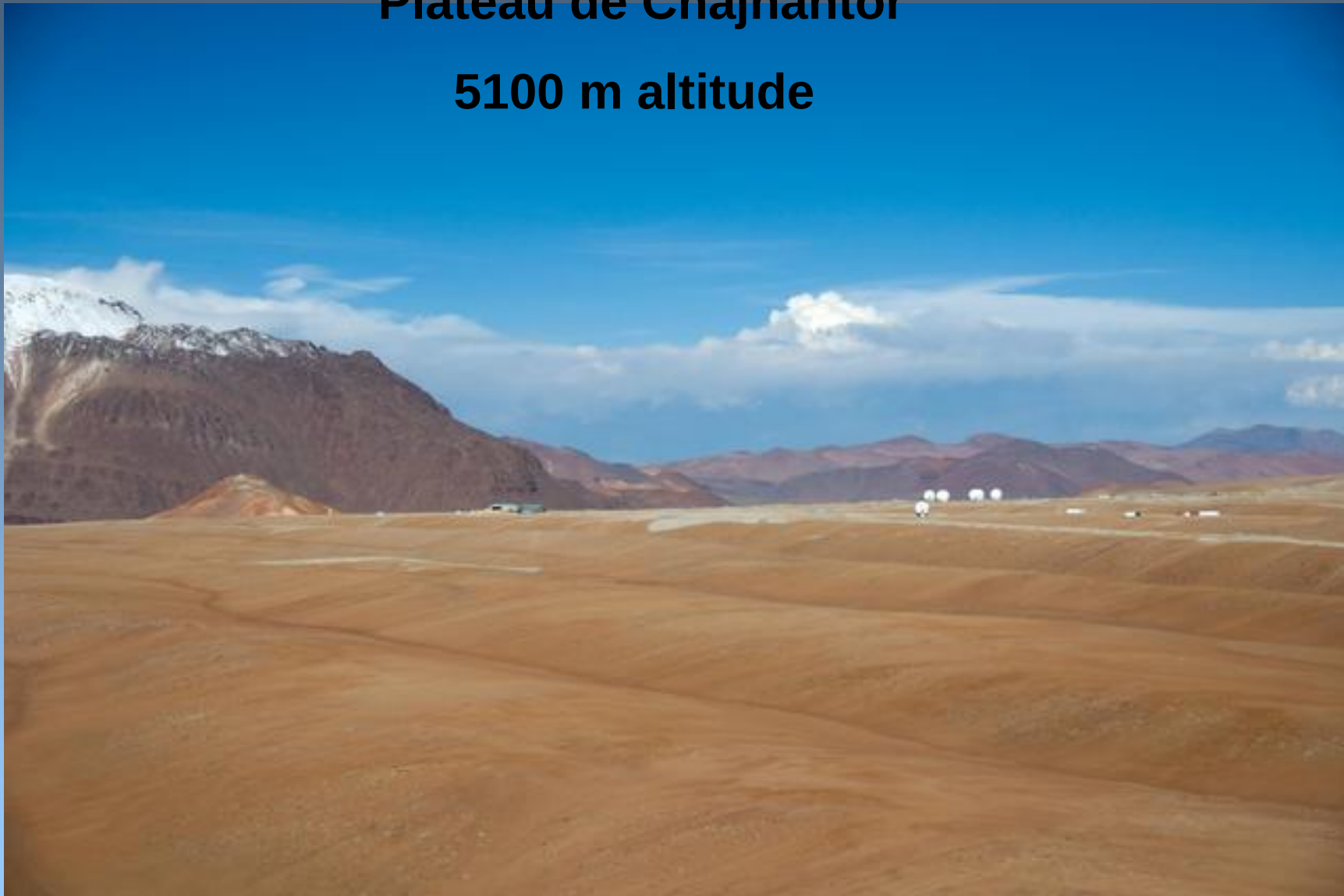




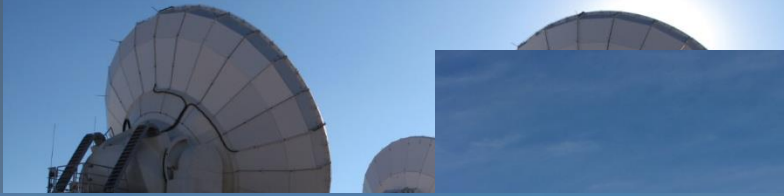


Plateau de Chajnantor

5100 m altitude



(Dec. 2009)



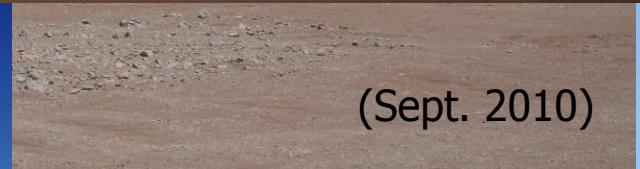
(Oct. 2012)



(Oct. 2012)



(Sept. 2010)



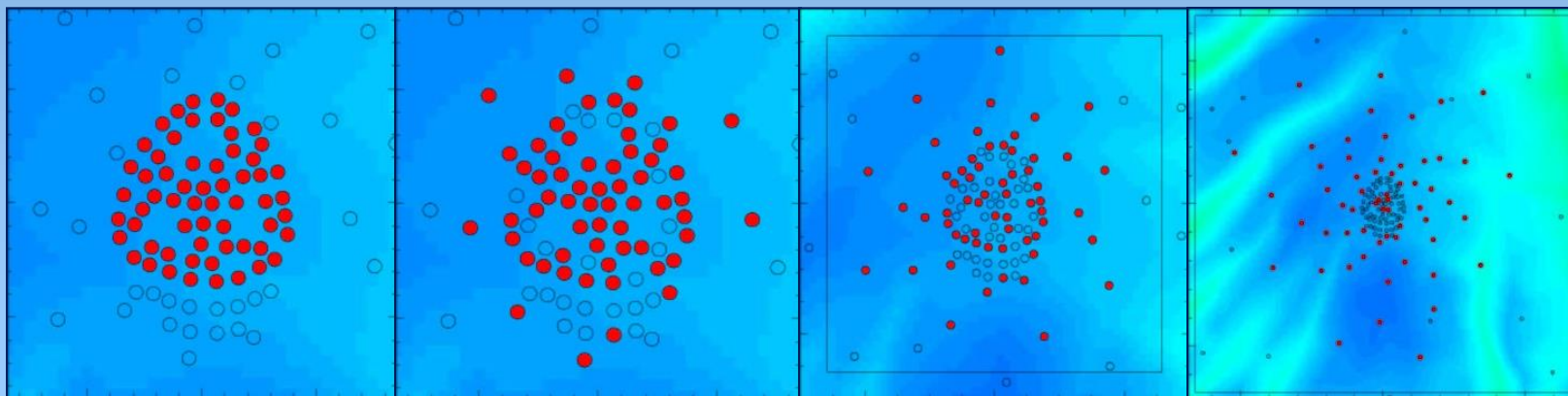
(June 2011)







Des lignes de base jusqu'à 16 km (10 km testé en 2014)



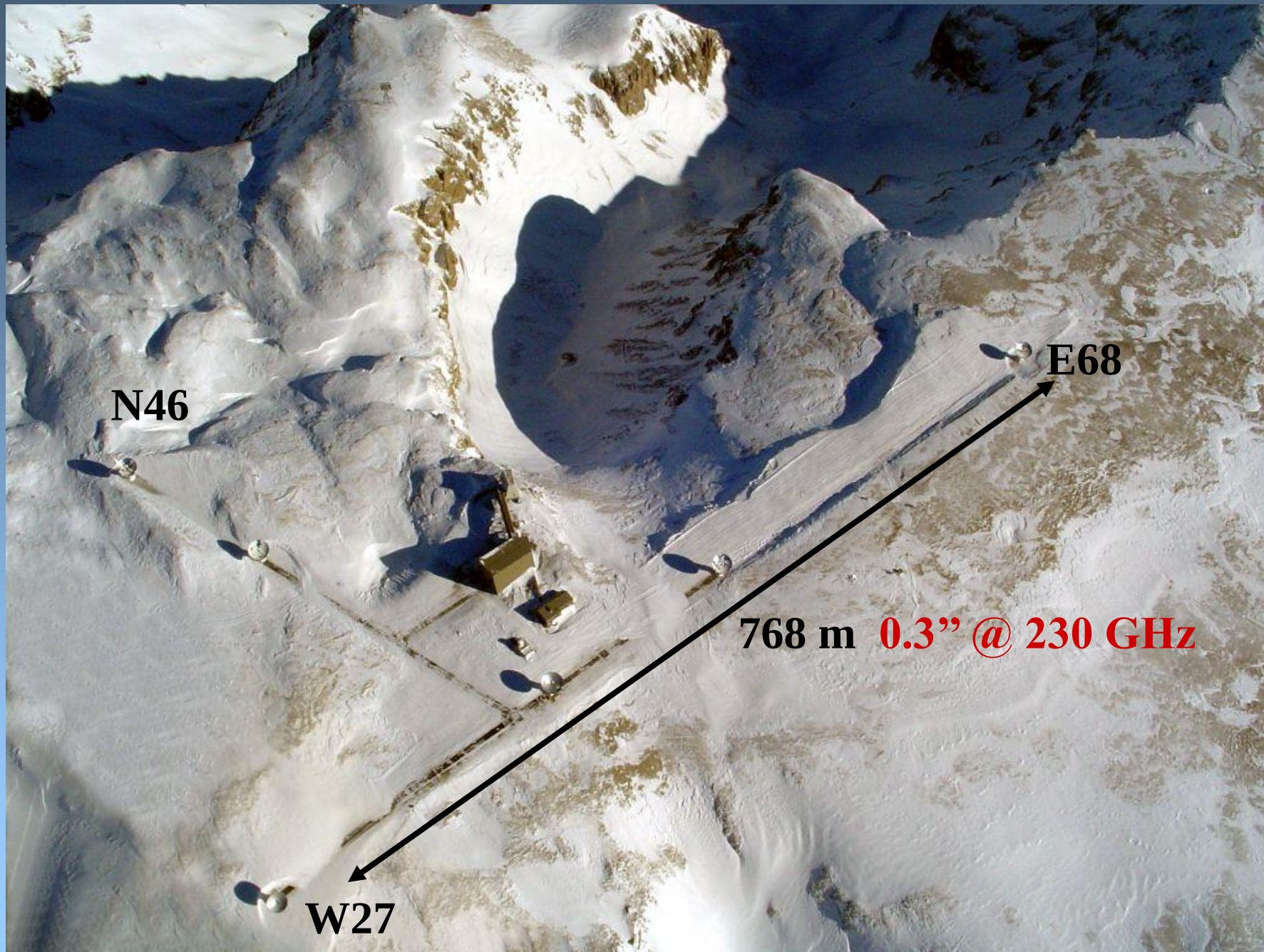
Le Plateau de Bure



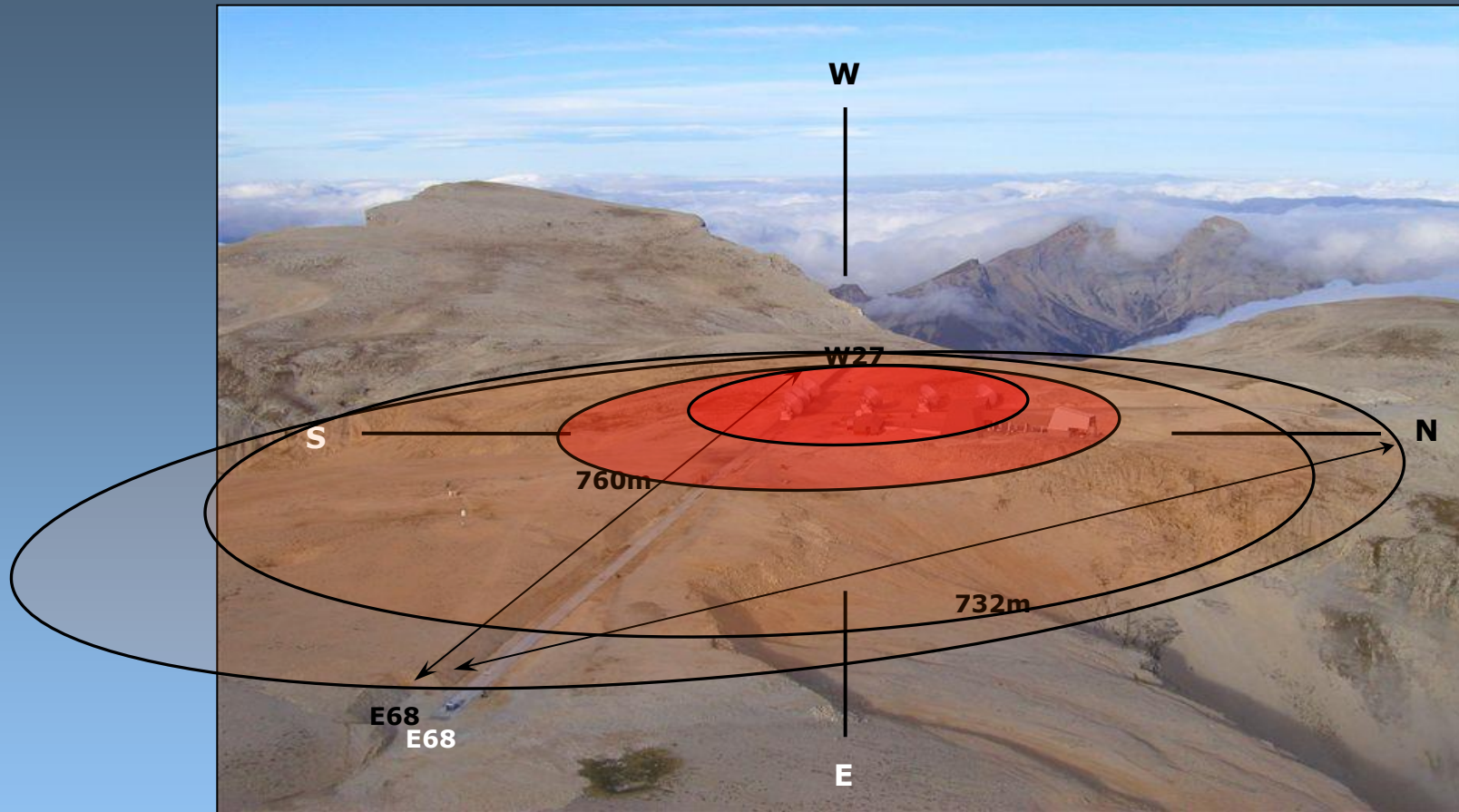








Les lignes de base de l'interferomètre de Bure



Configuration D @ 80 GHz	6"
Configuration A @ 260 GHz	0.2"

