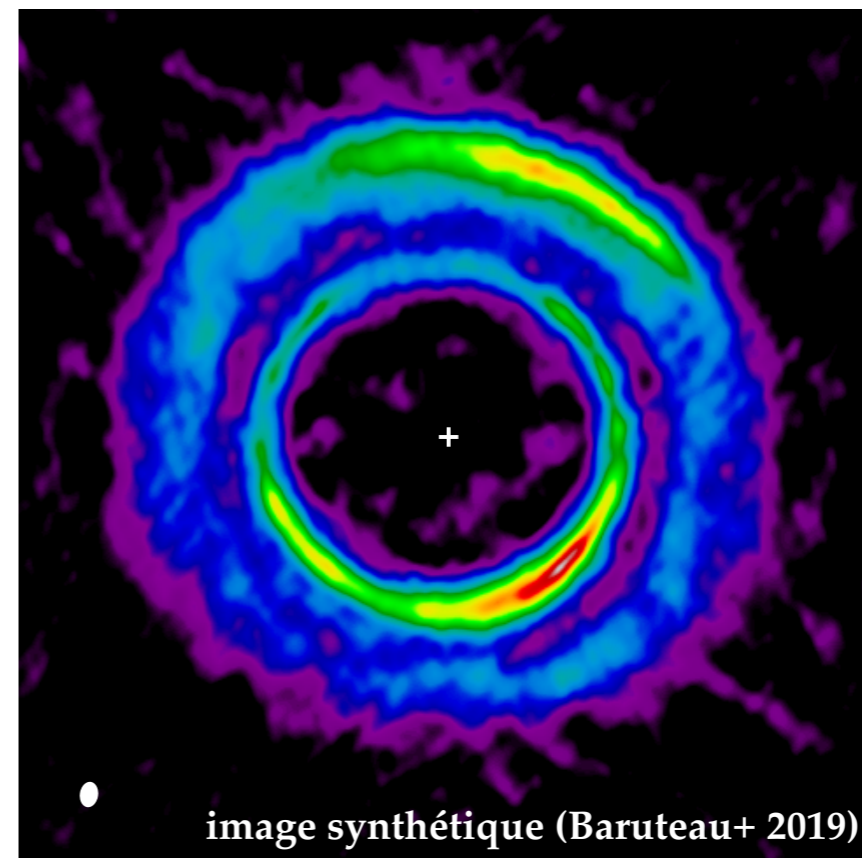
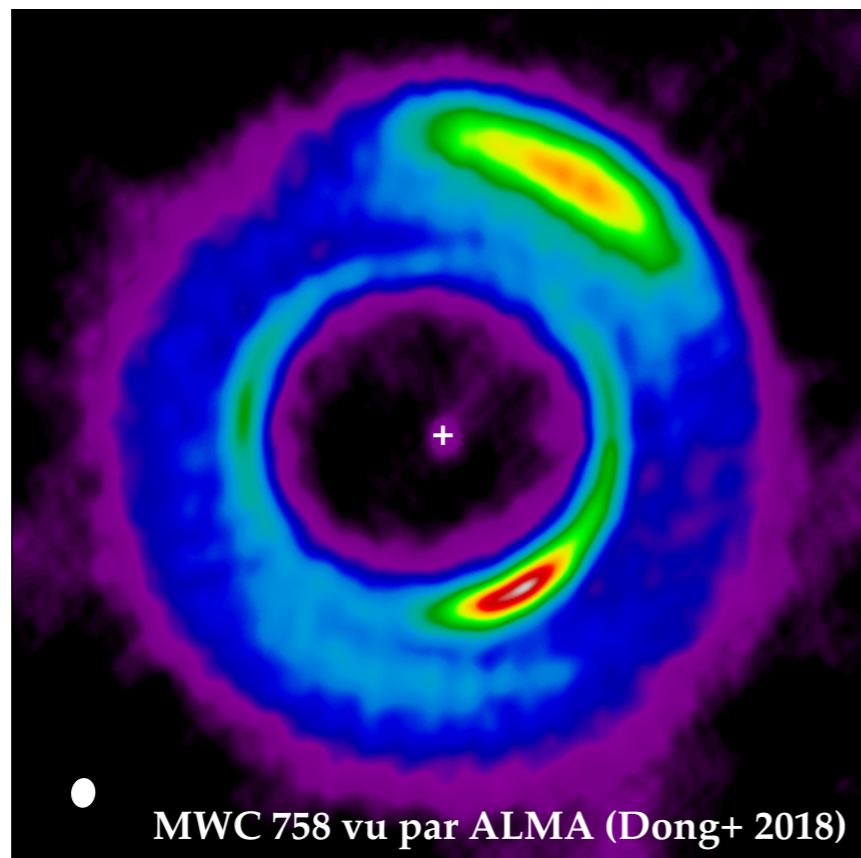
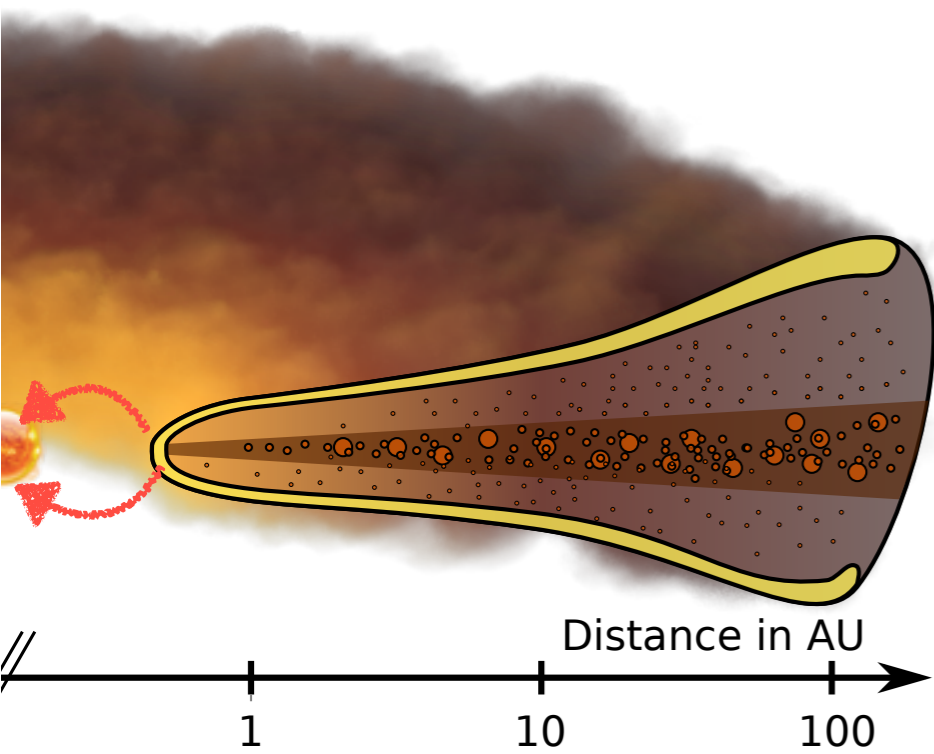


Partage de données de simulations hydrodynamiques et de calculs de transfert radiatif pour les disques protoplanétaires

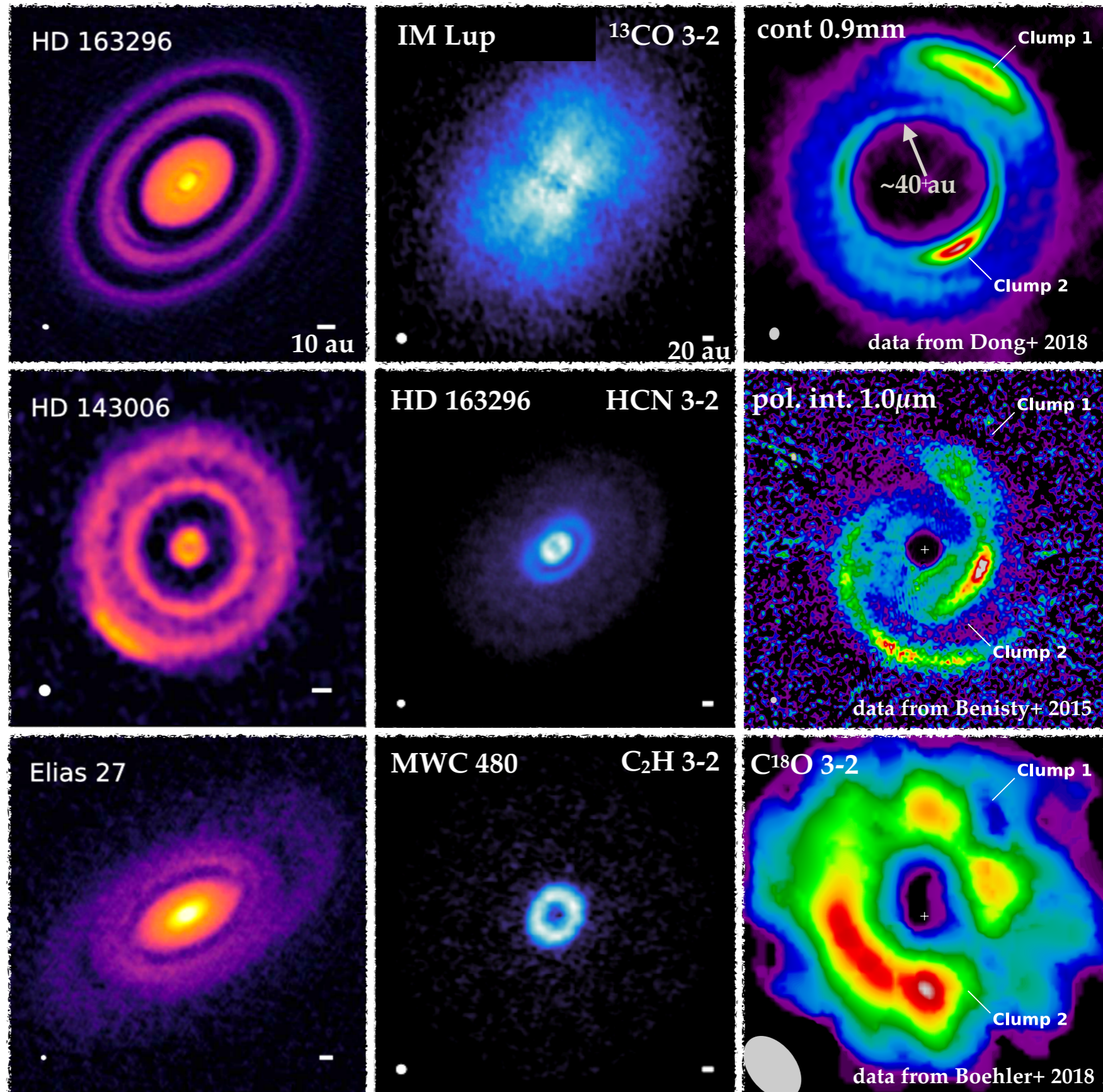
Clément Baruteau (CNRS/IRAP)



Des données observationnelles à foison...