NOEMA : 12 antennes en 2019

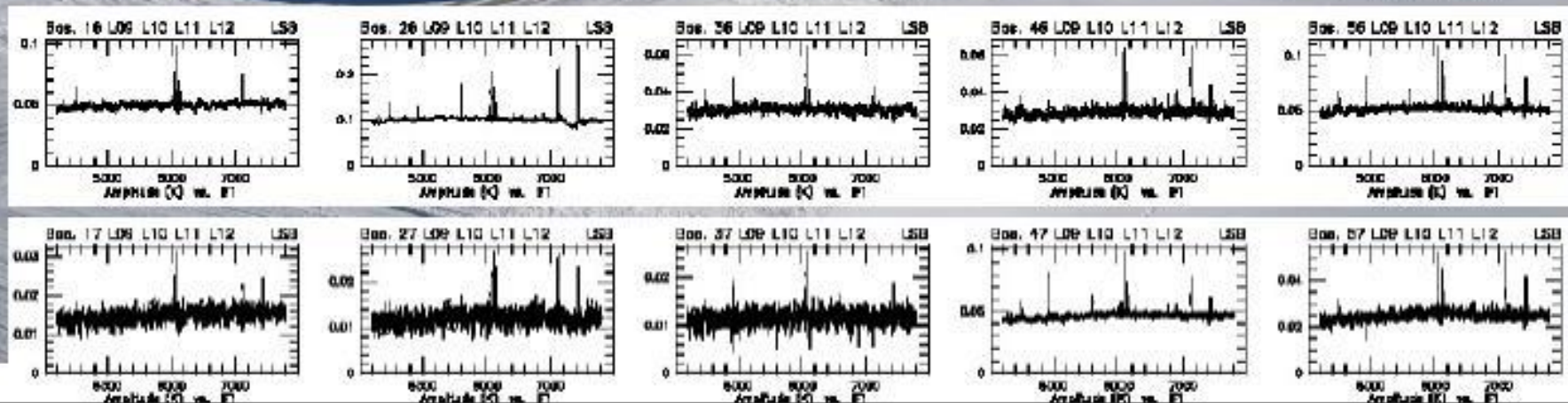
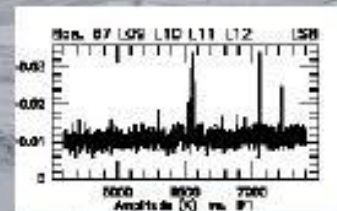
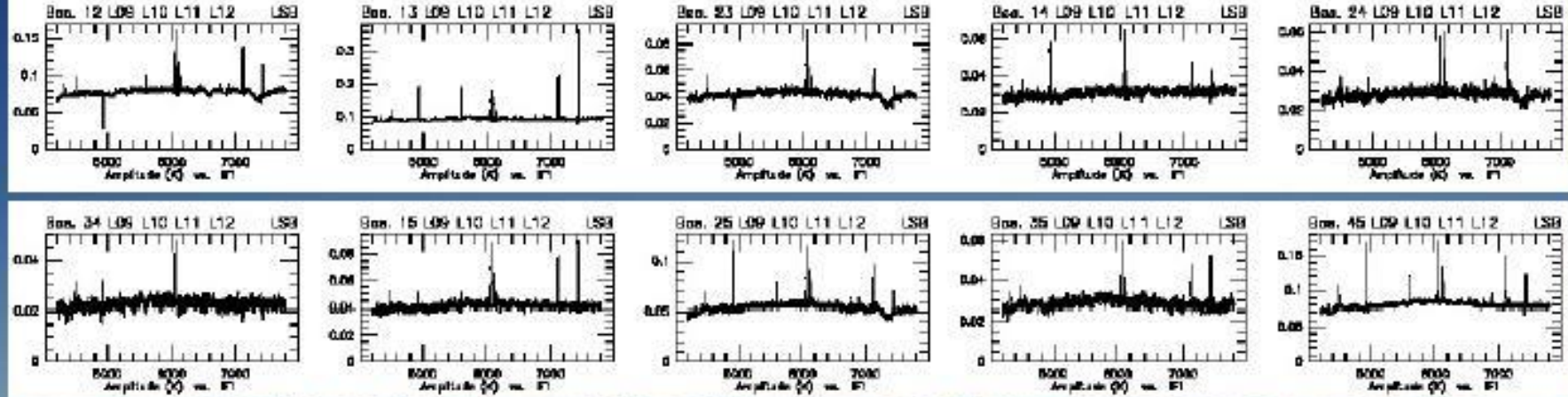




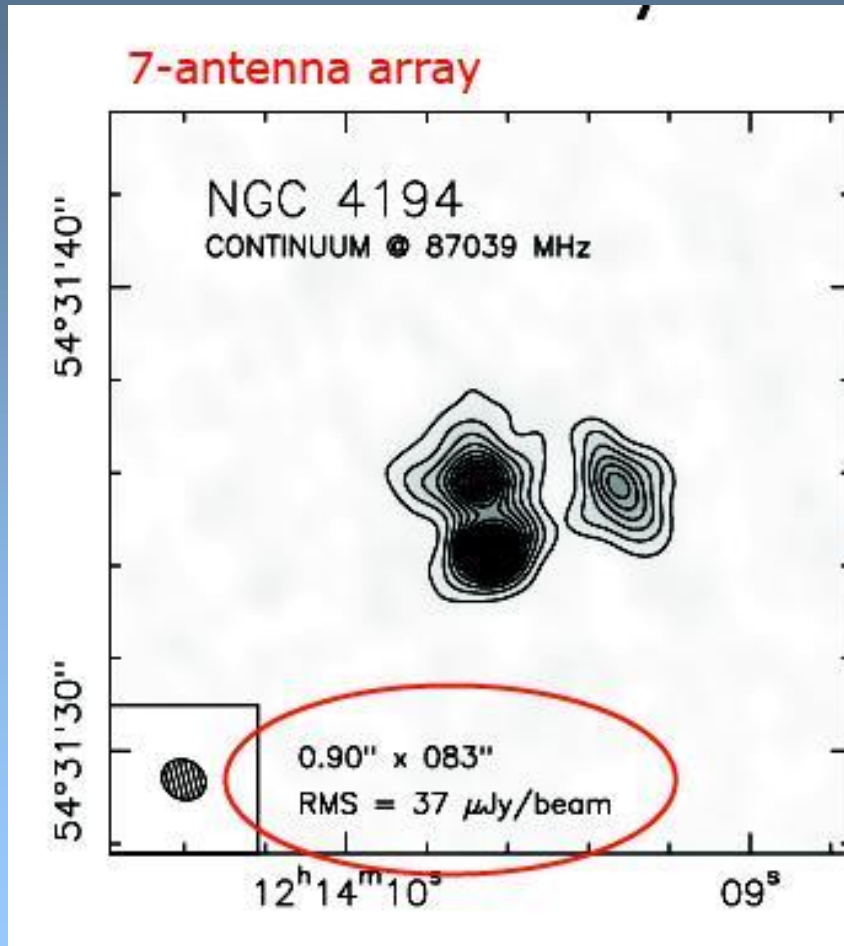
Inauguration antenne 7 22 Sept. 2014

Construction de l'antenne 8





Première image NOEMA 7 antennes



(Koenig et al. 2015)

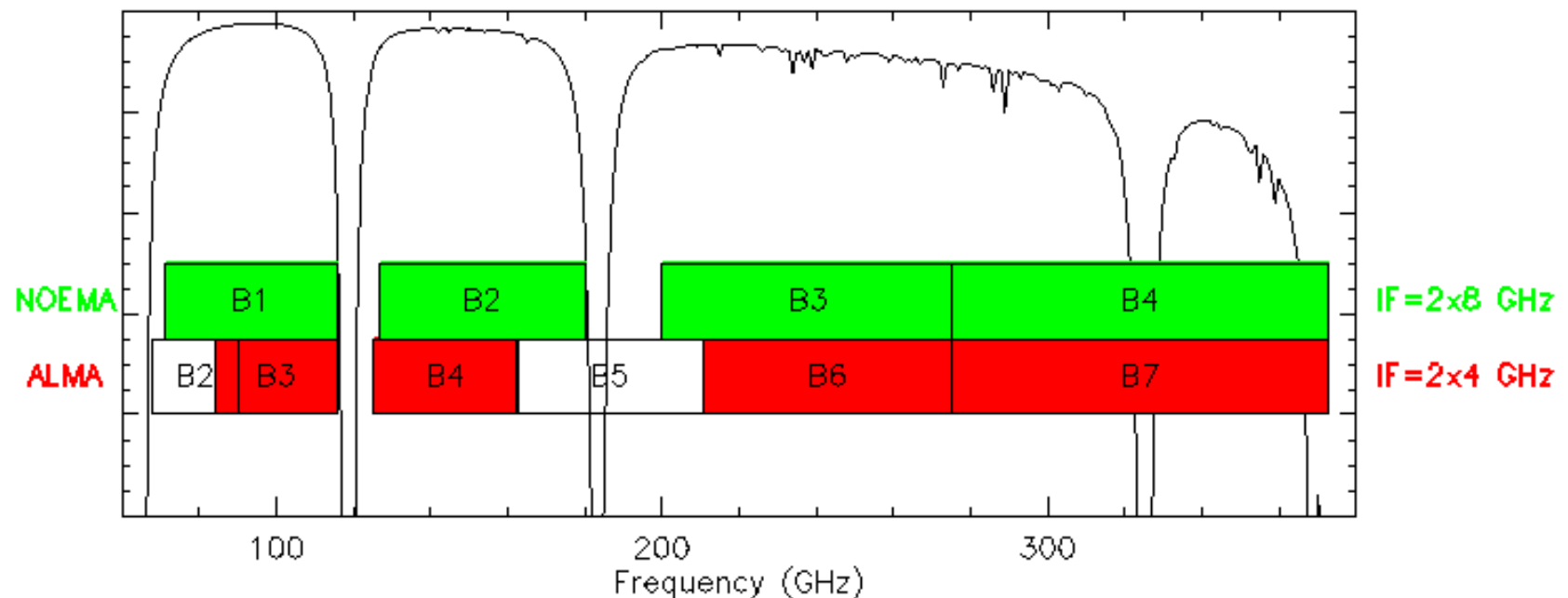
NOEMA factsheet

Collecting area		
	Interferometry	Short spacings
ALMA/ACA	5655 m ²	914m ²
NOEMA/30m	2121 m ²	707m ²

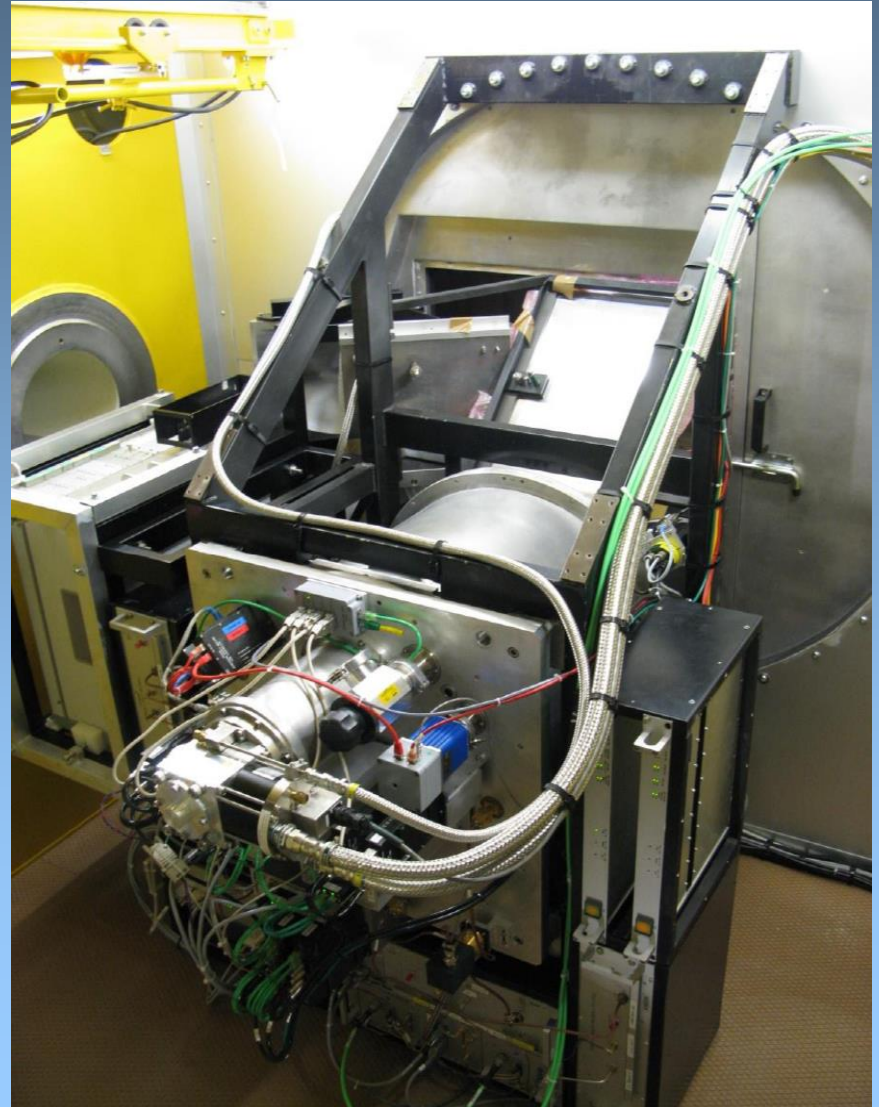
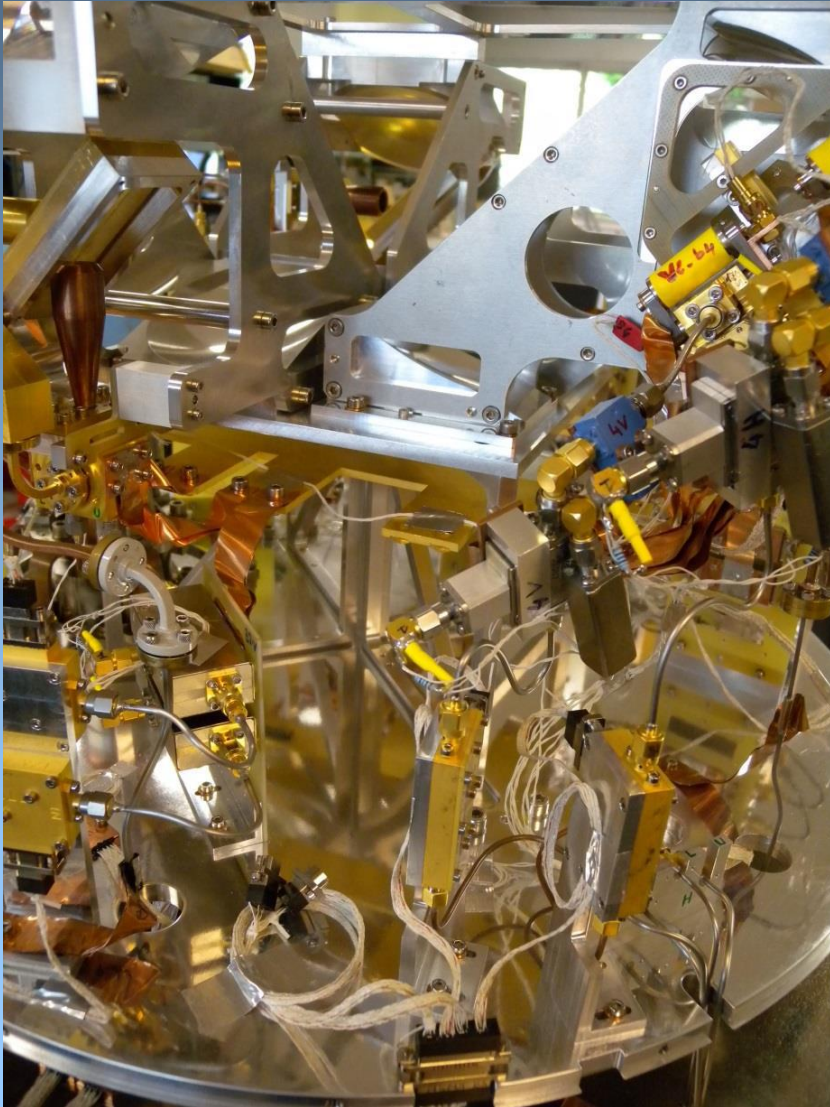
NOEMA receivers		
Band 1	3 mm	72-116 GHz
Band 2	2 mm	127-179 GHz
Band 3	1.3 mm	200-276 GHz
Band 4	0.8 mm	275-373 GHz

Bandwidth per polarization	
PdBI	4 GHz
ALMA	2 x 4 GHz
NOEMA/30m	2 x 8 GHz

Fenêtres atmosphériques dans le millimétrique



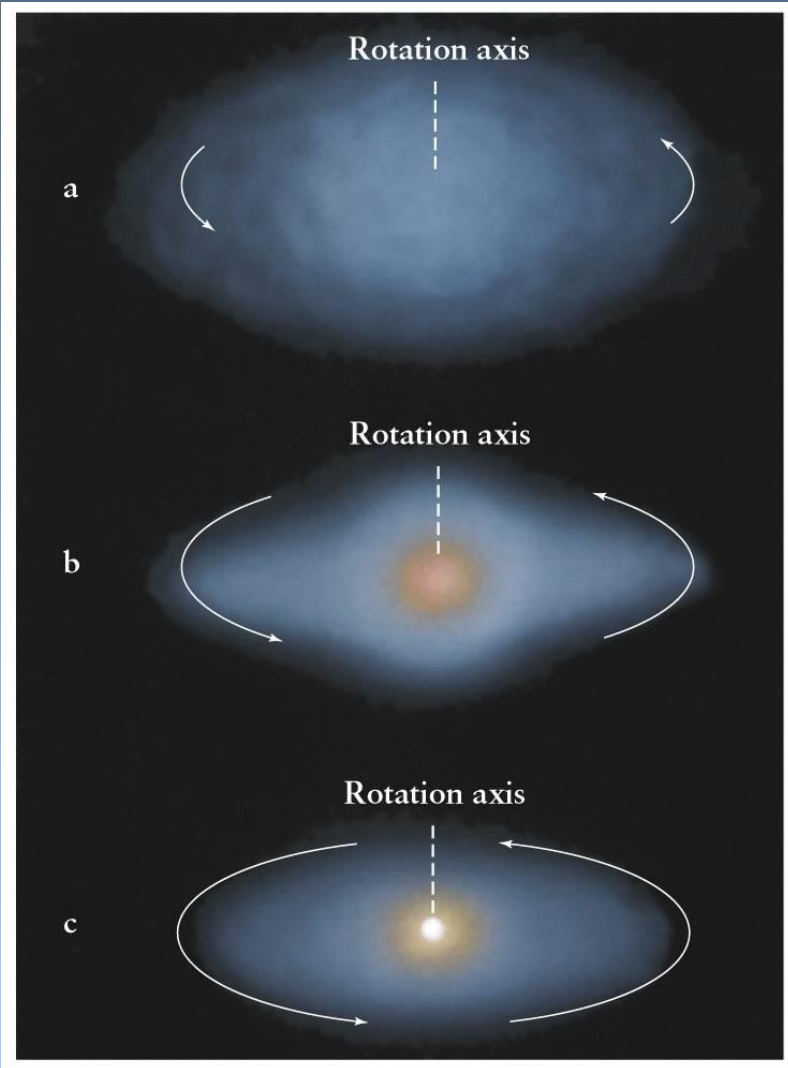
Récepteurs NOEMA



NOEMA

- 12 antennes... mais de 15 m de diamètre
- Le plus gros projet astronomique sur le territoire français
- Un instrument européen (F/D/E) **entièrement dédié au domaine millimétrique**
 - ALMA instrument mondial, optimisé pour le submillimétrique
- Un instrument complémentaire de ALMA dans l'hémisphère Nord