adapted from T. Birnstiel



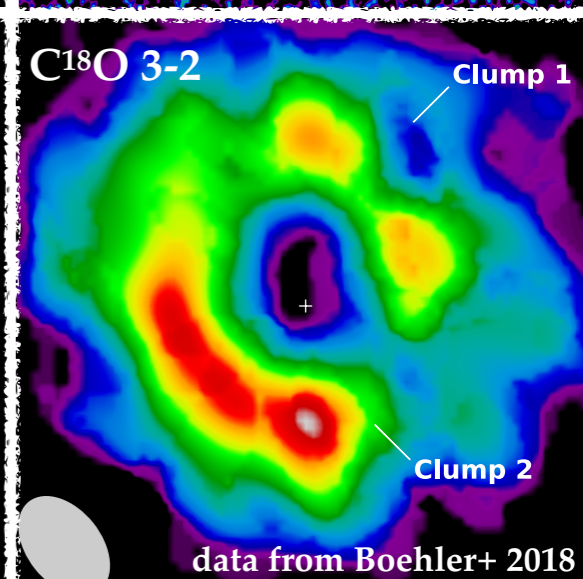
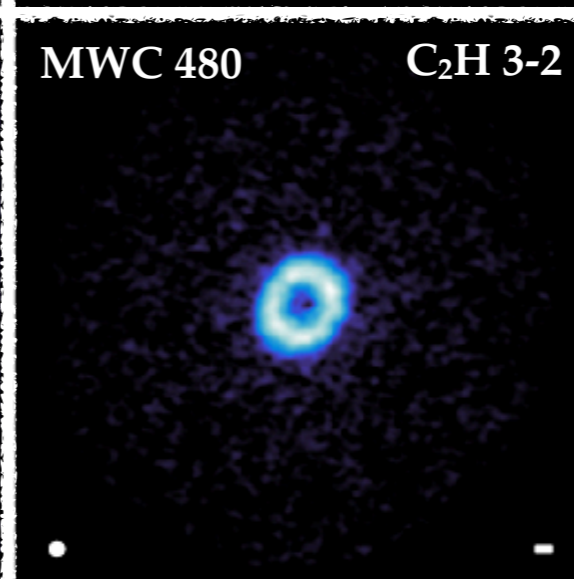
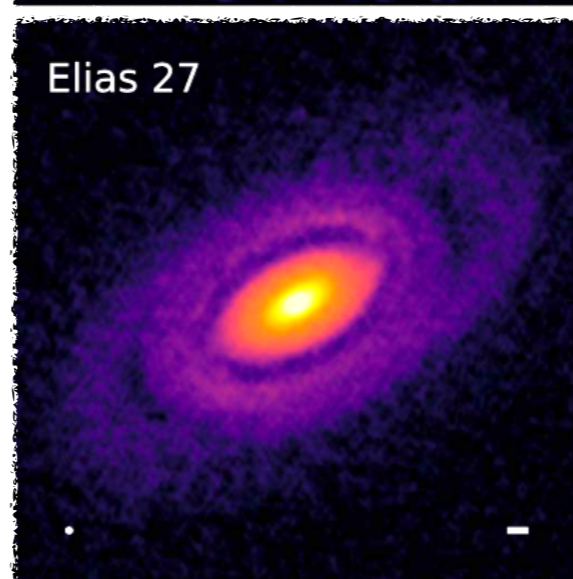
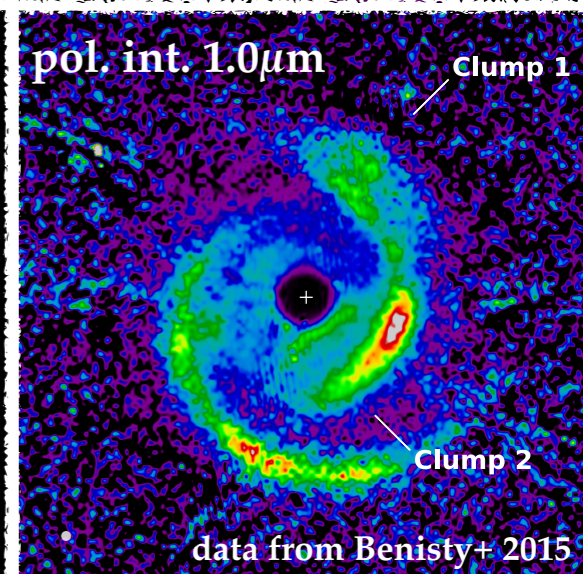
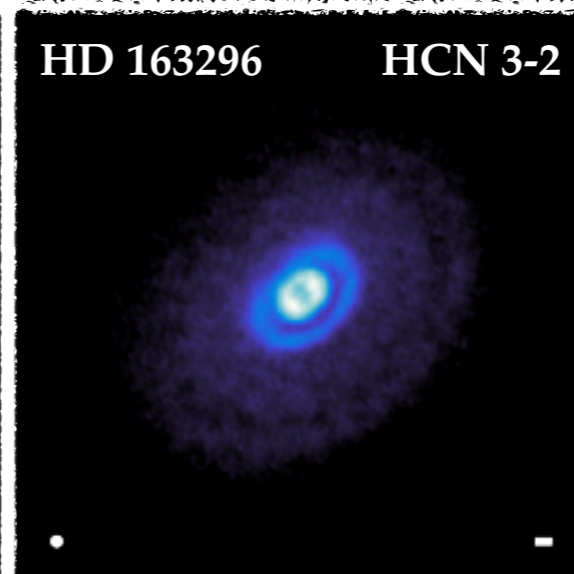
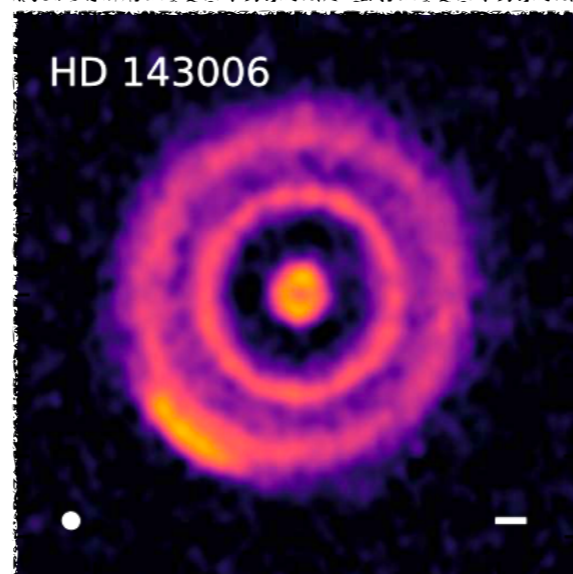
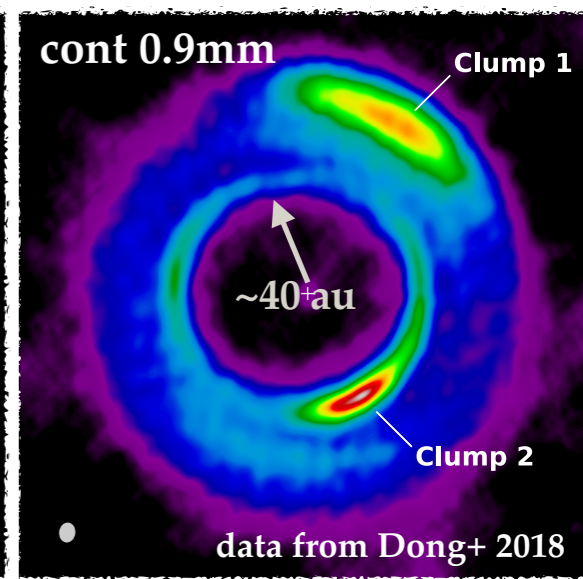
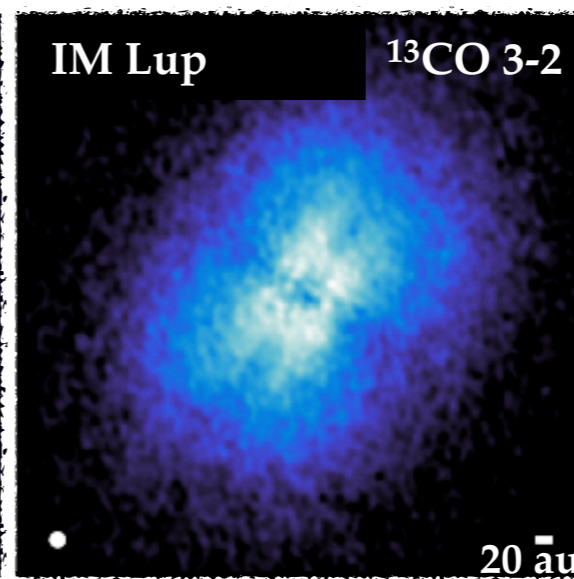
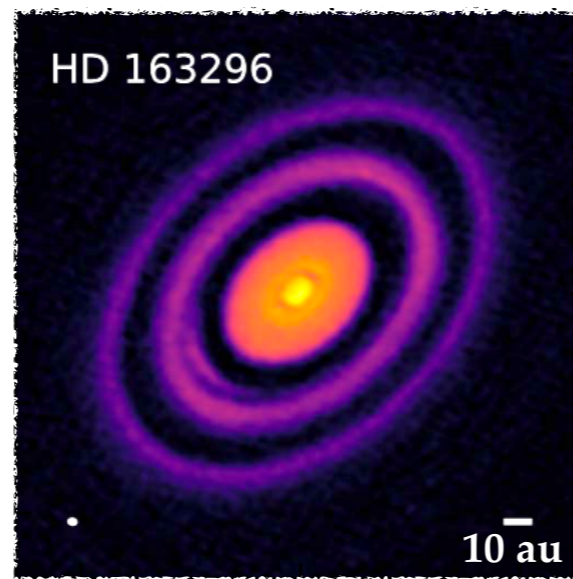
Andrews+ 2018 (ALMA@1.3mm)

Öberg+ 2021 (ALMA@[1-3]mm)

MWC 758 disc

Des données observationnelles à foison...

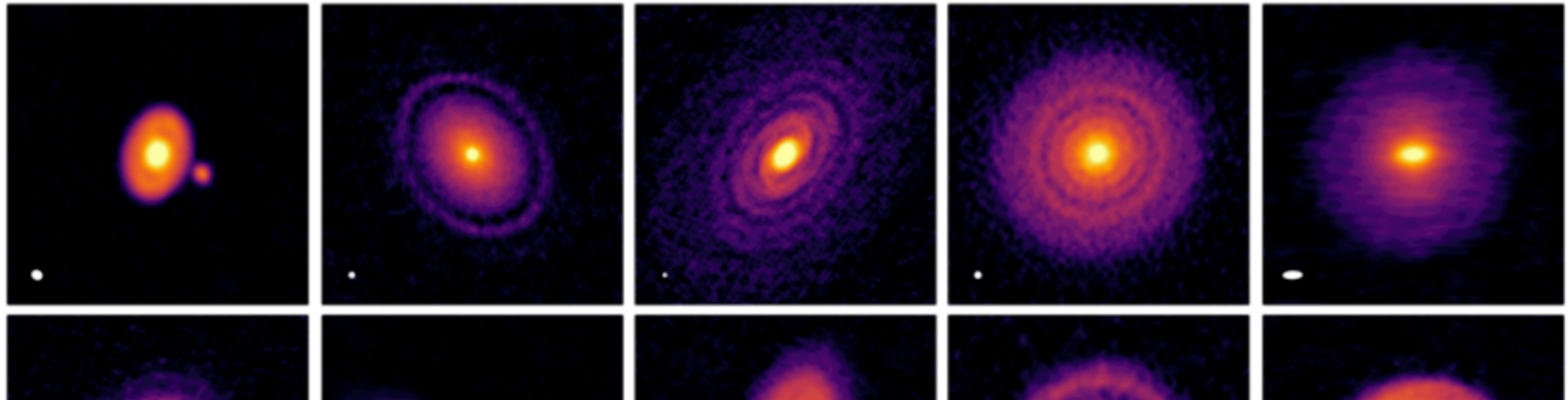
- l'émission des poussières et du gaz des disques proto-planétaires présente souvent des **structures**: sont-elles dues à des **planètes**?
- si oui, pourquoi n'en détecte-t-on pas plus **directement**?
- si c'est vraiment le cas, que nous disent-elles sur la **formation** et l'**évolution** planétaire?
- si non, *what else*?



...et partagées!

par exemple: almascience.eso.org/almadata/lp/DSHARP (20 disques)

Disk Substructures at High Angular Resolution Project (DSHARP)



Target	Scripts (.py)	Final Calibrated MS (.tar.gz)	Fiducial Images (.fits)	profiles (ascii); README	SEDs (ascii)
DoAr 33	continuum; CO	continuum (1.1 GB); CO (0.7 GB); CO+cont (0.7 GB)	continuum (35 MB); CO (518 MB)	continuum profile	SED
WSB 52	continuum; CO	continuum (1.0 GB); CO (0.6 GB); CO+cont (0.6 GB)	continuum (35 MB); CO (518 MB)	continuum profile	SED
WaOph 6	continuum; CO	continuum (0.9 GB); CO (0.6 GB); CO+cont (0.6 GB)	continuum (35 MB); CO (518 MB)	continuum profile	SED
AS 209	continuum; CO	continuum (0.9 GB); CO (0.9 GB); CO+cont (0.9 GB)	continuum (35 MB); CO (518 MB)	continuum profile	SED
HD 163296	continuum; CO	continuum (0.7 GB); CO (5.1 GB); CO+cont (5.1 GB)	continuum (35 MB); CO (1.6 GB)	continuum profile	SED

...et partagées!

ASTRONOMY & ASTROPHYSICS
SUPPLEMENT SERIES

JUNE 1981, PAGE 363

Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 44, (1981) 363–370

FITS : A FLEXIBLE IMAGE TRANSPORT SYSTEM

D. C. WELLS (1), E. W. GREISEN (*) (2) and R. H. HARTEN (**)



WIKIPÉDIA
L'encyclopédie libre

FITS ou Flexible Image Transport System est le format de fichiers le plus communément utilisé en astronomie. Il sert au stockage, à la transmission et au traitement des images scientifiques et également d'autres disciplines.

??

Target	Scripts (.py)	Final Calibrated MS (.tar.gz)	Fiducial Images (.fits)	profiles (ascii); README	SEDs (ascii)
DoAr 33	continuum; CO	continuum (1.1 GB); CO (0.7 GB); CO+cont (0.7 GB)	continuum (35 MB); CO (518 MB)	continuum profile	SED
WSB 52	continuum; CO	continuum (1.0 GB); CO (0.6 GB); CO+cont (0.6 GB)	continuum (35 MB); CO (518 MB)	continuum profile	SED
WaOph 6	continuum; CO	continuum (0.9 GB); CO (0.6 GB); CO+cont (0.6 GB)	continuum (35 MB); CO (518 MB)	continuum profile	SED
AS 209	continuum; CO	continuum (0.9 GB); CO (0.9 GB); CO+cont (0.9 GB)	continuum (35 MB); CO (518 MB)	continuum profile	SED
HD 163296	continuum; CO	continuum (0.7 GB); CO (5.1 GB); CO+cont (5.1 GB)	continuum (35 MB); CO (1.6 GB)	continuum profile	SED

...et partagées!