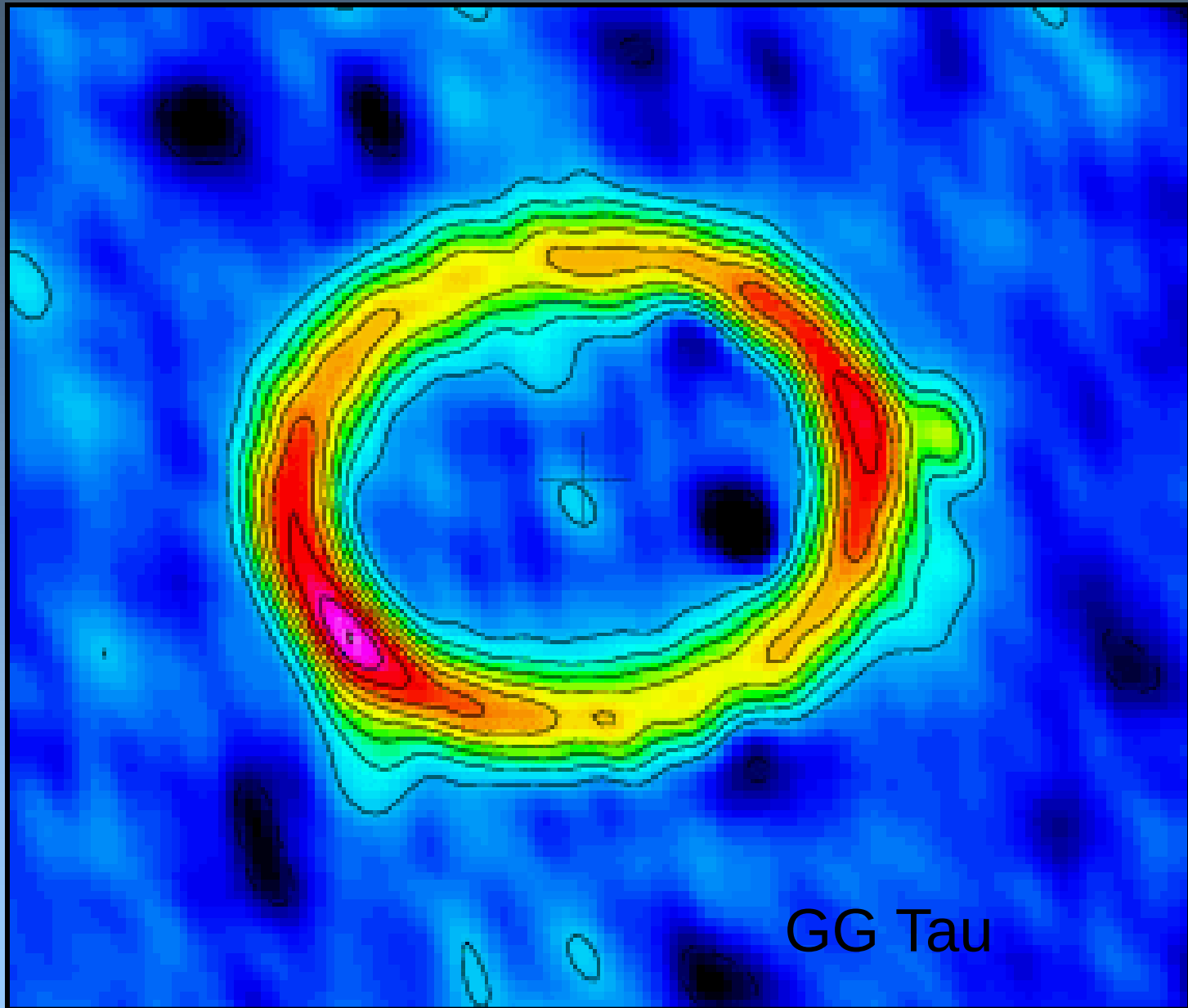
Formation des étoiles et des planètes

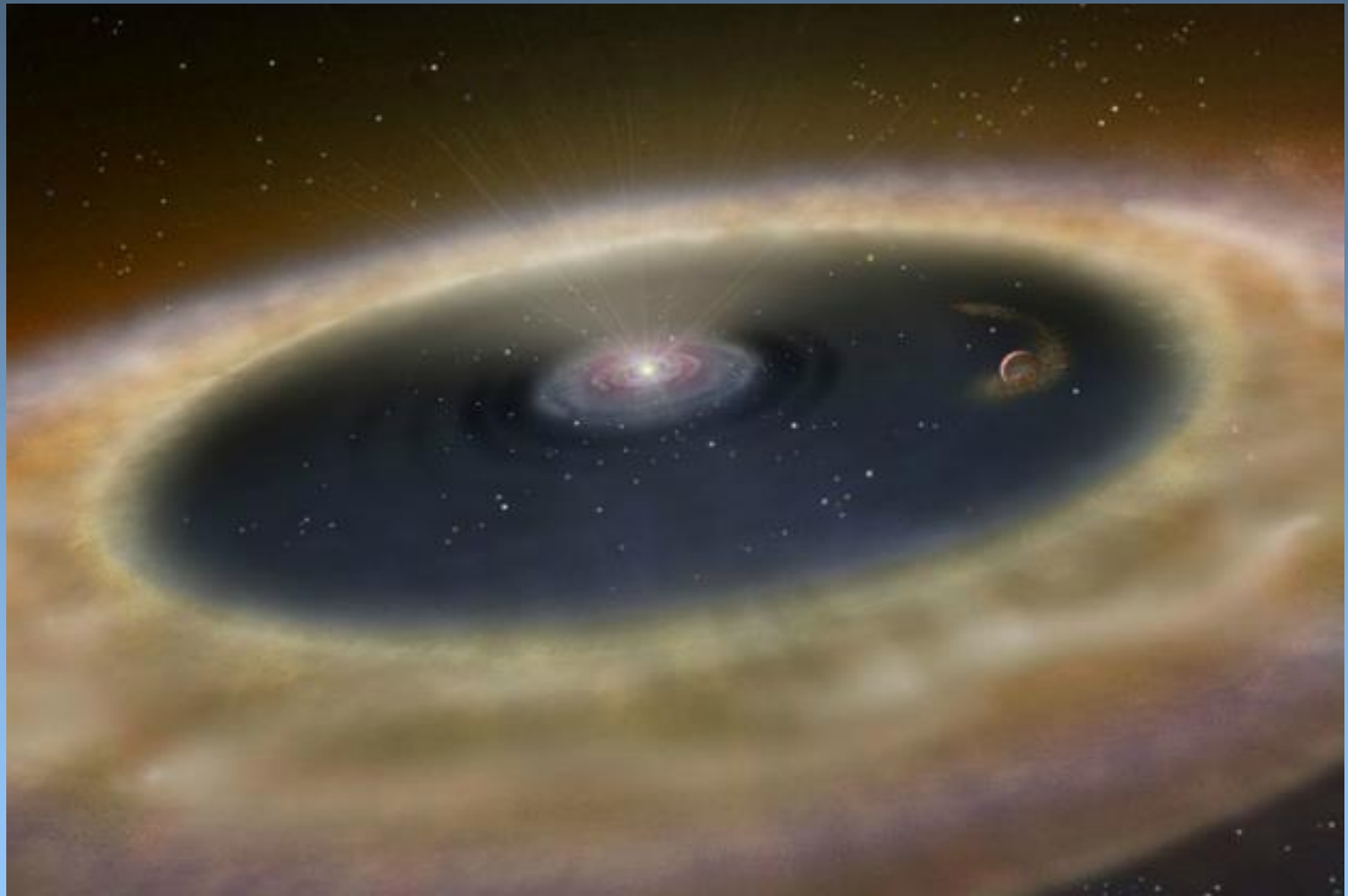


Nuage moléculaire en effondrement

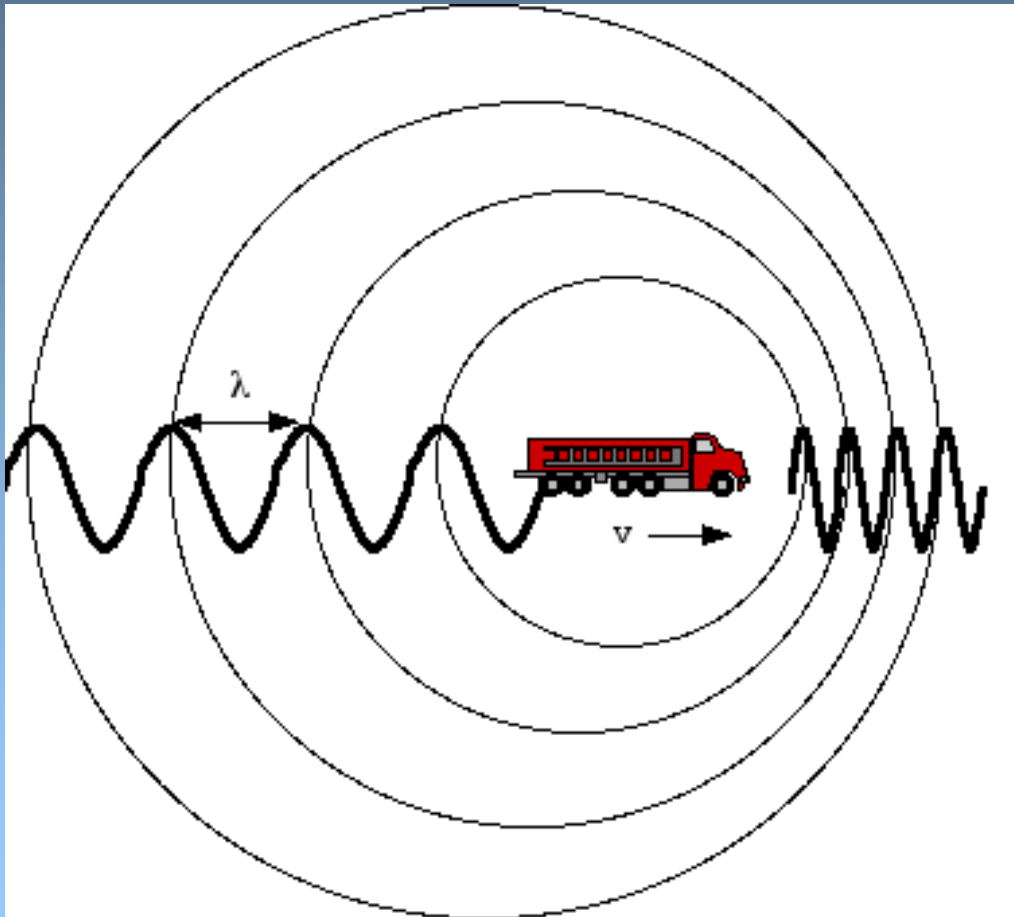


Etoile entourée d'un disque d'accrétion

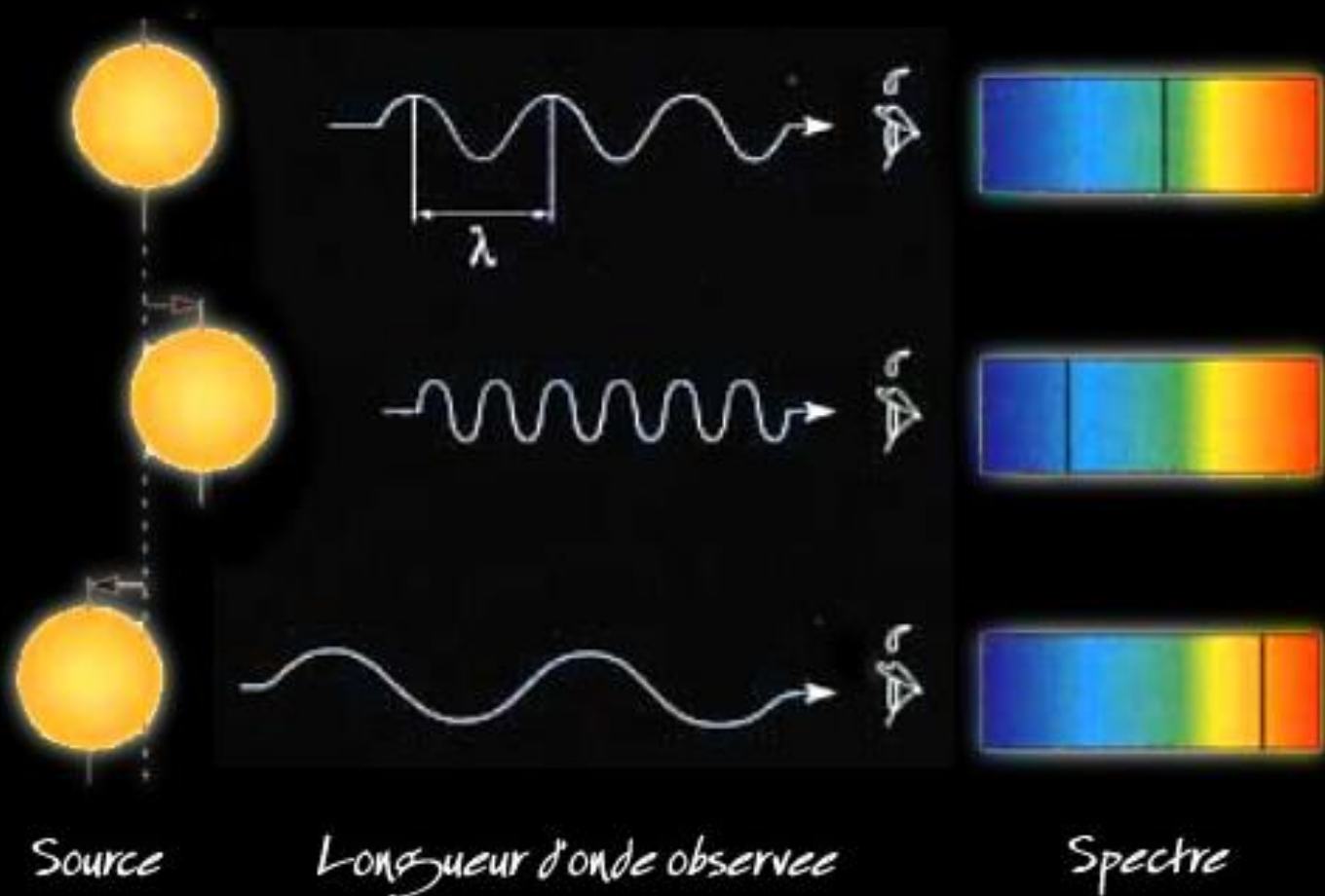




Effet doppler : mesurer la fréquence
permet de mesurer la **vitesse**

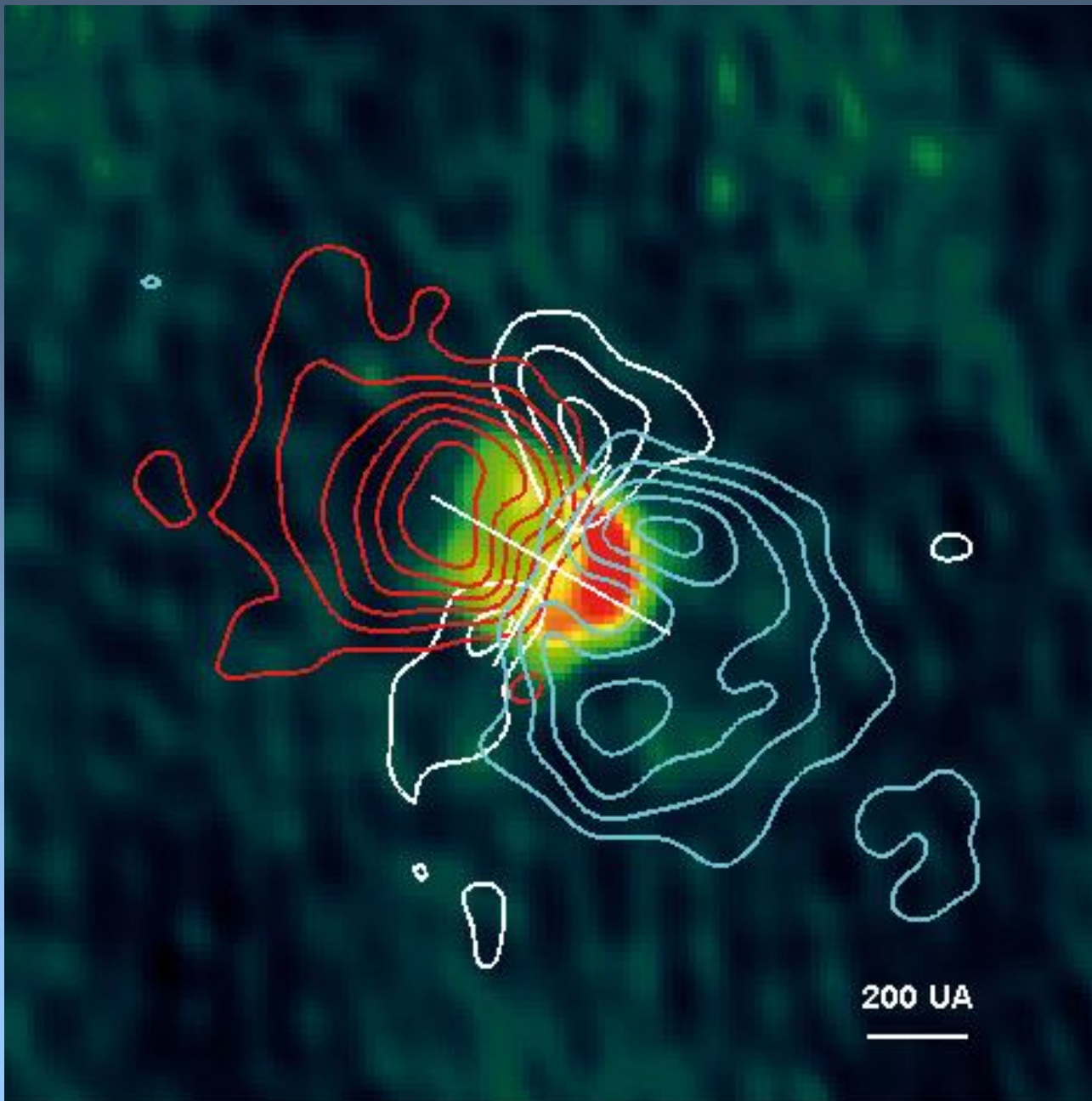


Le décalage du spectre est proportionnel à la vitesse relative de l'objet lumineux.



Spectroscopie

- Les interféromètres (sub)millimétriques sont des **spectro-imageurs** qui analysent une bande passante instantanée = 4 à 32 GHz
- **Chaque seconde, pour chaque ligne de base, le corrélateur de NOEMA mesure 160 000 canaux de fréquences**
 - NOEMA peut observer **128 fenêtres à très haute résolution** spectrale + l'ensemble de la bande passante (32 GHz) à basse résolution
 - Résolution de 15 kHz, Fréquence d'observation de 230 GHz R~ 15 millions

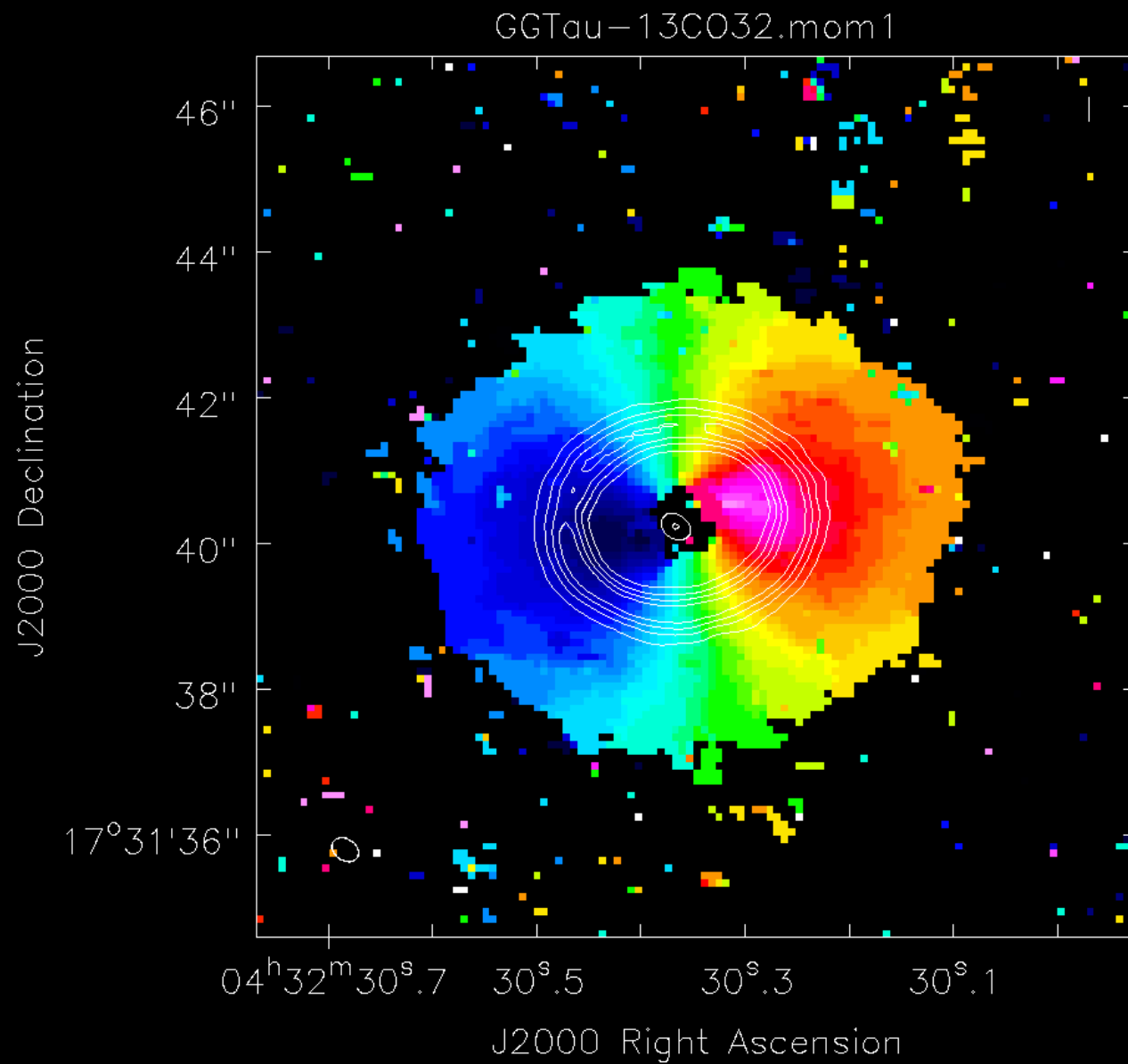


Emission
décalée vers
le rouge = gaz
qui s'éloigne

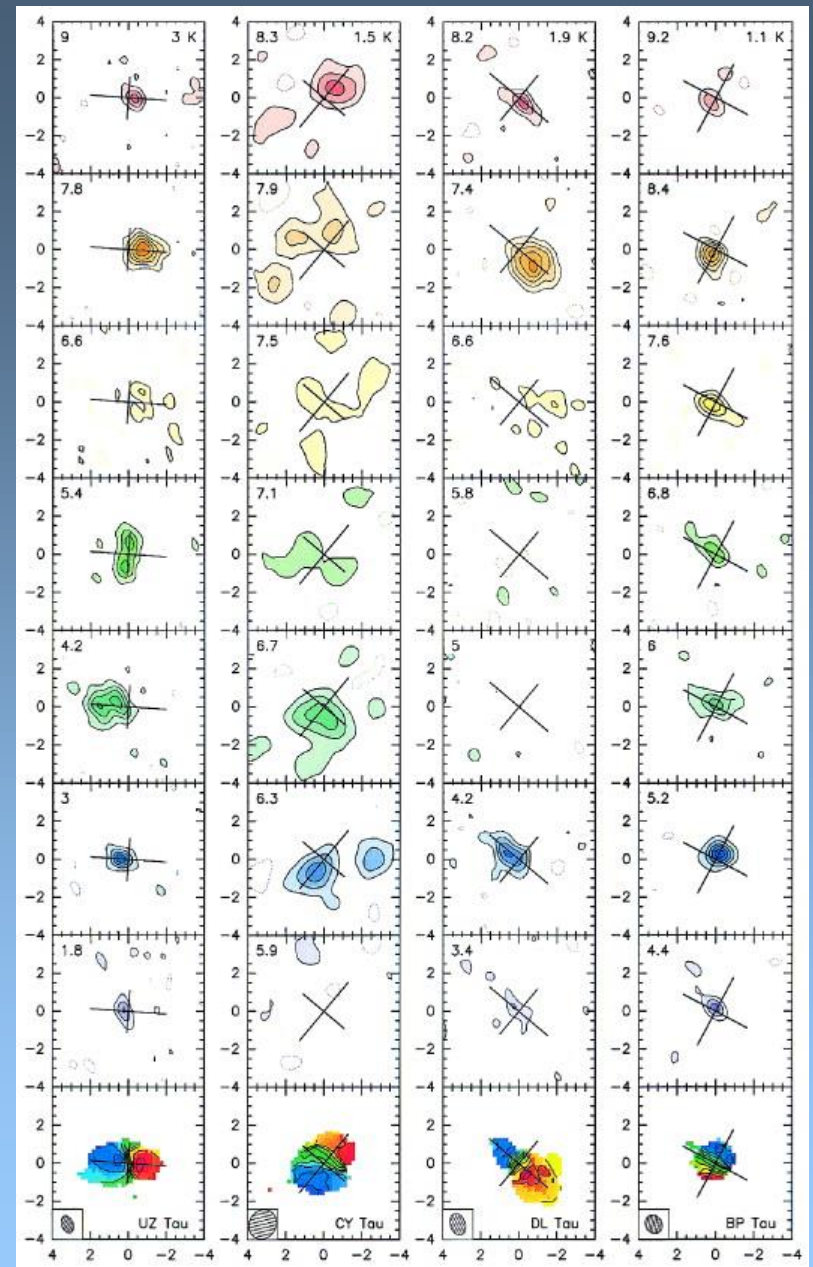
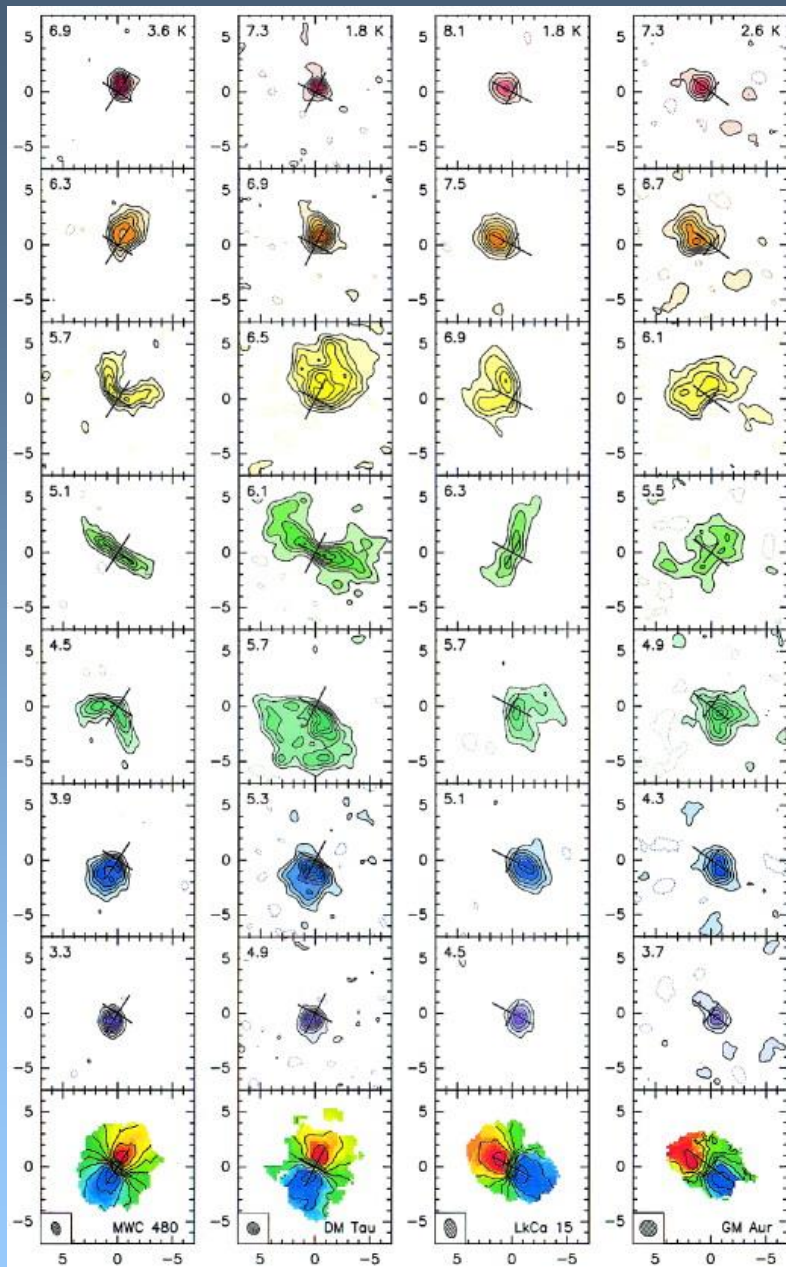
Emission
décalée vers
le bleu = gaz
qui se
rapproche

Ce disque
entourant UY
Aur **tourne!**

Dutrey et al.

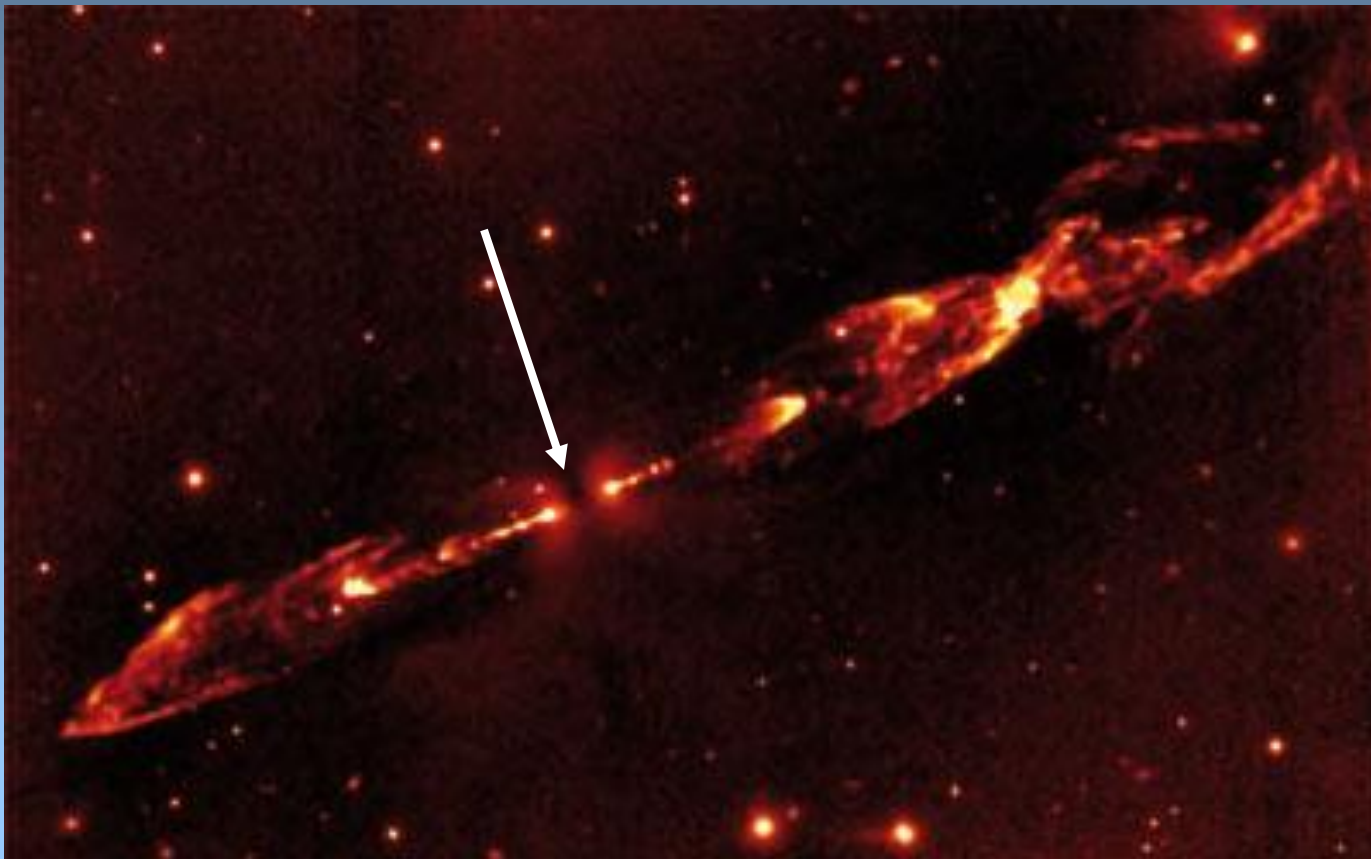


Dutrey et al.

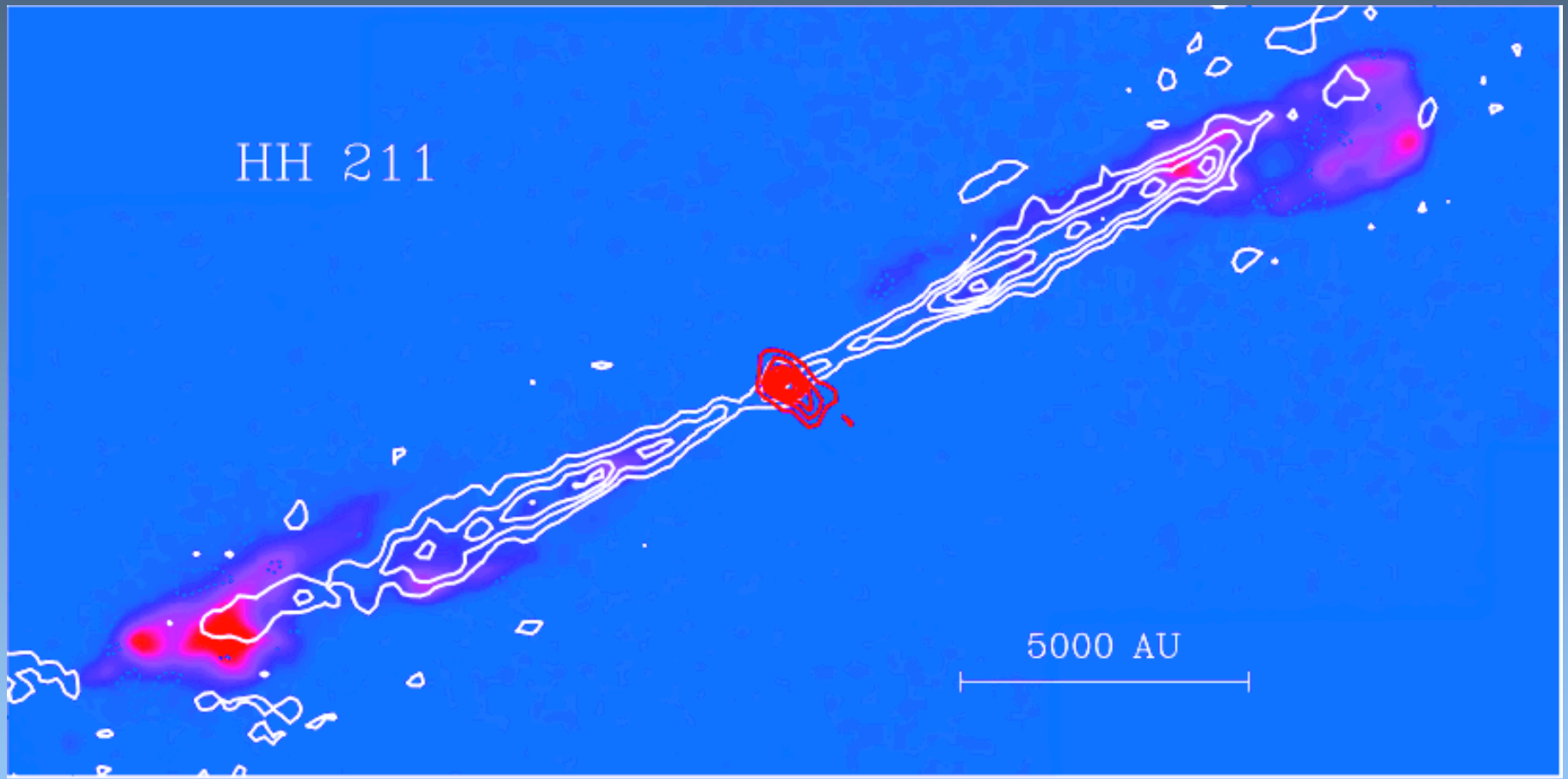


Simon et al.