Target	Scripts (.py)	Final Calibrated MS (.tar.gz)	Fiducial Images (.fits)	profiles (ascii); README	SEDs (ascii)
HD 163296	continuum; CO	continuum (0.7 GB); CO (5.1 GB); CO+cont (5.1 GB)	<u>continuum (35 MB)</u> ; CO (1.6 GB)	continuum profile	SED

$3000^2 \times 4 \text{ octets} = 36 \text{ Mo}$
(32 bits)

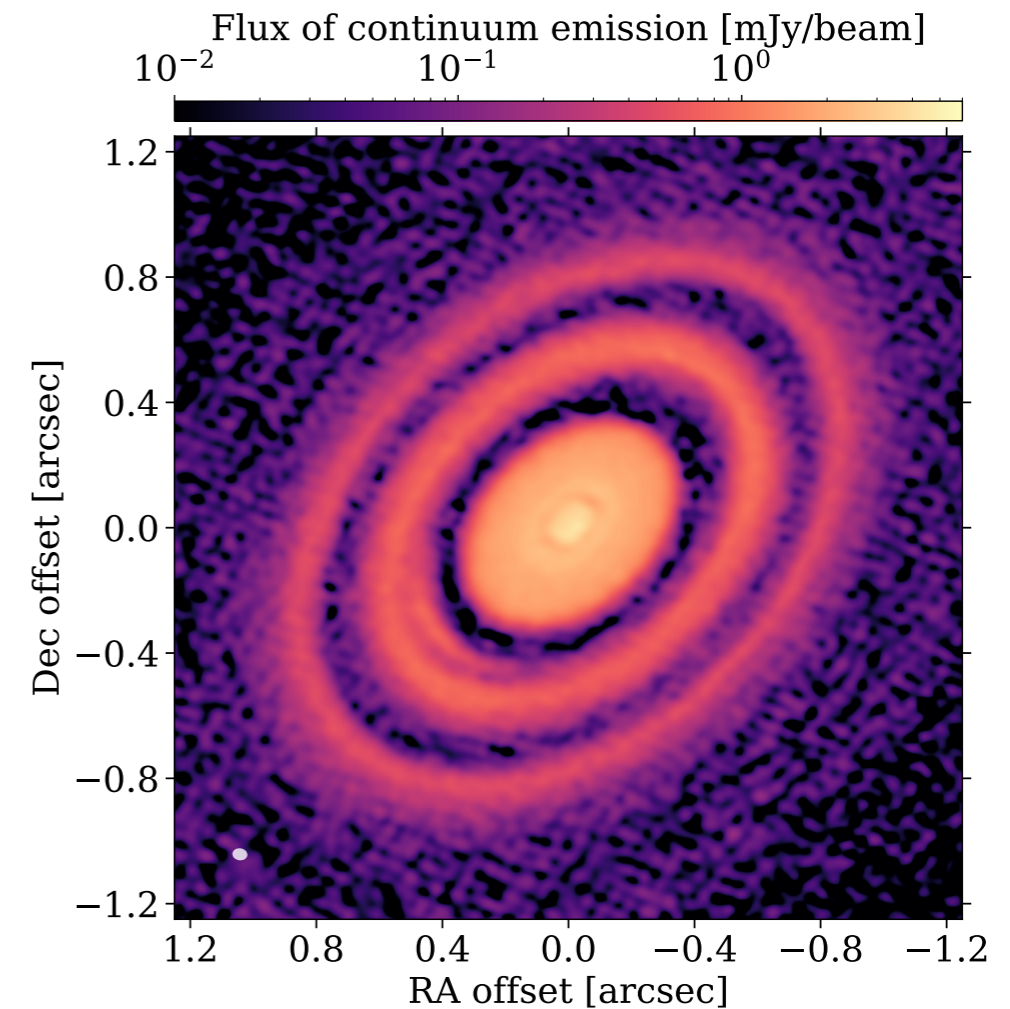
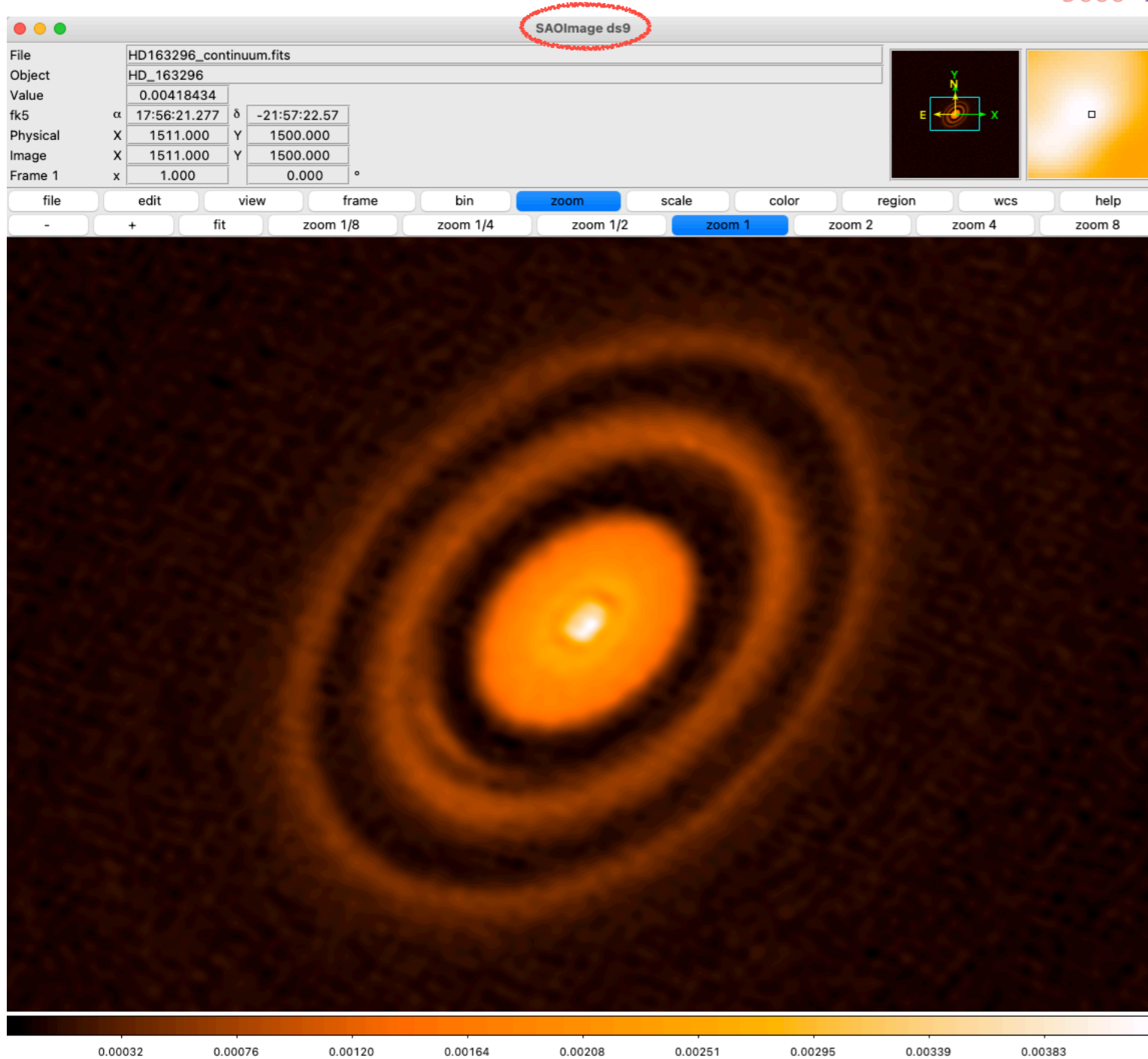


image via programme python 'maison'

...et partagées!

Target	Scripts (.py)	Final Calibrated MS (.tar.gz)	Fiducial Images (.fits)	profiles (ascii); README	SEDs (ascii)
HD 163296	continuum; CO	continuum (0.7 GB); CO (5.1 GB); CO+cont (5.1 GB)	<u>continuum (35 MB)</u> ; CO (1.6 GB)	continuum profile	SED

$3000^2 \times 4 \text{ octets} = 36 \text{ Mo}$
(32 bits)

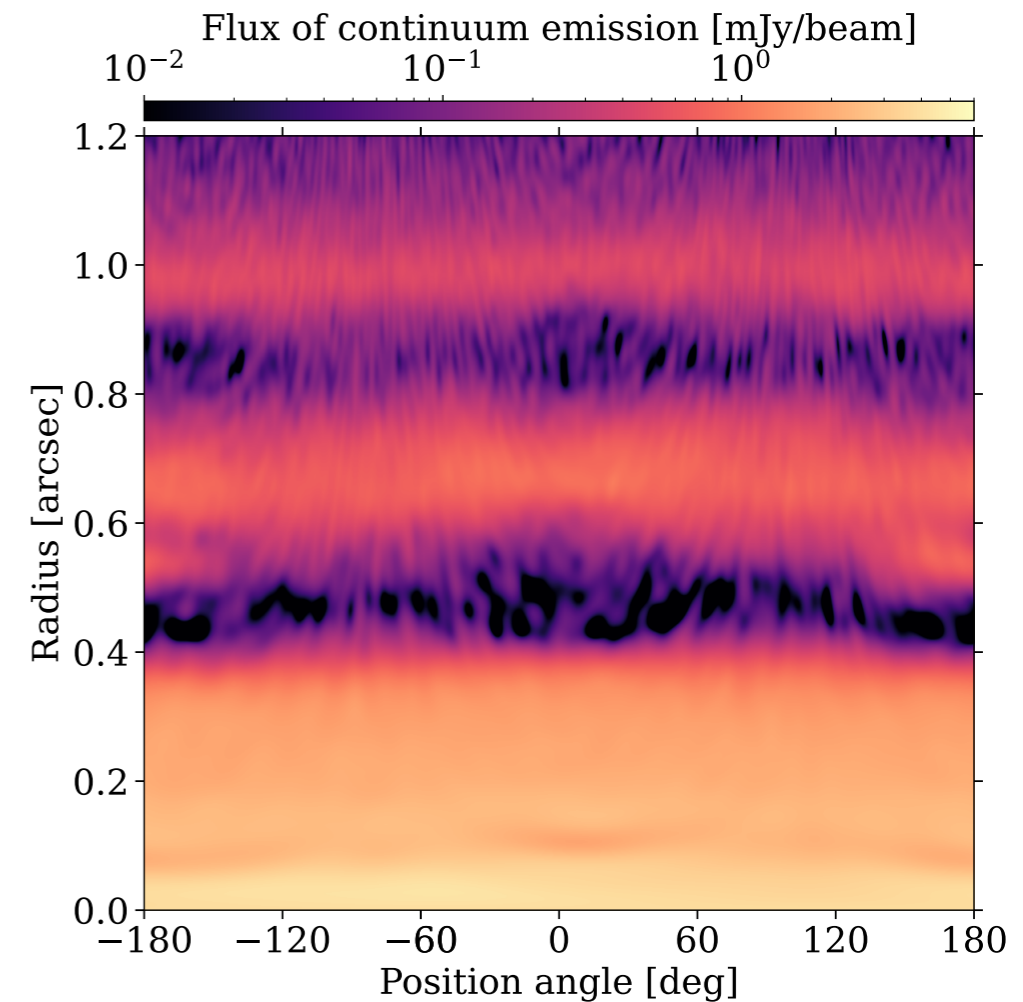
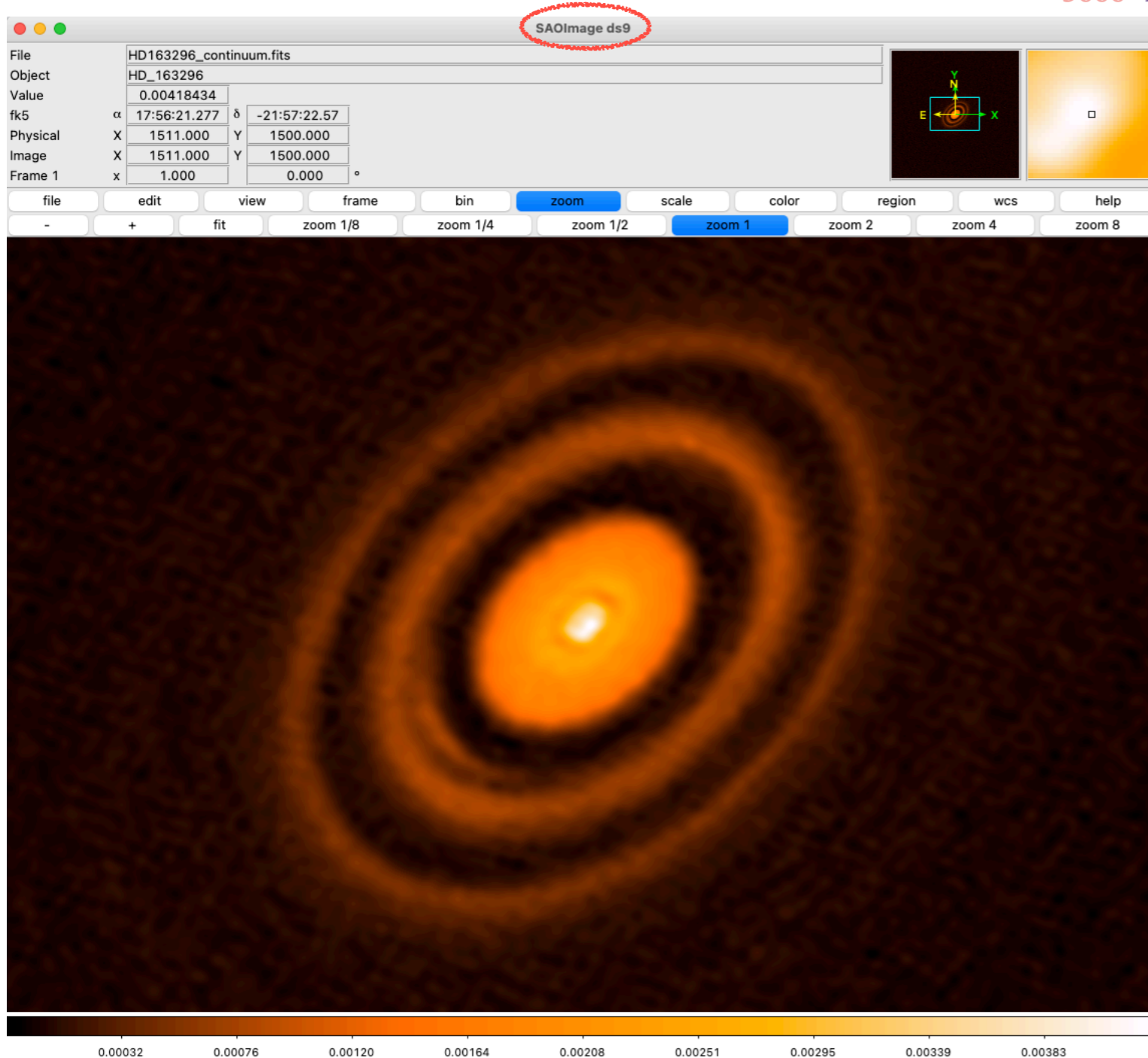
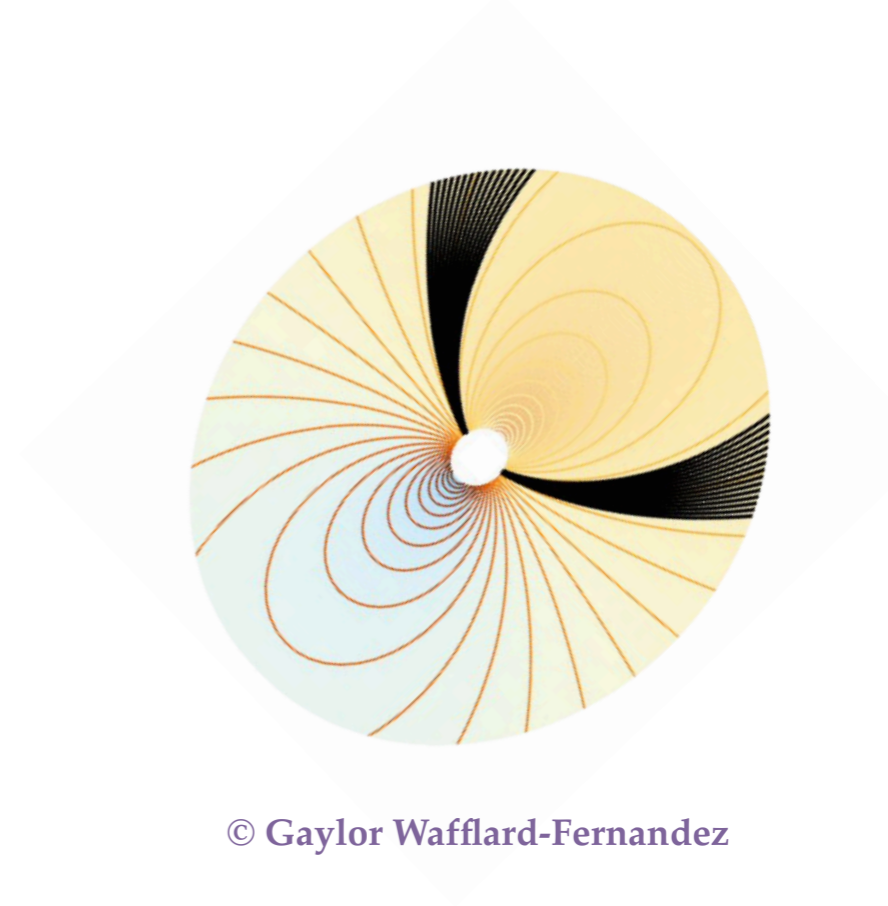
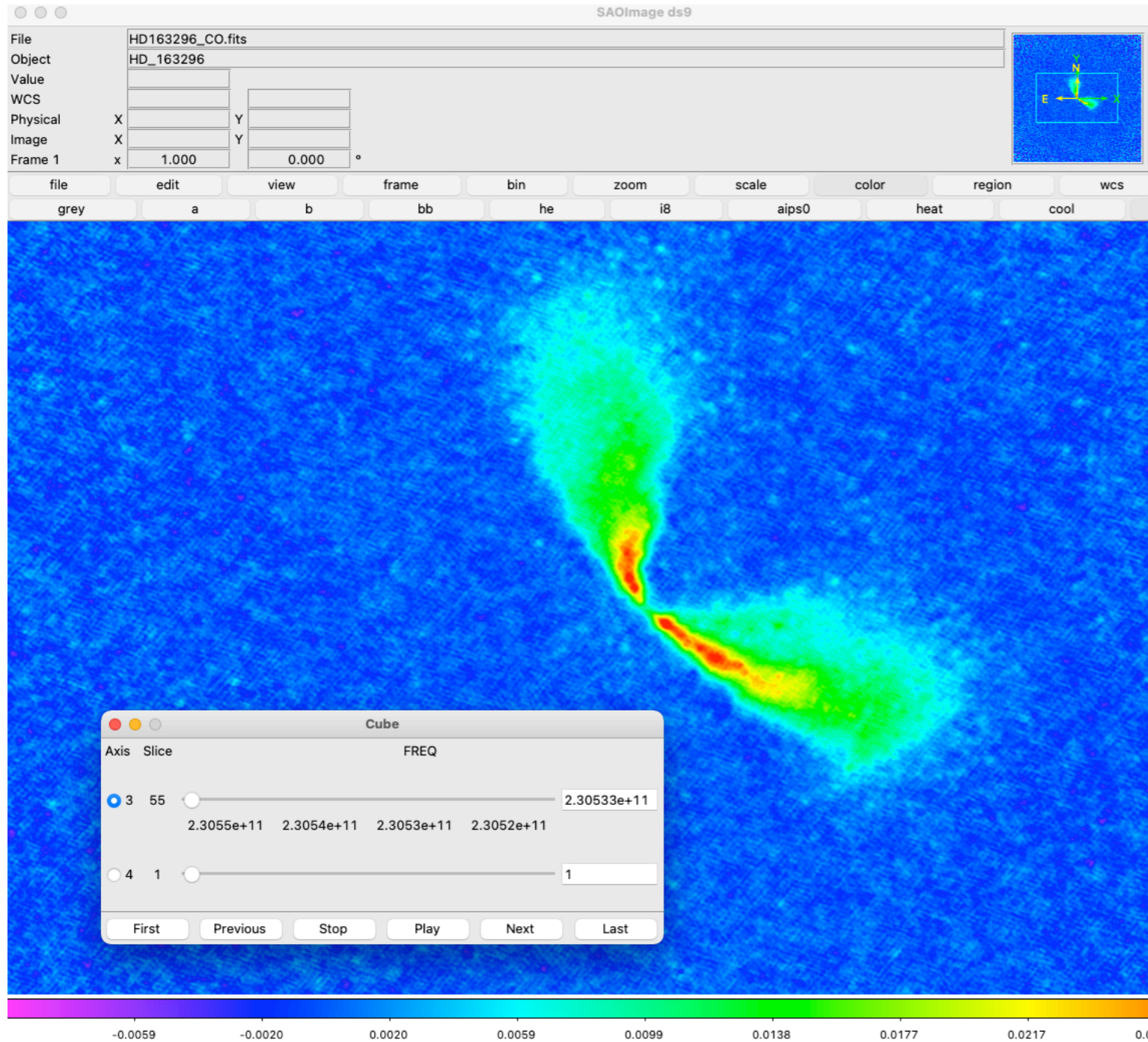


image via programme python 'maison'

...et partagées!

Target	Scripts (.py)	Final Calibrated MS (.tar.gz)	Fiducial Images (.fits)	profiles (ascii); README	SEDs (ascii)
HD 163296	continuum; CO	continuum (0.7 GB); CO (5.1 GB); CO+cont (5.1 GB)	continuum (35 MB); <u>CO (1.6 GB)</u>	continuum profile	SED

2000² x 105 canaux x 4 octets = 1.68 Go
(32 bits)

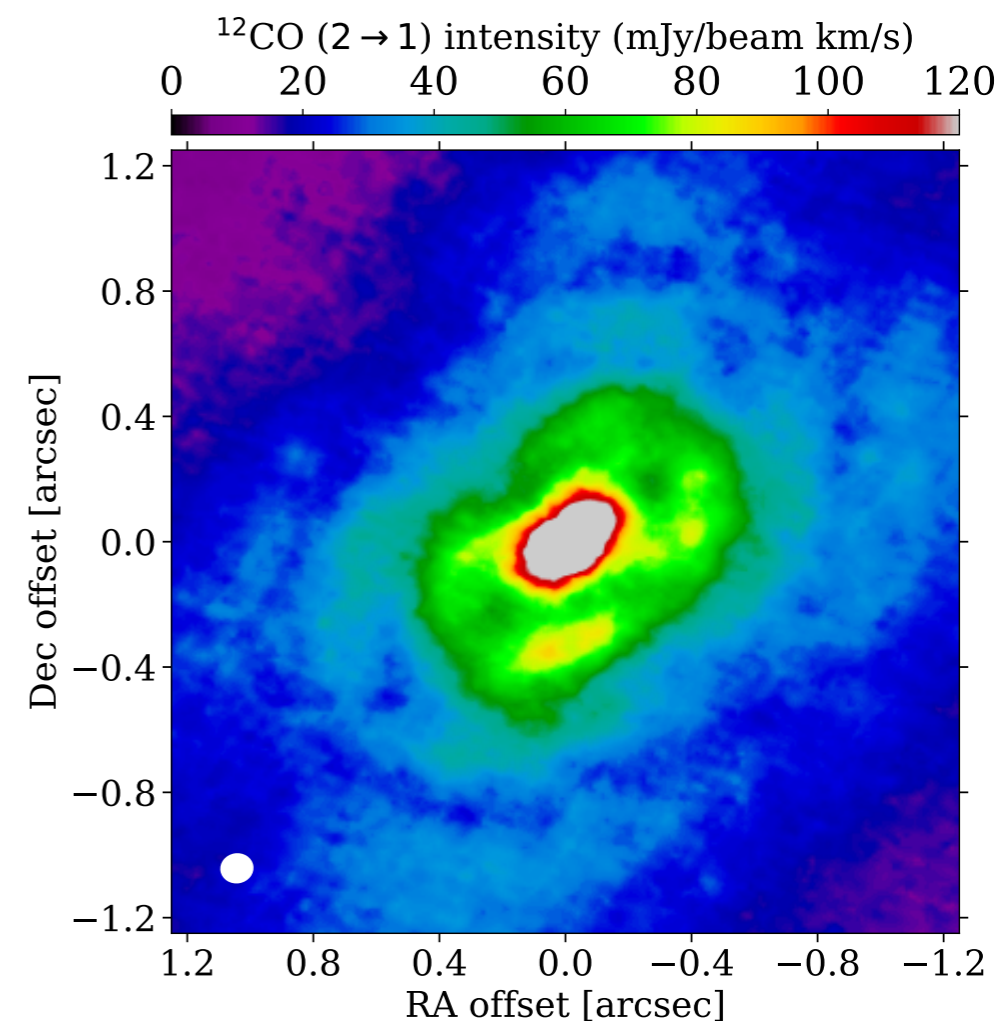
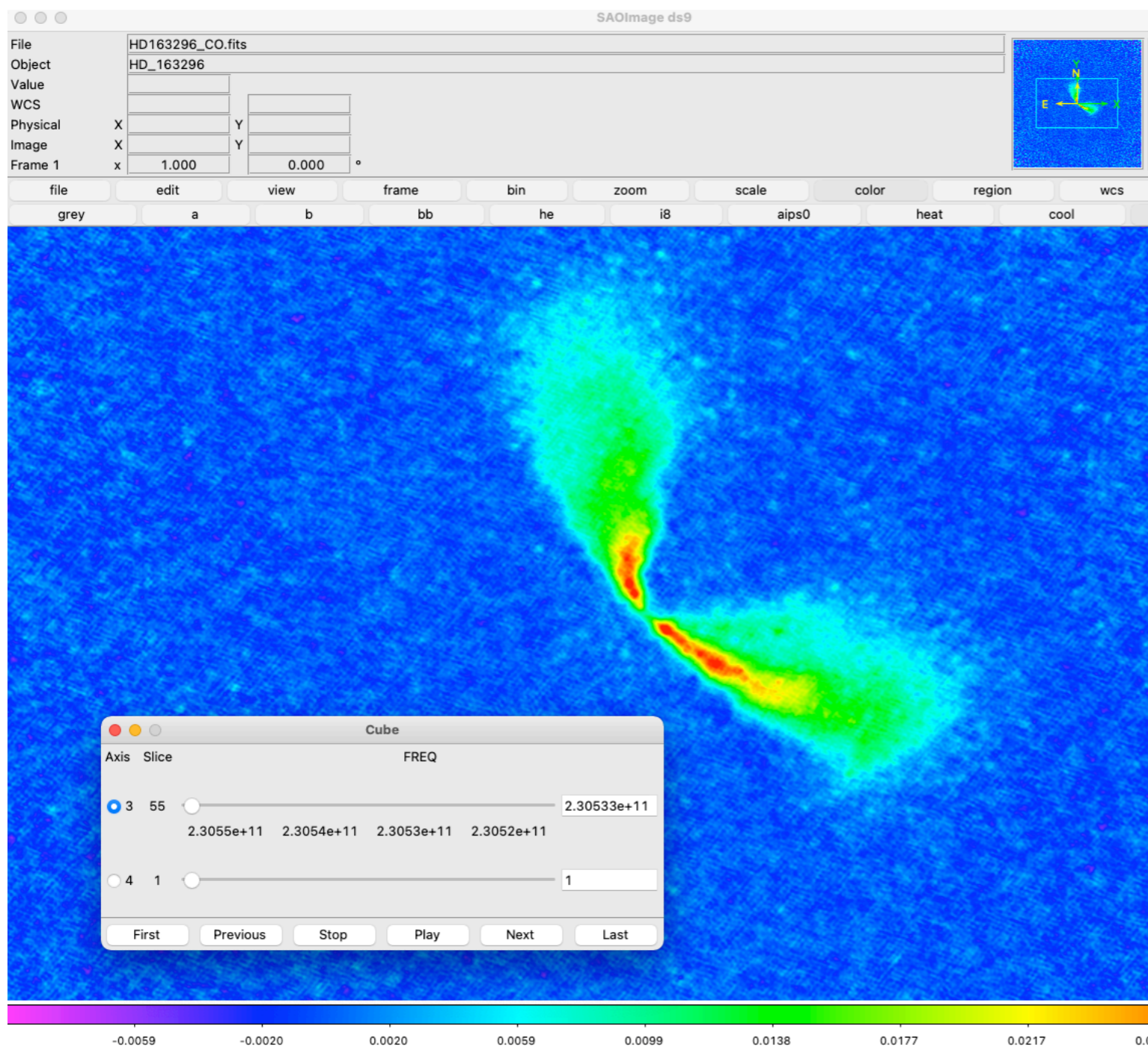