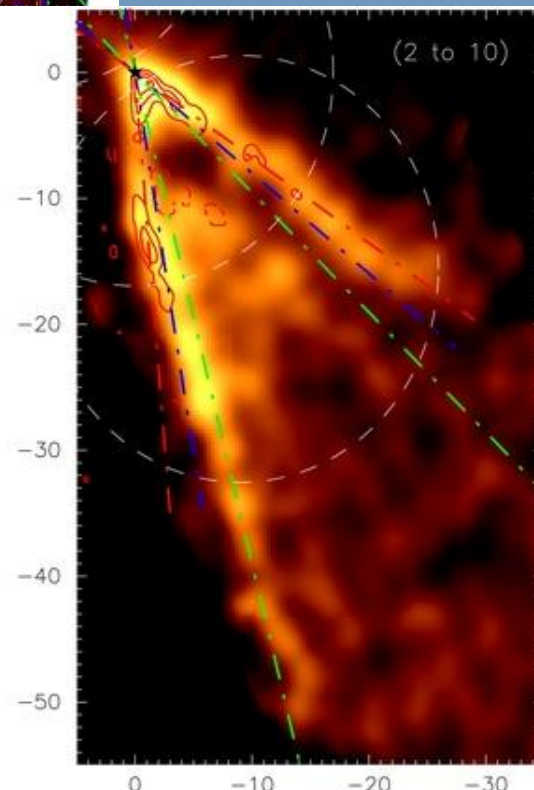
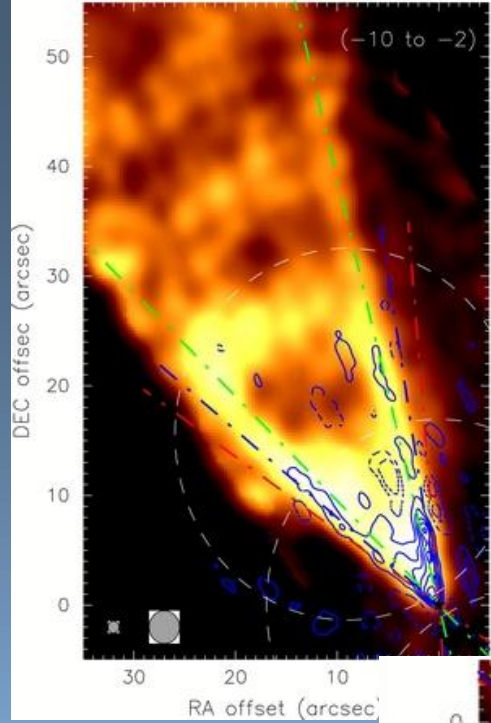
Mais ce n'est pas si simple:
disque (rotation) + jet (éjection)



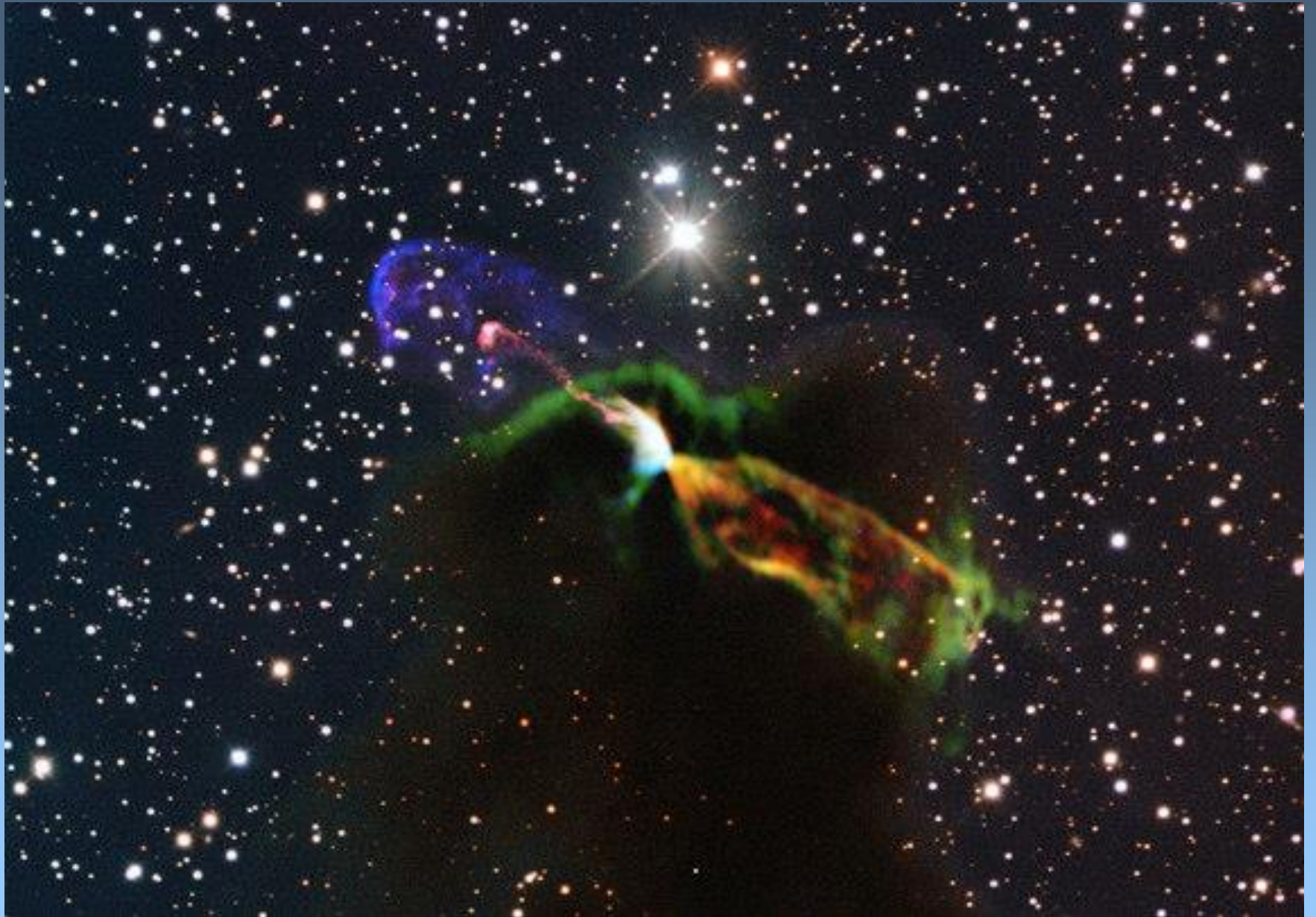
McCaughrean et al.



Gueth et al.

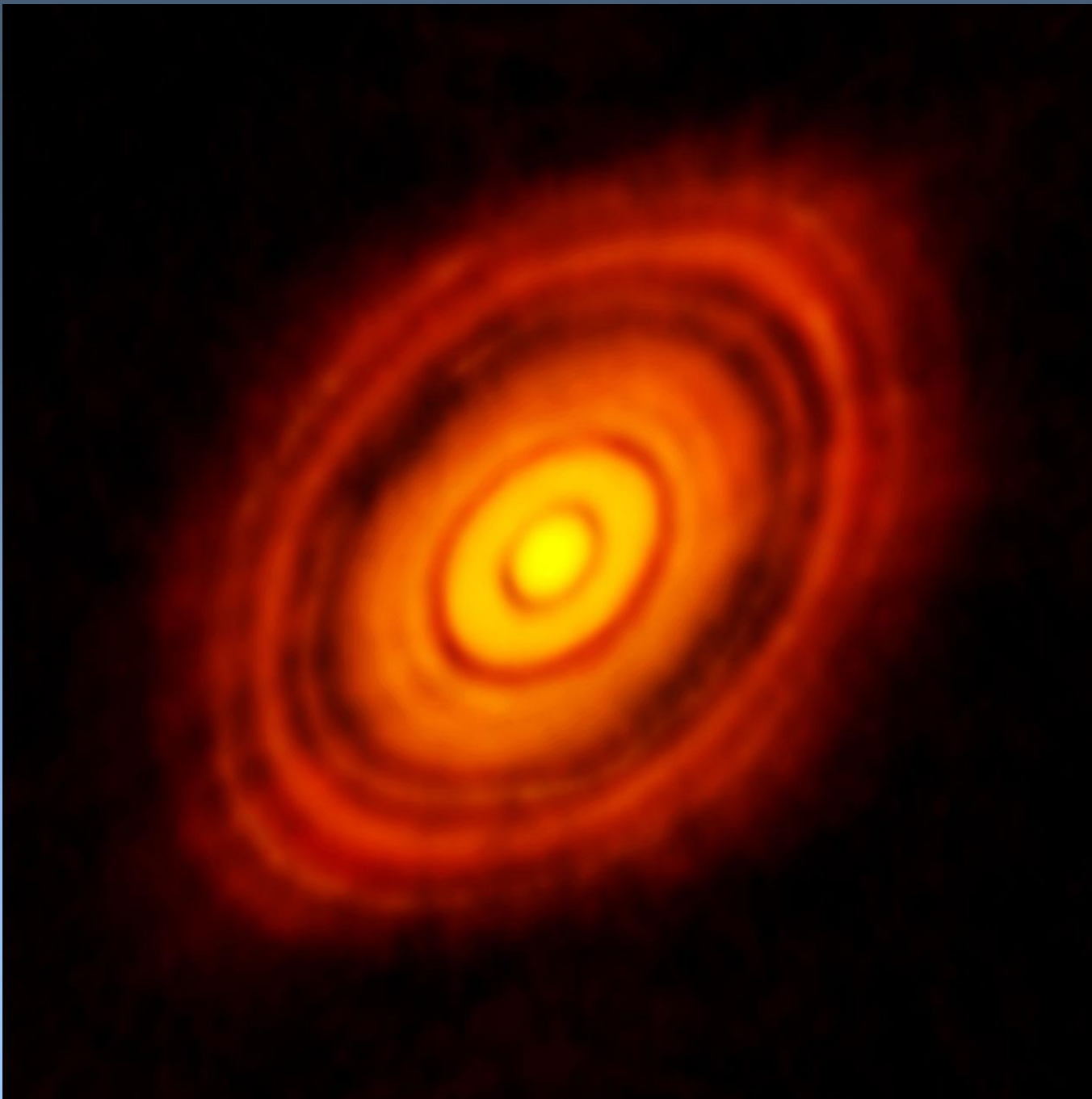


Tafalla et al.



Arce et al.