© Gaylor Wafflard-Fernandez

...et partagées!

Target	Scripts (.py)	Final Calibrated MS (.tar.gz)	Fiducial Images (.fits)	profiles (ascii); README	SEDs (ascii)
HD 163296	continuum; CO	continuum (0.7 GB); CO (5.1 GB); CO+cont (5.1 GB)	continuum (35 MB); <u>CO (1.6 GB)</u>	continuum profile	SED

2000² x 105 canaux x 4 octets = 1.68 Go
(32 bits)

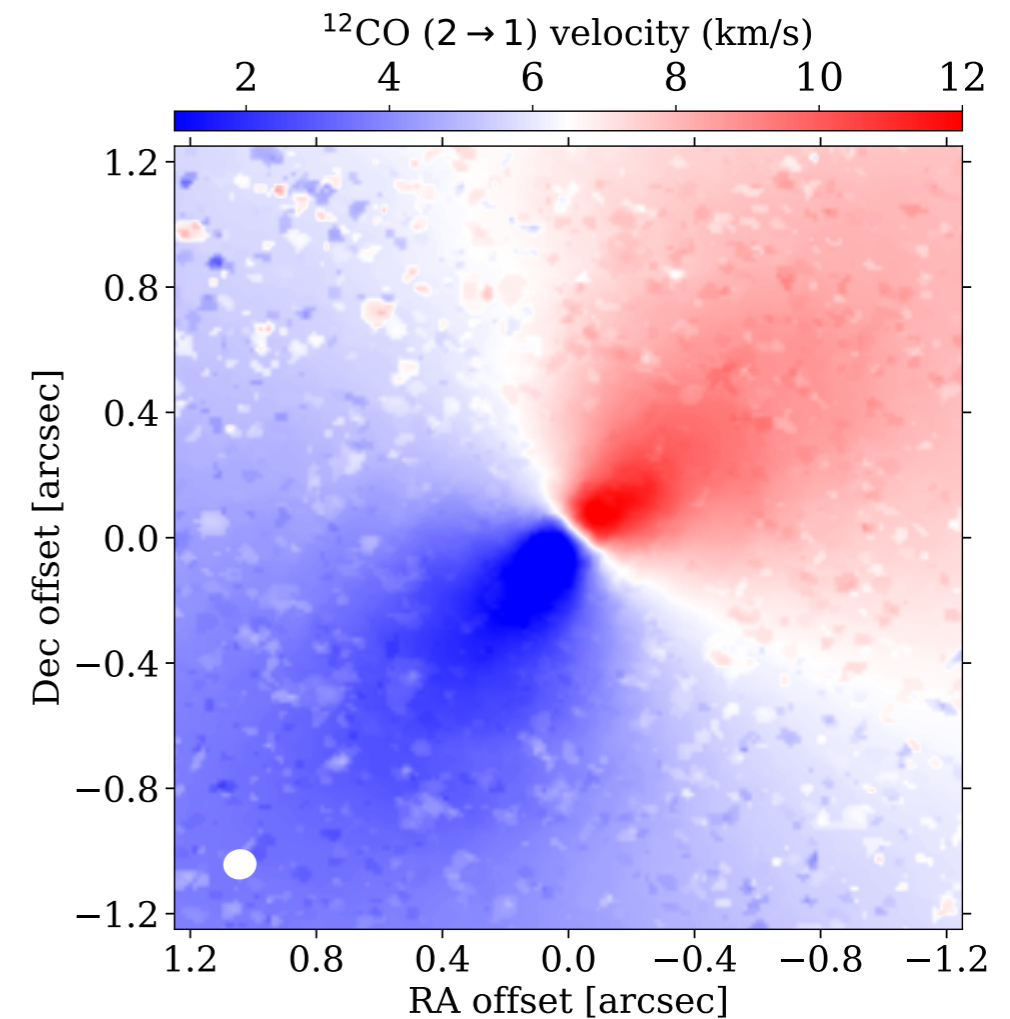
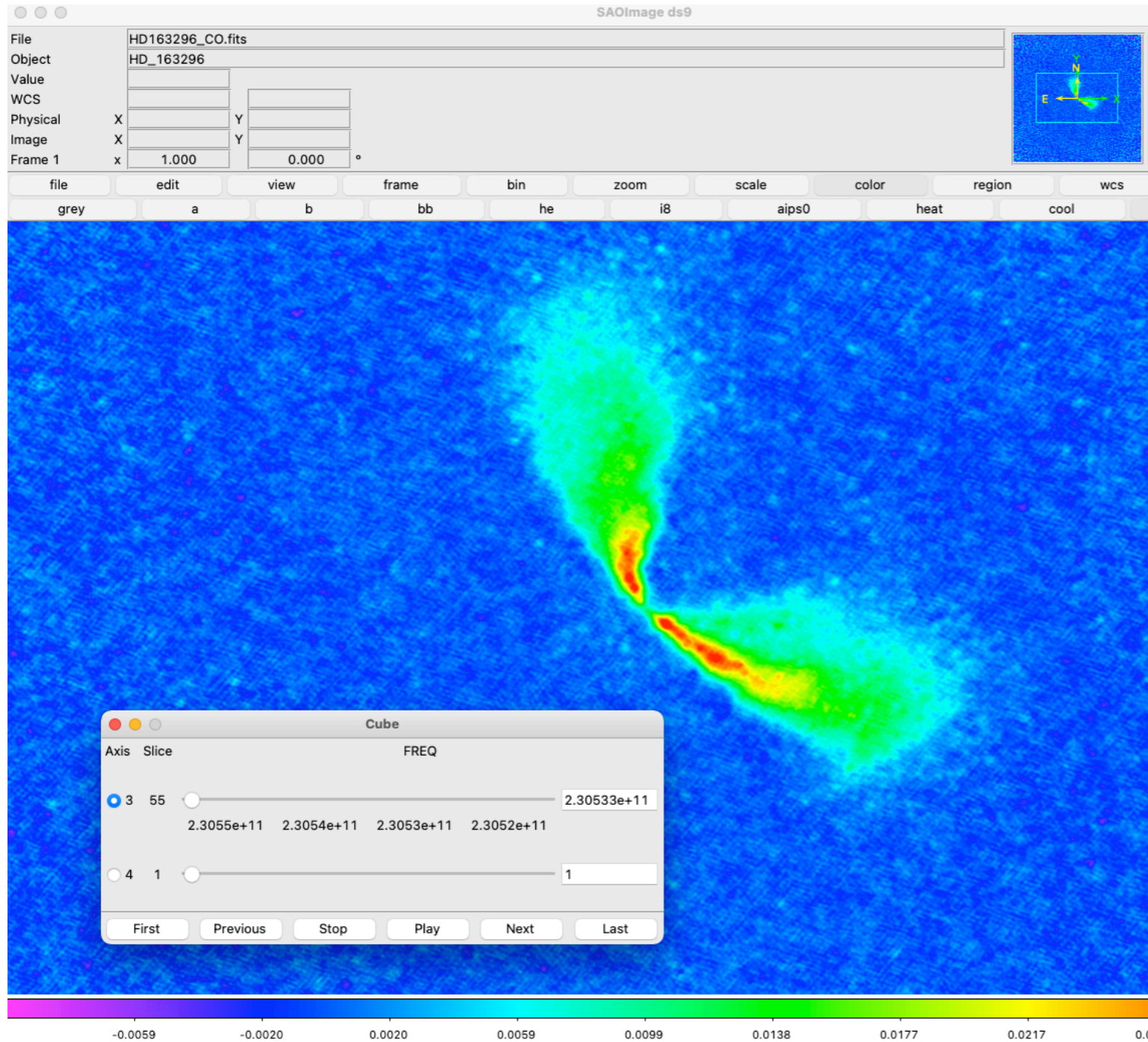


3 σ -clipping des données via *bettermoments* (python, public) + image via programme python 'maison'

...et partagées!

Target	Scripts (.py)	Final Calibrated MS (.tar.gz)	Fiducial Images (.fits)	profiles (ascii); README	SEDs (ascii)
HD 163296	continuum; CO	continuum (0.7 GB); CO (5.1 GB); CO+cont (5.1 GB)	continuum (35 MB); <u>CO (1.6 GB)</u>	continuum profile	SED

2000² x 105 canaux x 4 octets = 1.68 Go
(32 bits)



3 σ -clipping des données via *bettermoments* (python, public) + image via programme python 'maison'

Simulations numériques de disques

- de nombreux codes communautaires avec une diversité de schémas numériques, dont la plupart sont (co-)développés en France, certains fonctionnent sur GPUs:

- ❖ codes à grille alternée

p.e., FARGO et ses multiples déclinaisons (FARGO3D, FARGO-ADSG, FARGOCA...)

- ❖ codes de type Godunov

p.e., IDEFIX, ATHENA++, PLUTO, AMRVAC

- ❖ codes à différences finies d'ordre élevé

p.e., PENCIL

- ❖ codes de type SPH

p.e., PHANTOM

...

...

- et des comparaisons existantes

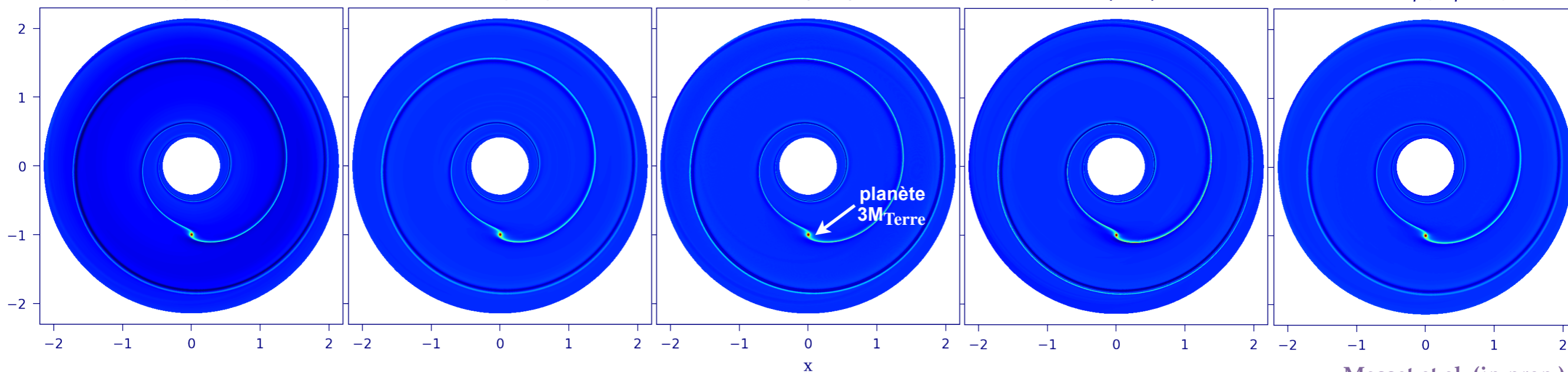
AMRVAC $\hat{\rho}(r, \varphi, 10)$

ATHENA++ $\hat{\rho}(r, \varphi, 10)$

FARGO3D $\hat{\rho}(r, \varphi, 10)$

PENCIL $\hat{\rho}(r, \varphi, 10)$

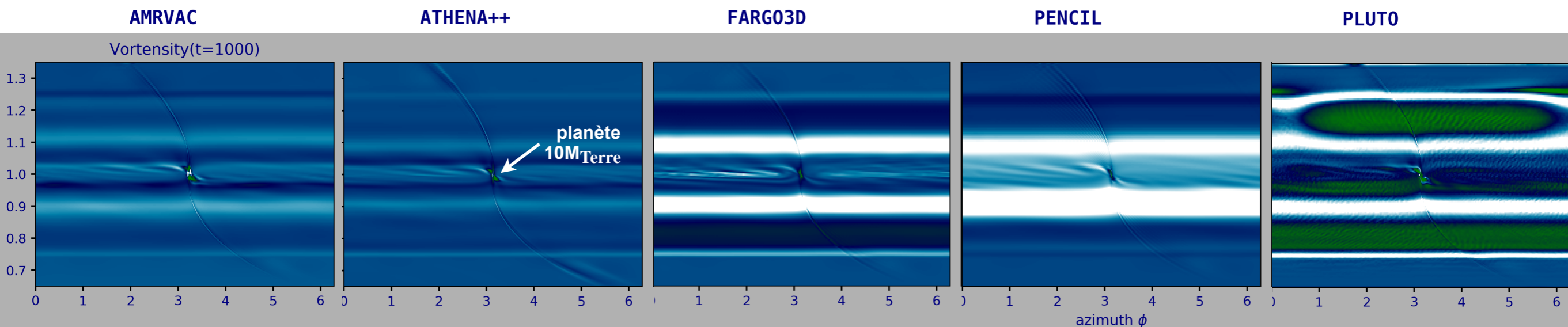
PLUTO $\hat{\rho}(r, \varphi, 10)$



Masset et al. (in prep.)

Simulations numériques de disques

- de nombreux **codes communautaires** avec une diversité de **schémas numériques**, dont la plupart sont (co-)développés en France, certains fonctionnent sur GPUs:
 - ❖ codes à grille alternée p.e., FARGO et ses multiples déclinaisons (FARGO3D, FARGO-ADSG, FARGOCA...)
 - ❖ codes de type Godunov p.e., IDEFIX, ATHENA++, PLUTO, AMRVAC
 - ❖ codes à différences finies d'ordre élevé p.e., PENCIL
 - ❖ codes de type SPH p.e., PHANTOM
 - ...
- et des comparaisons existantes



! grille: $N_r=816 \times N_\phi=3136 \times N_\theta=80 \rightarrow$ chaque fichier binaire = $816 \times 3136 \times 80 \times 8$ octets = 1.6 Go (64 bits)

Masset et al. (in prep.)

Transfert radiatif dans les disques

- **peut vouloir dire plusieurs choses!**
 - ❖ résoudre une équation pour la densité d'énergie radiative dans les simulations, **directement** dans le code (p.e., codes RAMSES, FARGOCA, JUPITER...), ou par **l'interface** avec un autre code (p.e., codes PHANTOM+MCFOST)
 - ❖ **post-traitement** des données de simulations de disques pour calculer l'émission du gaz et/ou des poussières
- **quelques codes communautaires** - essentiellement RADMC-3D et MCFOST (tous deux publics)
 - ❖ développement d'interfaces avec les codes de simulations de disques, comme avec FARGO, RAMSES, PHANTOM...

fargo2radmc3d

github.com/charango/fargo2radmc3d

It is a python program that computes synthetic maps of gas line emission, of dust continuum emission or of polarised scattered light with RADMC-3D from the results of 2D gas+dust hydrodynamical simulations carried out with the code Dusty FARGO-ADSG. The program can be easily adapted to use the outputs of a different code.

The program works with both Python 2.X and Python 3.X. It requires a parameter file called 'params.dat' to tell

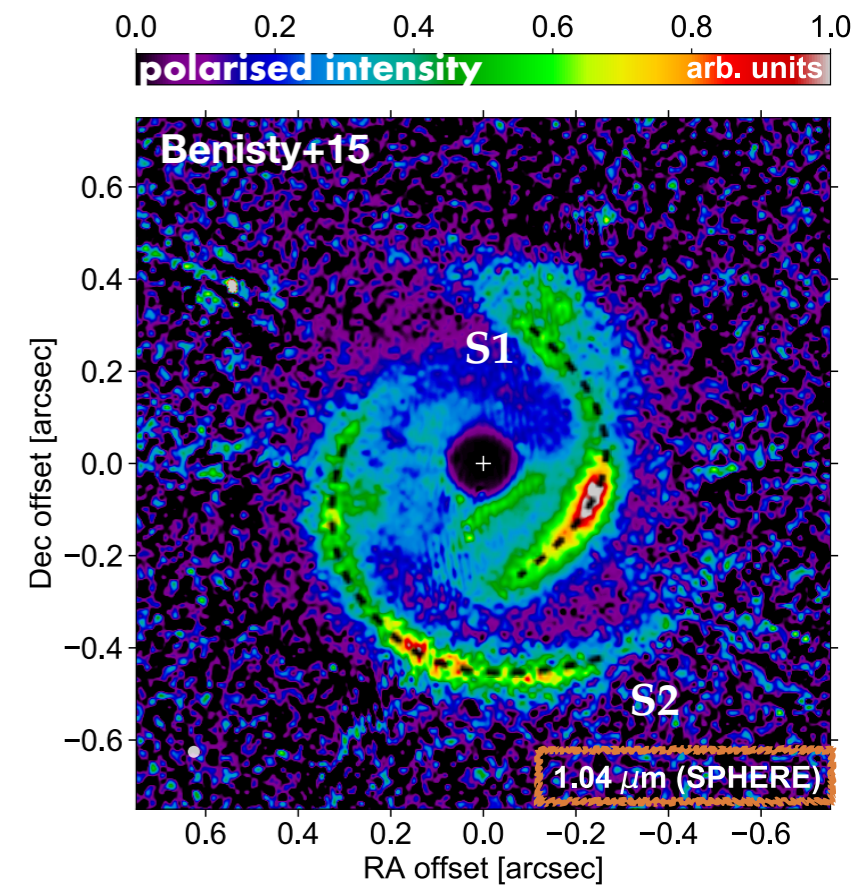
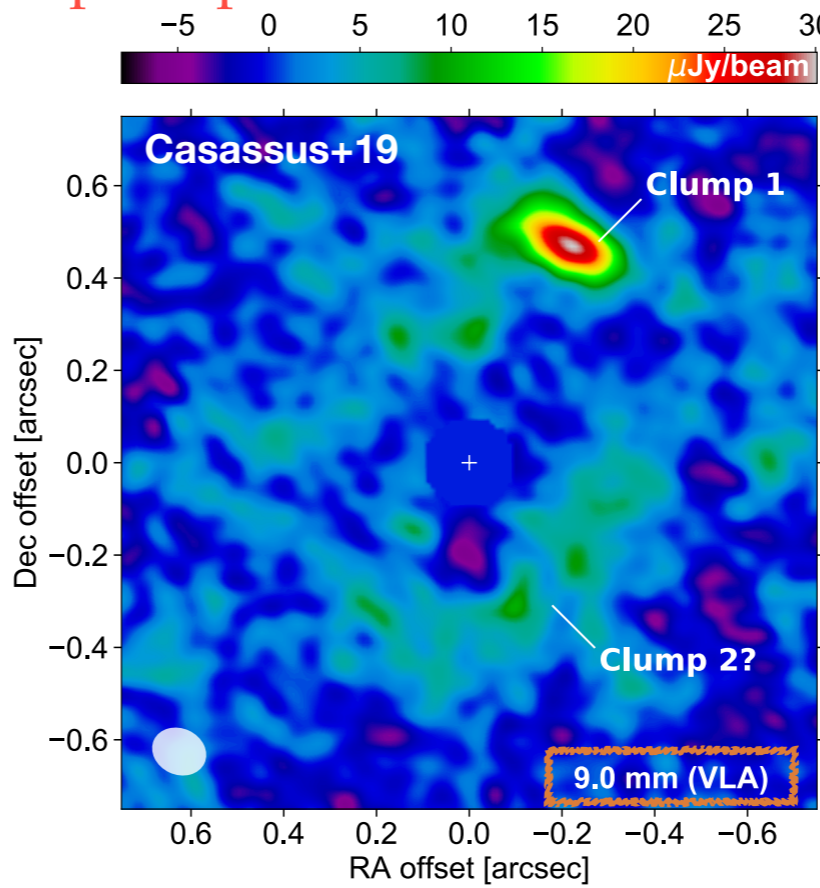
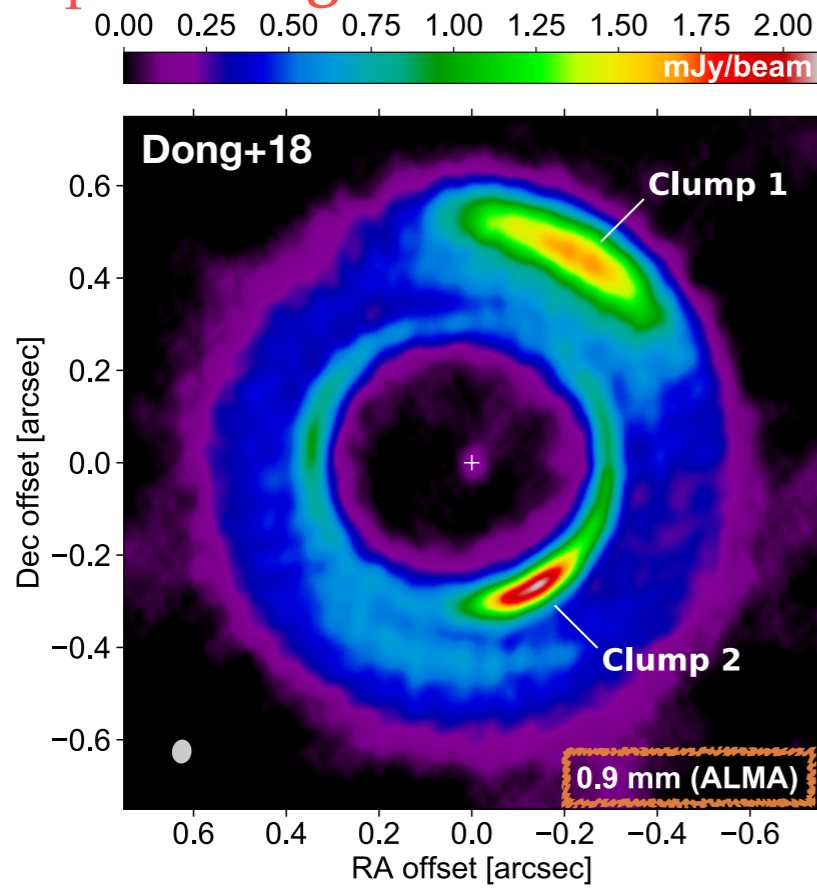
! images synthétiques de l'émission du gaz ou des poussières au format .fits - typiquement de même taille, donc, que les fichiers .fits des données d'observation (1-10 Mo pour la poussière, 0.1-1 Go pour le gaz)

Un exemple de résultat

- 2 planètes géantes dans le disque protoplanétaire autour de l'étoile MWC 758?