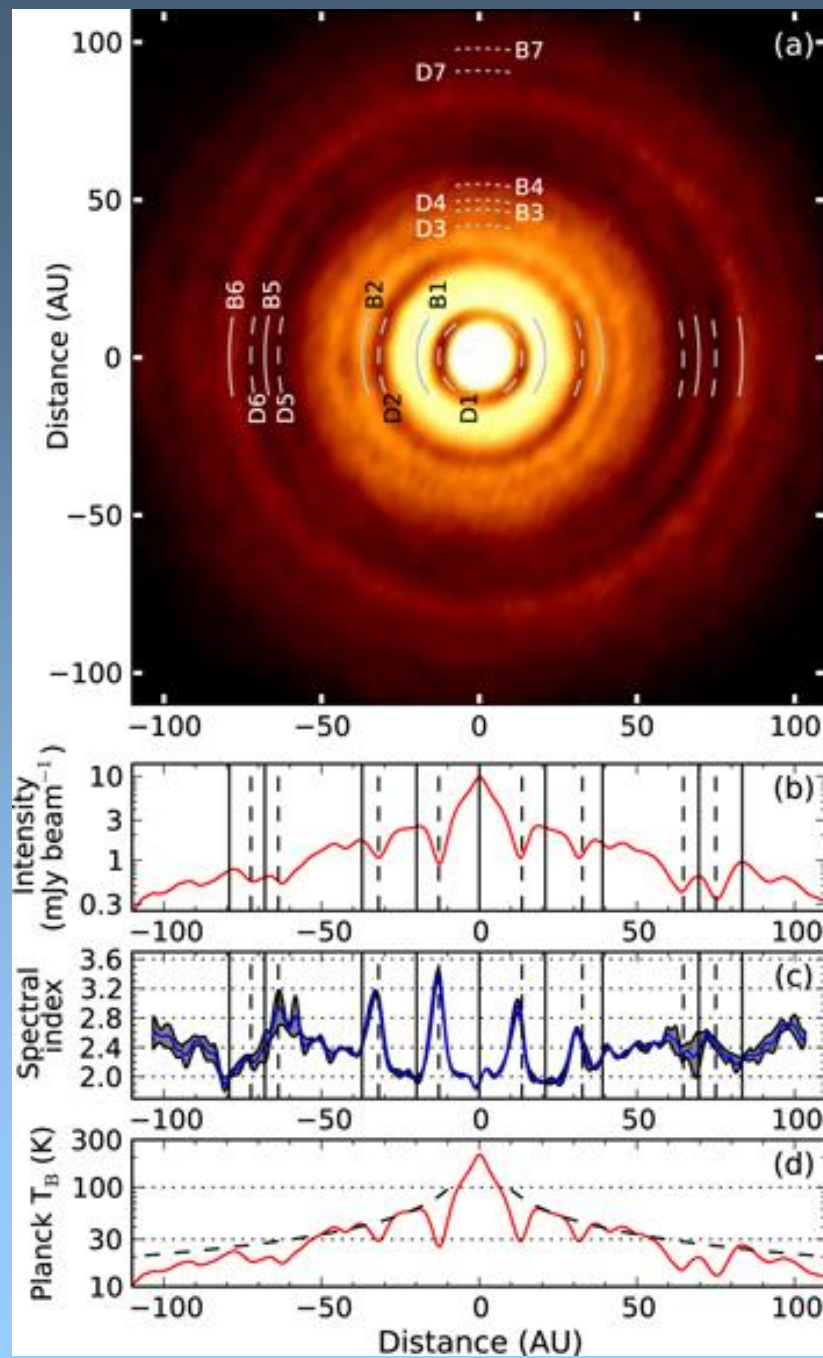


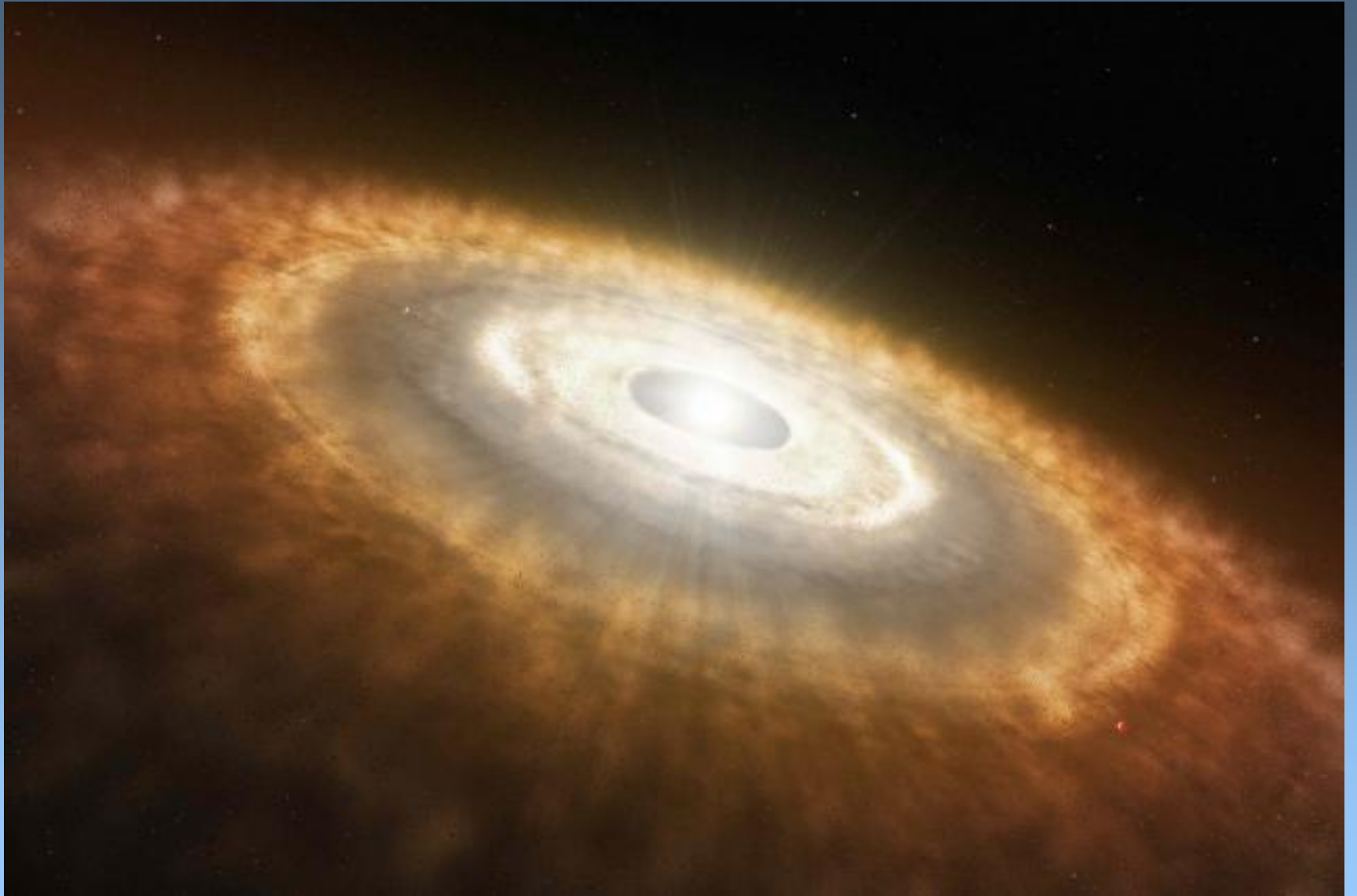


ALMA Long
Baselines 2014

Brogan et al.







List of Interstellar Molecules

Hydrogen Compounds

H_2	HD	H_3^+	H_2D^+		
-------	------	---------	----------	--	--

Hydrogen and Carbon Compounds

<u>CH</u>	CH^+	C_2	CH_2	C_2H	$*C_3$
CH_3	C_2H_2	C_3H (lin)	$c-C_3H$	$*CH_4$	C_4
$c-C_3H_2$	H_2CCC (lin)	C_4H	$*C_5$	$*C_2H_4$	C_5H
H_2C_4 (lin)	$*HC_4H$	CH_3C_2H	C_6H	$*HC_6H$	H_2C_6
$*C_7H$	CH_3C_4H	C_8H	$*C_6H_6$		

Hydrogen, Carbon (possibly) and Oxygen Compounds

<u>OH</u>	<u>CO</u>	CO^+	H_2O	HCO	HCO^+
HOC^+	C_2O	CO_2	H_3O^+	$HOCO^+$	H_2CO
C_3O	CH_2CO	$HCOOH$	H_2COH^+	CH_3OH	CH_2CHO
CH_2CHOH	CH_2CHCHO	HC_2CHO	C_5O	CH_3CHO	$c-C_2H_4O$
CH_3OCHO	CH_2OHCHO	CH_3COOH	CH_3OCH_3	CH_3CH_2OH	CH_3CH_2CHO
$(CH_3)_2CO$	$HOCH_2CH_2OH$	$C_2H_5OCH_3$	$(CH_2OH)_2CO$	CH_3CONH_2	

Molecular ions are in **red**. Free radicals are in **purple**. Closed-shell highly unstable molecules are in **blue**.

Hydrogen, Carbon (possibly) and Nitrogen Compounds

NH	CN	N_2	NH_2	HCN	HNC
N_2H^+	NH_3	$HCNH^+$	H_2CN	$HCCN$	C_3N
CH_2CN	CH_2NH	HC_2CN	HC_2NC	NH_2CN	C_3NH
CH_3CN	CH_3NC	HC_3NH^+	$*HC_4N$	C_5N	CH_3NH_2
CH_2CHCN	HC_5N	CH_3C_3N	CH_3CH_2CN	HC_7N	$CH_3C_5N?$
HC_9N	$HC_{11}N$				

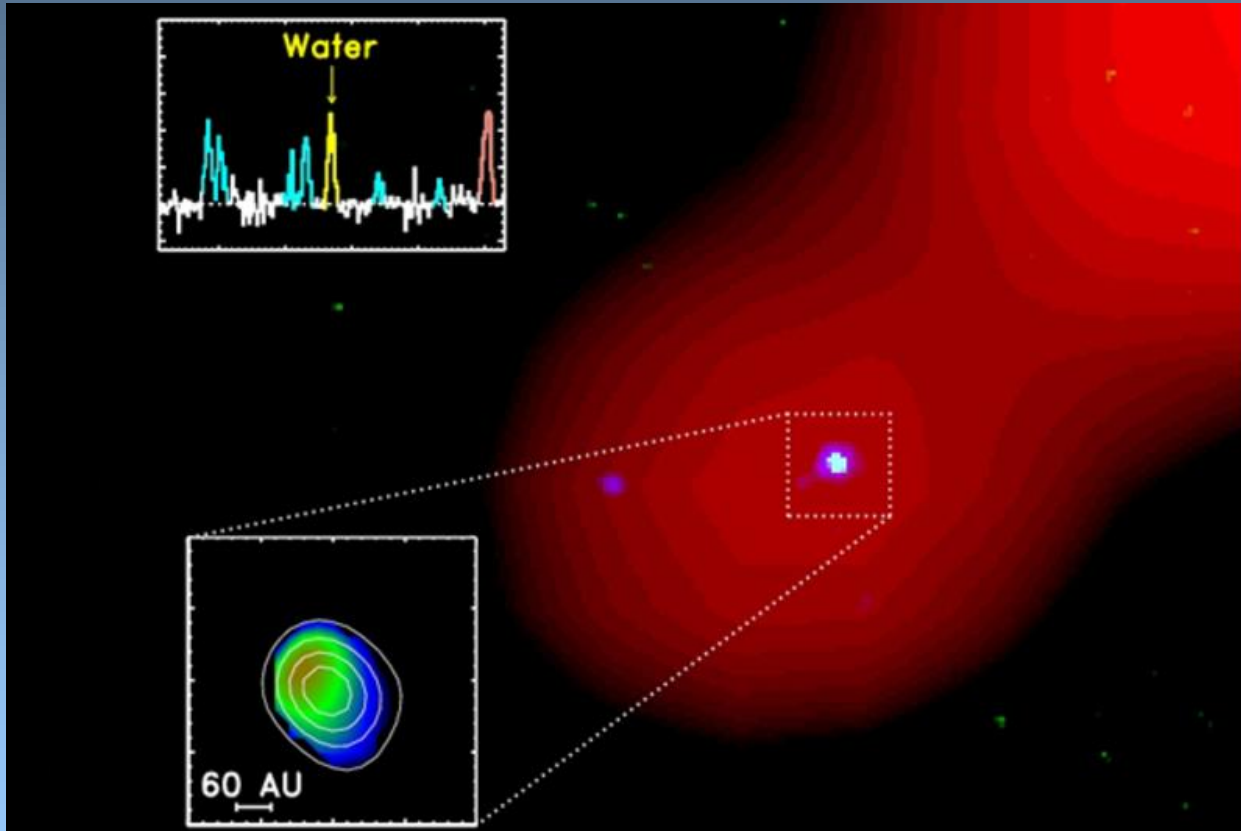
Hydrogen, Carbon (possibly), Nitrogen and Oxygen Compounds

NO	HNO	N_2O	$HNCO$	NH_2CHO	
------	-------	--------	--------	-----------	--

Other Species

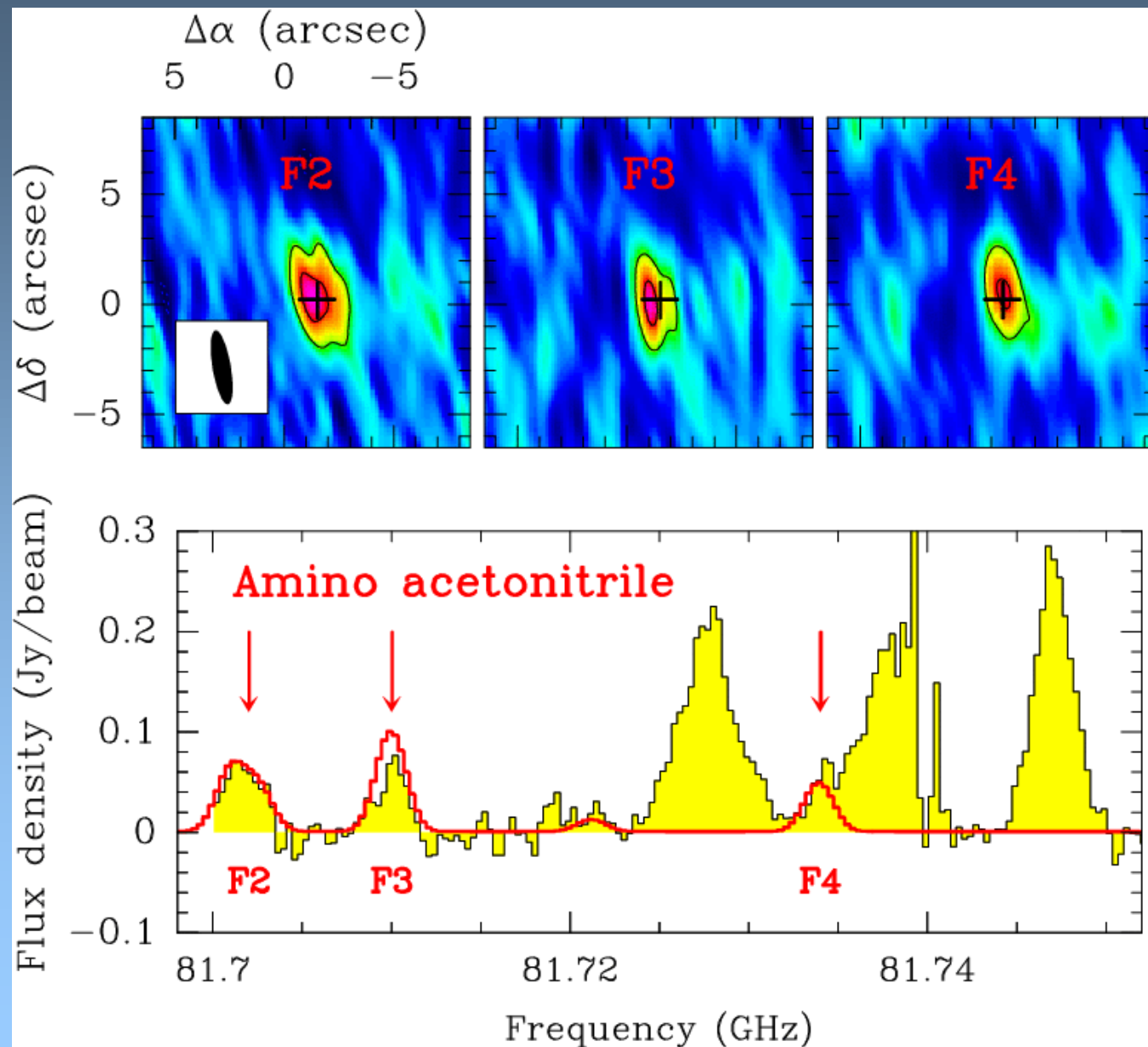
SH	CS	SO	SO^+	NS	SiH
$*SiC$	SiN	SiO	SiS	HCl	$*NaCl$
$*AlCl$	80%des molecules détectées l'ont été dans le domaine millimétrique!				
H_2S					
$*SiCN$	$*SiNC$	$*NaCN$	$*MgCN$	$*MgNC$	$*AlNC$
H_2CS	$HNCS$	C_3S	$c-SiC_3$	$*SiH_4$	$*SiC_4$
CH_3SH	C_5S	FeO	CF^+		

De l'eau!



Van Dishoeck et al.