Baruteau+ 2019

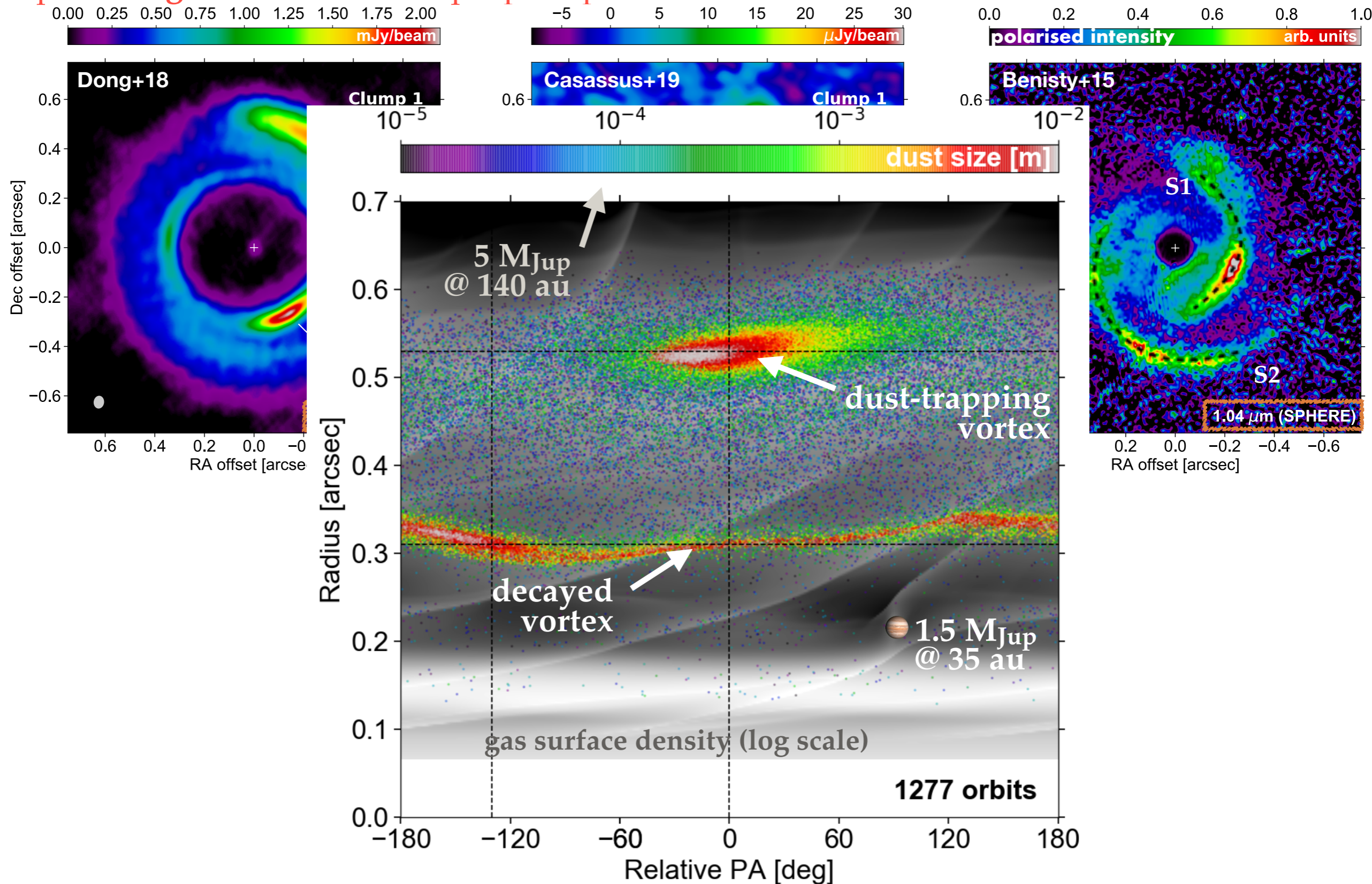
observations



Un exemple de résultat

- 2 planètes géantes dans le disque protoplanétaire autour de l'étoile MWC 758?

Baruteau+ 2019

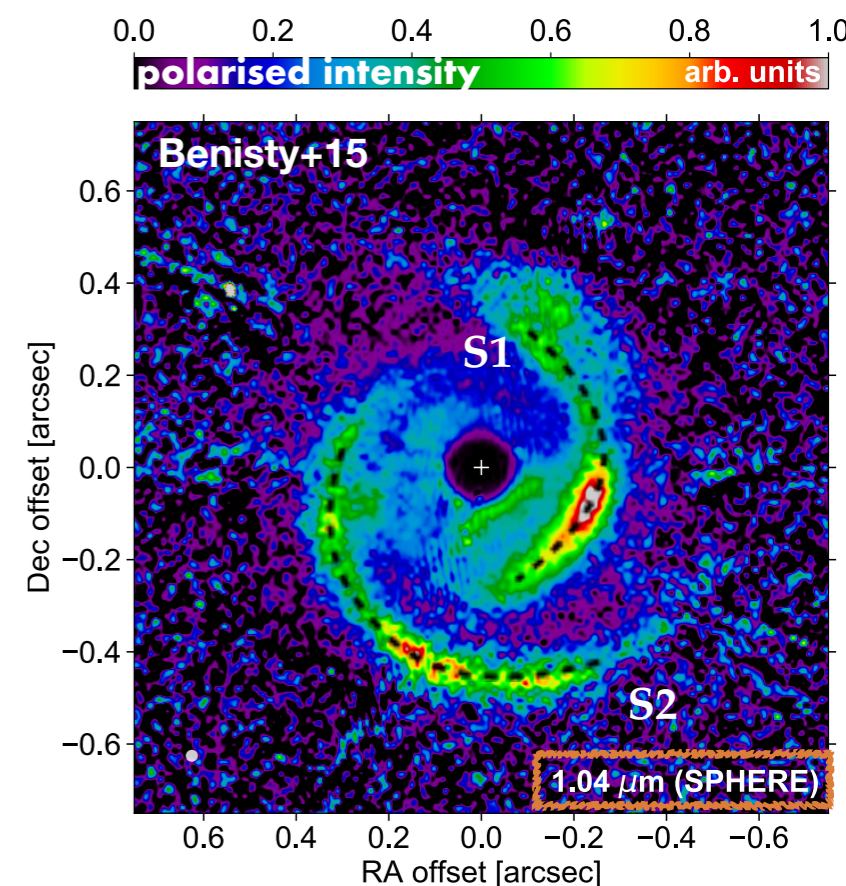
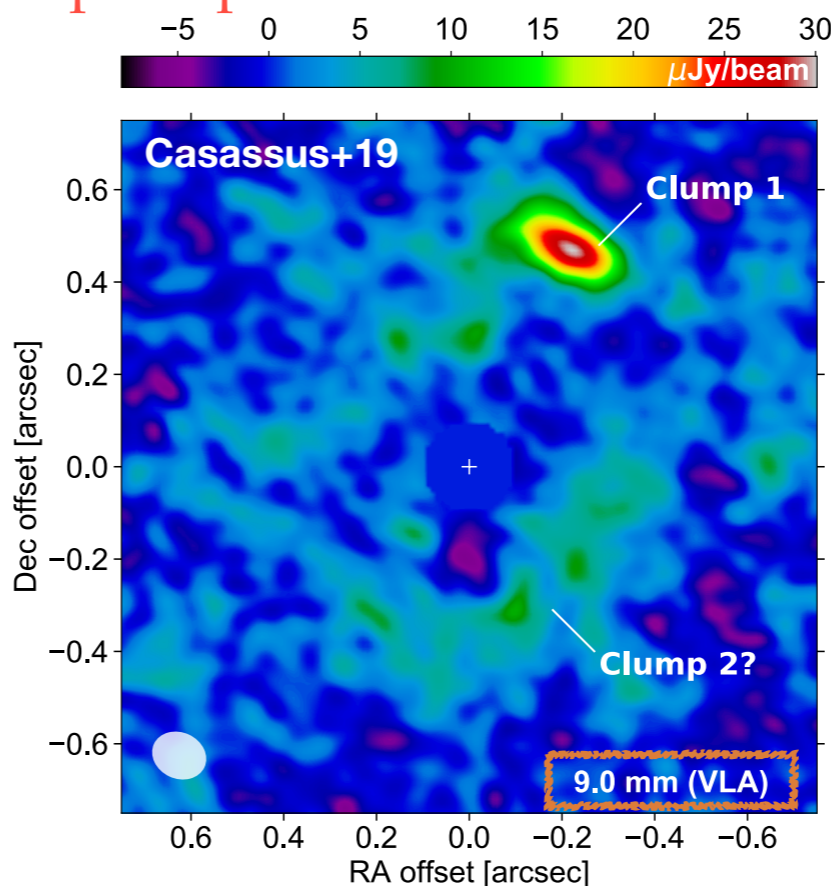
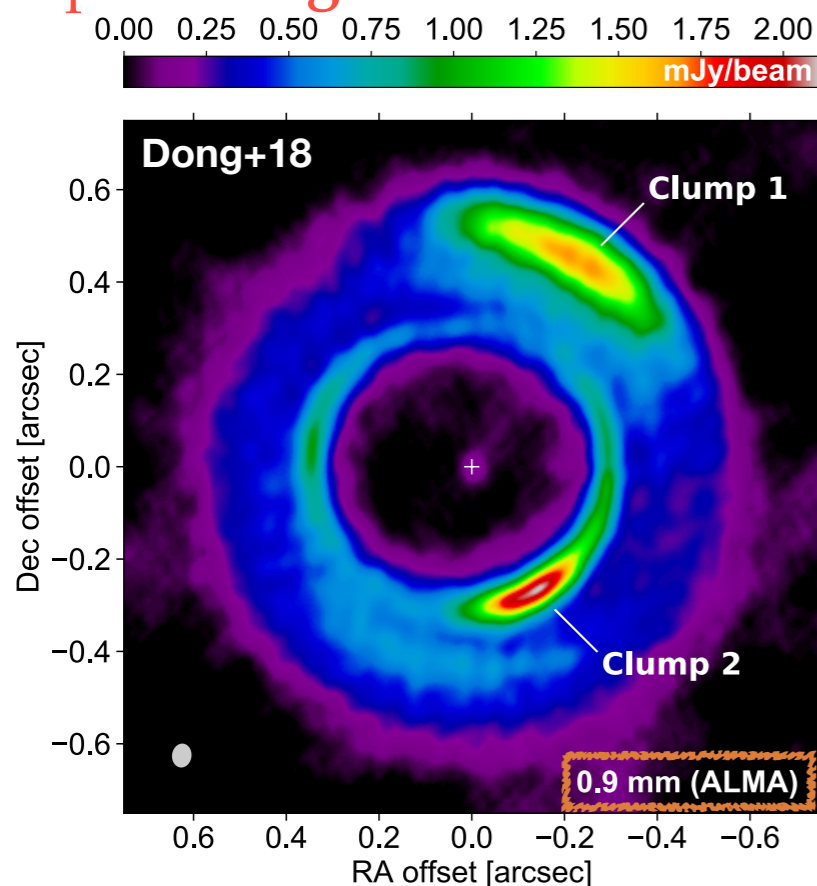


Un exemple de résultat

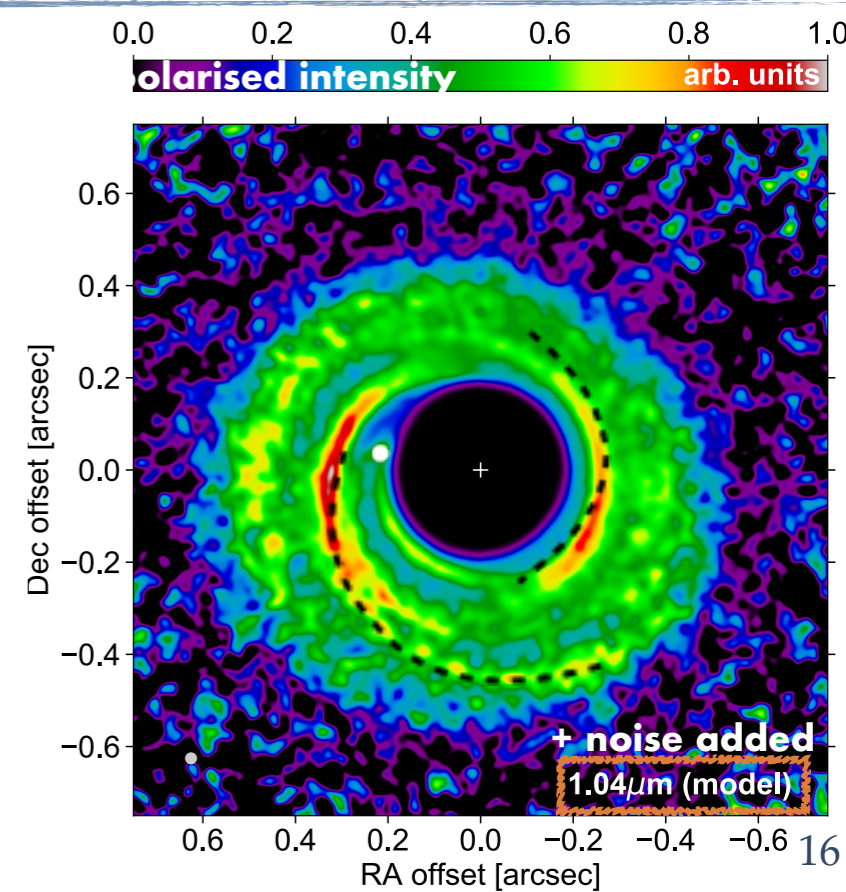
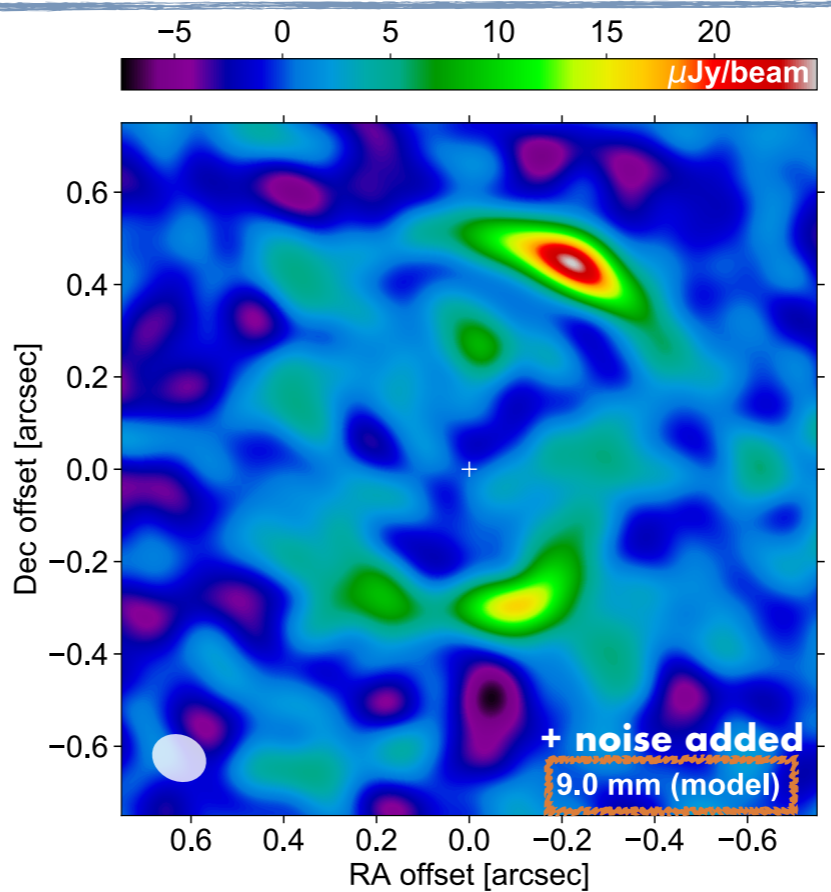
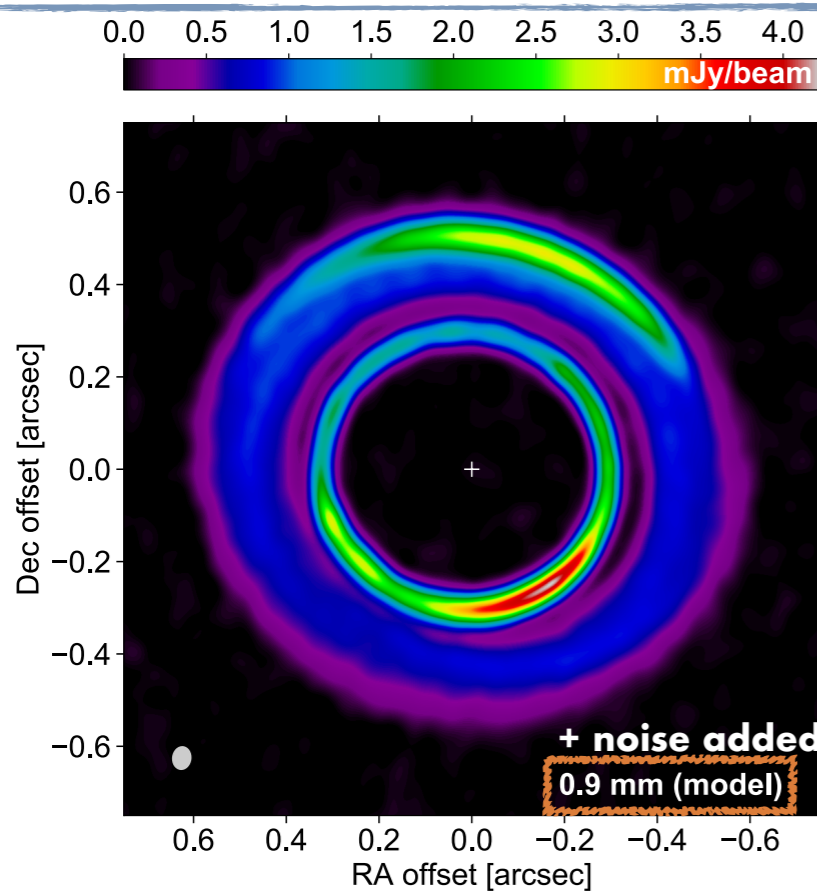
- 2 planètes géantes dans le disque protoplanétaire autour de l'étoile MWC 758?

Baruteau+ 2019

observations



synthetic observations



Un exemple de résultat

- 2 planètes géantes dans le disque protoplanétaire autour de l'étoile **MWC 758?**

Baruteau+ 2019

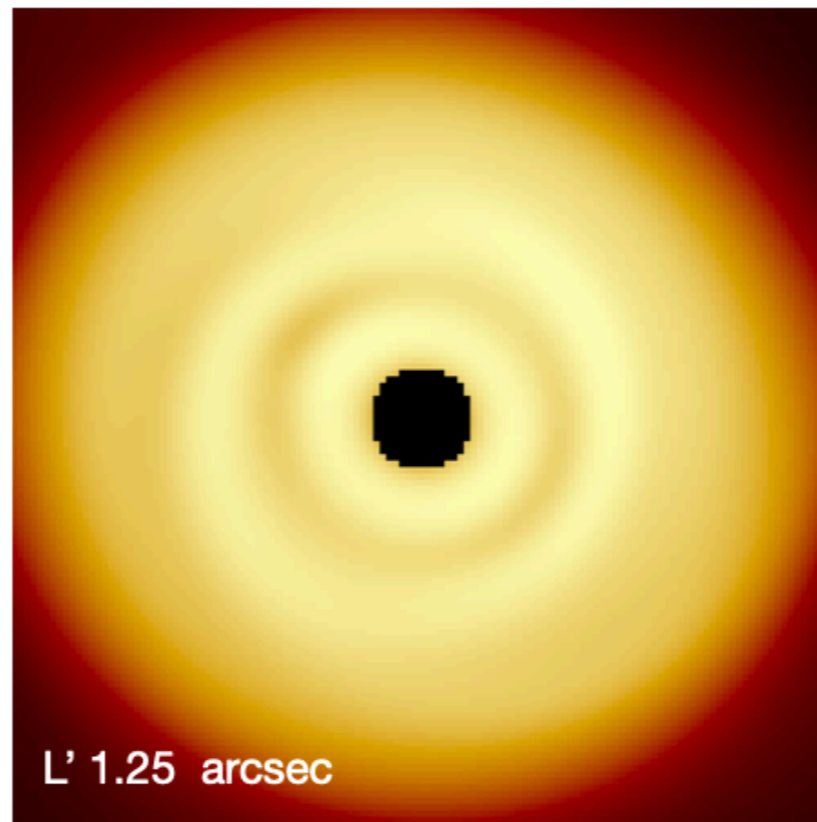
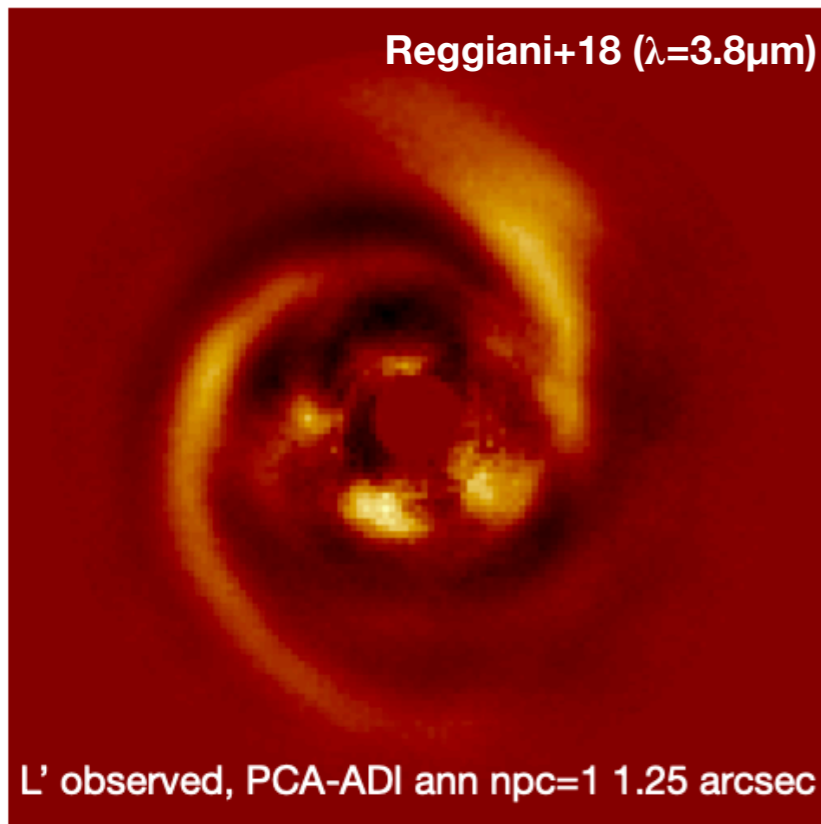


image synthétique (RADMC-3D)

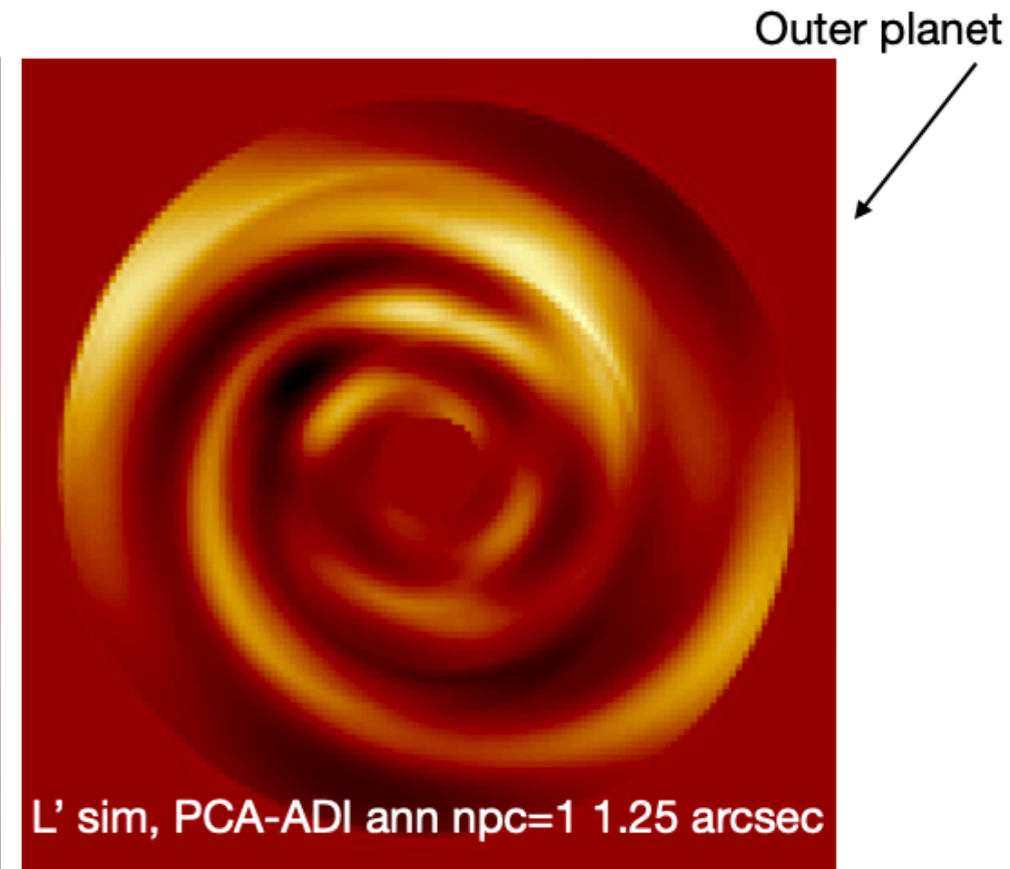


image synthétique + même chaîne de réduction que pour les données observationnelles (Iain Hammond)

— merci pour votre attention!