Detection de l'Amino Acetonitrile dans Sgr B2



Amino Acetonitrile
 $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CN}$

L'Amino Acetonitrile **$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CN}$**
est le précurseur de l'acide
aminoacétique **$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$**



$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ s'appelle la **glycine**

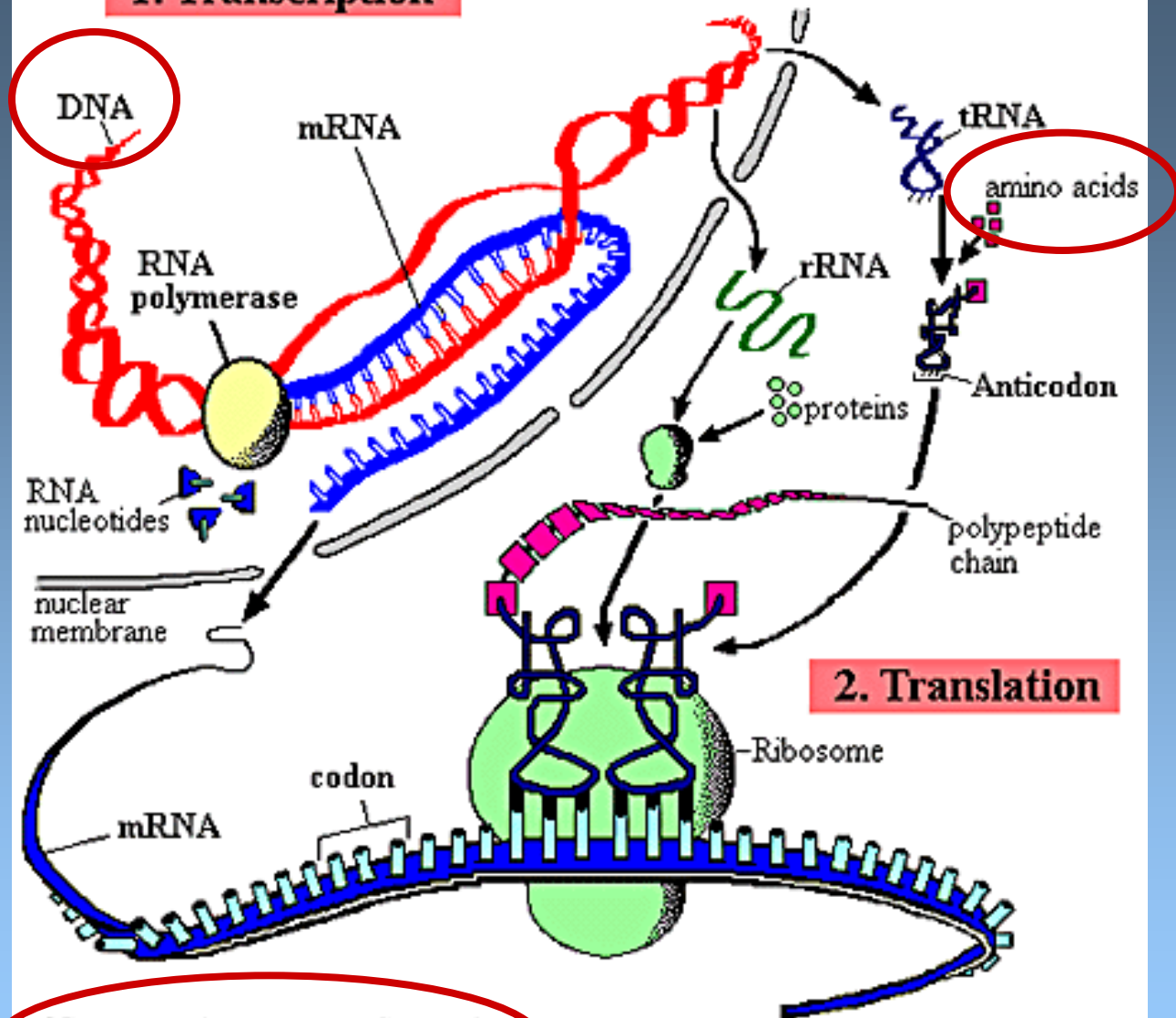


La glycine est le plus simple des **acides aminés**



Les acides aminés jouent un rôle clé dans
le métabolisme des cellules (sur Terre)

1. Transcription



Protein synthesis



WIKIPÉDIA
L'encyclopédie libre

Accueil
Portails thématiques
Article au hasard
Contact

Contribuer
Débuter sur
Wikipédia
Aide
Communauté
Modifications
récentes
Faire un don

Imprimer / exporter
Créer un livre
Télécharger
comme PDF

Article Discussion

Lire

Modifier

Modifier le code

Historique

Rechercher



Glycine (acide aminé)

Pour les articles homonymes, voir *Glycine*.

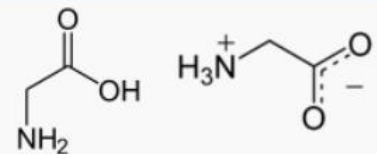
La **glycine** (abréviations IUPAC-IUBMB : **Gly** et **G**), est un **acide α-aminé** dont l'**énantiomère L** est l'un des **22 acides aminés protéinogènes**, encodé sur les **ARN messagers** par les **codons** GGU, GGC, GGA et GGG. C'est le plus simple des acides α-aminés, et elle ne possède aucun **atome de carbone asymétrique**. Son rayon de Van der Waals est égal à 48 Å.

Jadis appelée *glycocolle* ou *acide aminoacétique*, la glycine possède un **goût sucré** et peut être utilisée pour améliorer le goût d'**édulcorants** ou comme **exhausteur de goût** (E640).

Sommaire [masquer]

- 1 Fonctions biologiques
- 2 Catabolisme
- 3 Présence dans l'espace
- 4 Notes et références

Glycine



La glycine (à gauche) et son **zwitterion** (à droite).



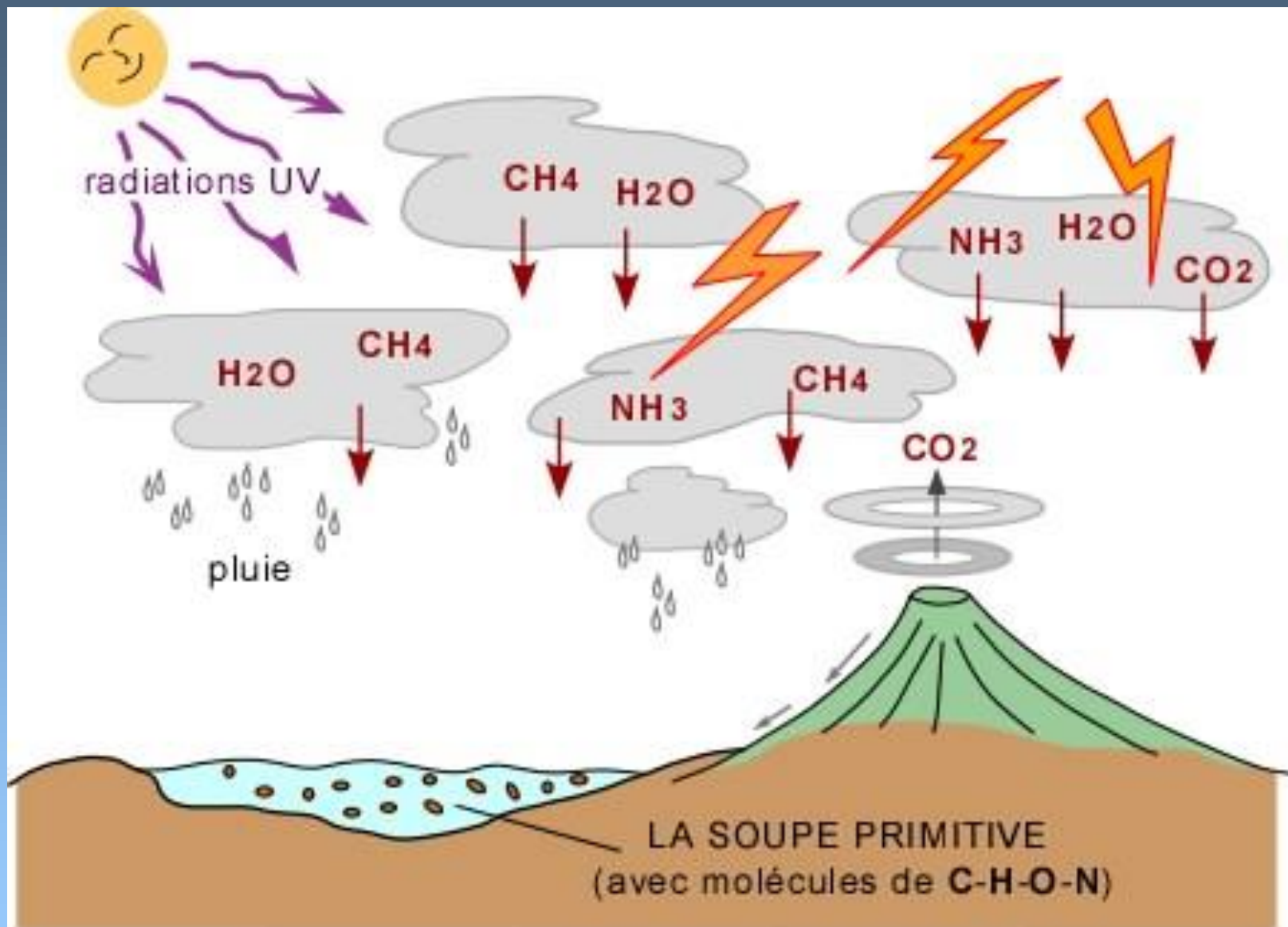
Modèle 3D de la glycine et de son zwitterion

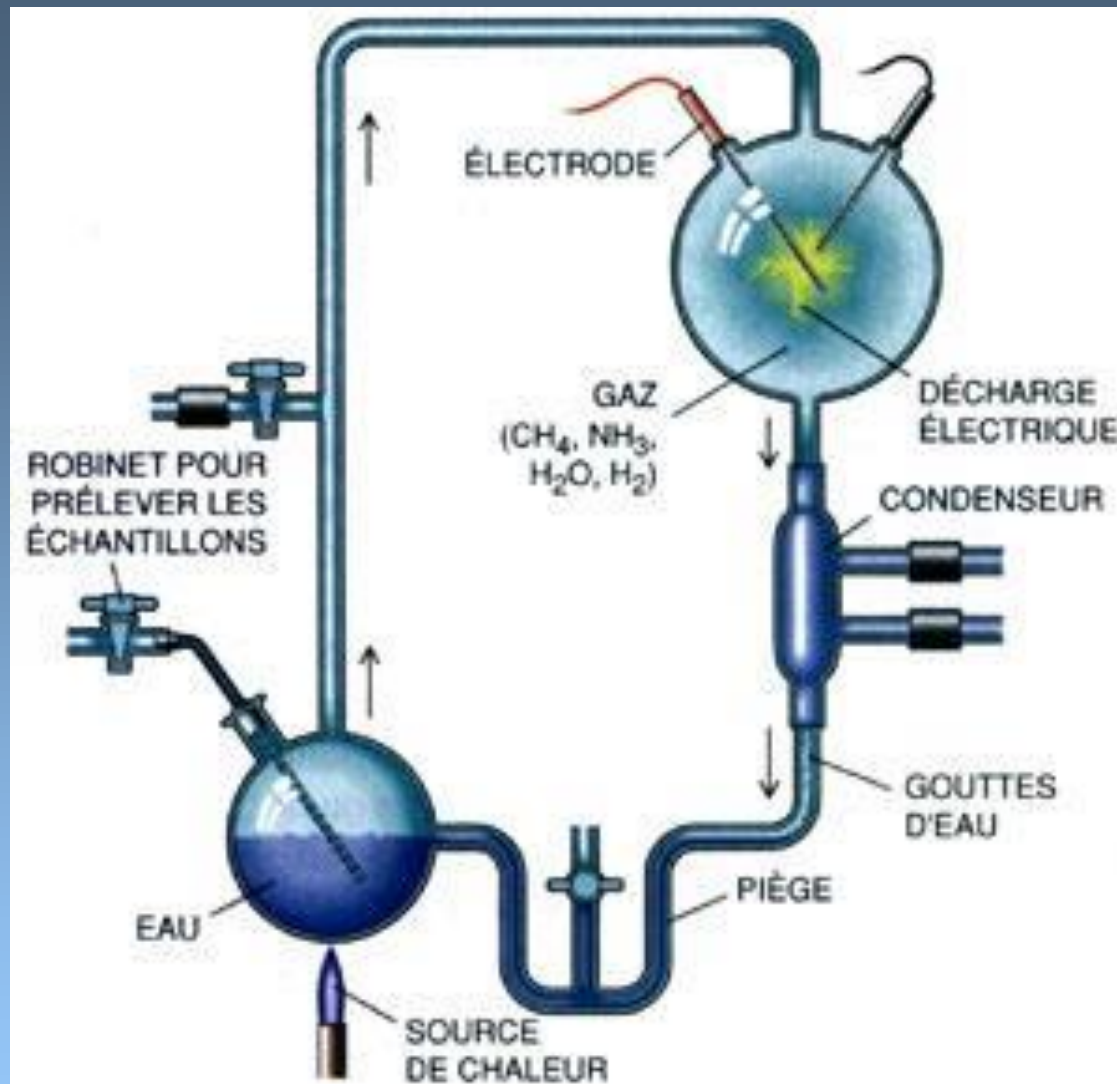
Identification

Learn How to Speed It Up

Don't Tell Me Again







Experience de Miller-Urey 1953

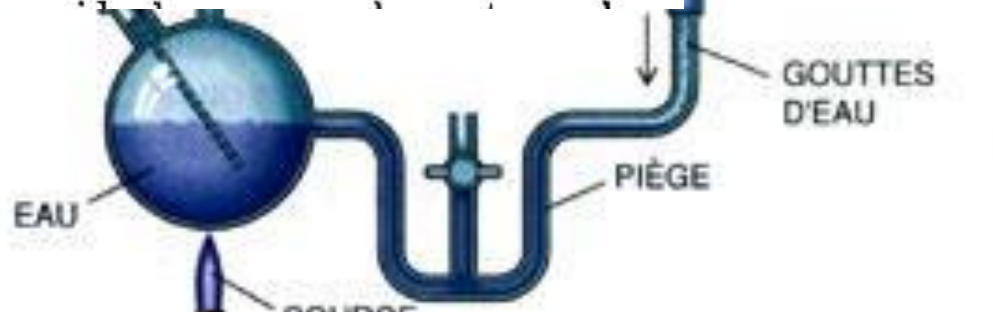
A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions

Stanley L. Miller^{1, 2}

*G. H. Jones Chemical Laboratory,
University of Chicago, Chicago, Illinois*

The idea that the organic compounds that serve as the basis of life were formed when the earth had an atmosphere of methane, ammonia, water, and hydrogen instead of carbon dioxide, nitrogen, oxygen, and water was suggested by Oparin (1) and has been given emphasis recently by Urey (2) and Bernal (3).

In order to test this hypothesis, an apparatus was built to circulate CH_4 , NH_3 , H_2O , and H_2 past an electric discharge. The resulting mixture has been



**Oui mais... en fait des molécules
pré-biotiques se forment déjà dans le
milieu interstellaire**

