

Imagerie des interactions entre exoplanètes et disques circumstellaires

Valentin Christiaens

Universidad de Chile - Université de Liège

Directeurs de thèse: Simon Casassus - Olivier Absil



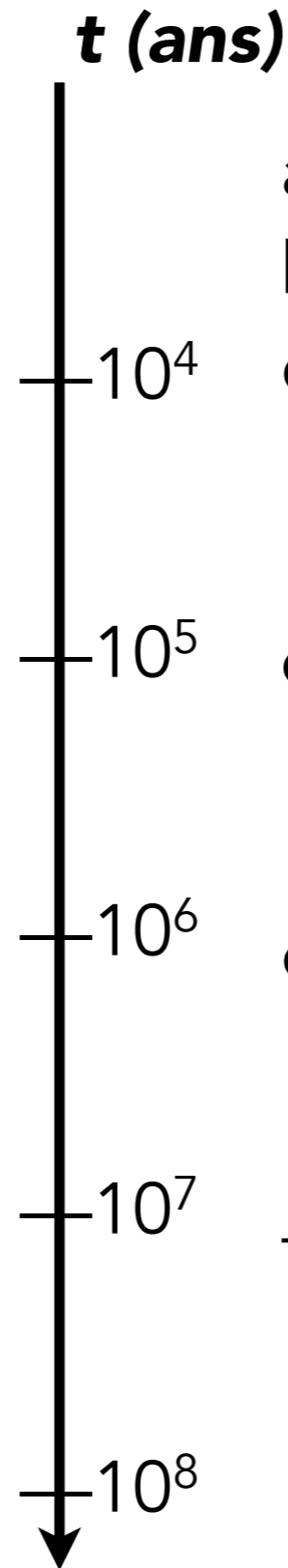
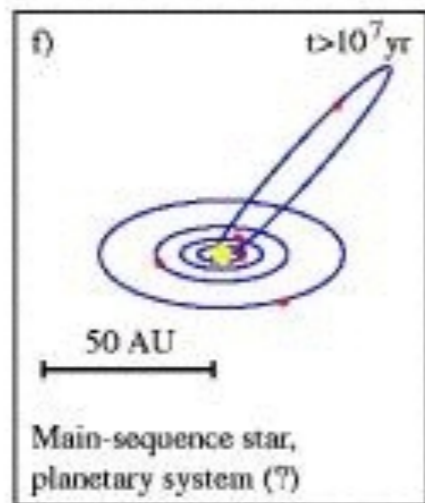
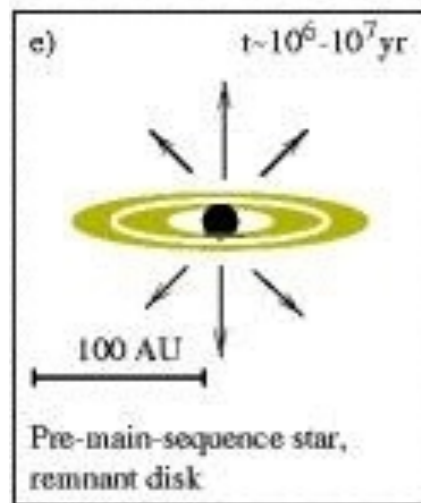
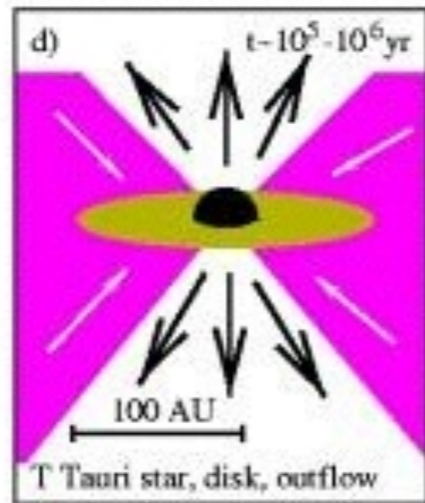
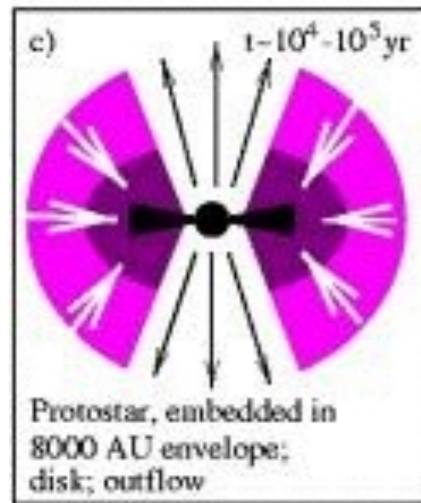
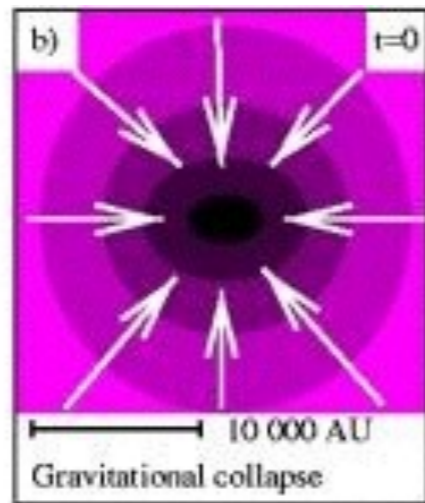
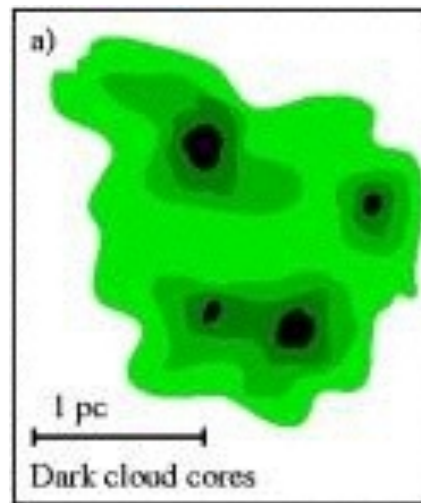
Plan de la présentation

1. Introduction: Formation planétaire et disques de transition
2. Premiers résultats: Spirales dans un disque de transition (ALMA)
3. Recherche de (proto)planètes dans des disques de transition
 - 3.1. Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ (SINFONI)
 - 3.2. Recherche de protoplanètes en bande L (MagAO & NACO)
4. Synthèse des projets en cours

Plan de la présentation

- 1. Introduction: Formation planétaire et disques de transition**
2. Premiers résultats: Spirales dans un disque de transition (ALMA)
3. Recherche de (proto)planètes dans des disques de transition
 - 3.1. Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ (SINFONI)
 - 3.2. Recherche de protoplanètes en bande L (MagAO & NACO)
4. Synthèse des projets en cours

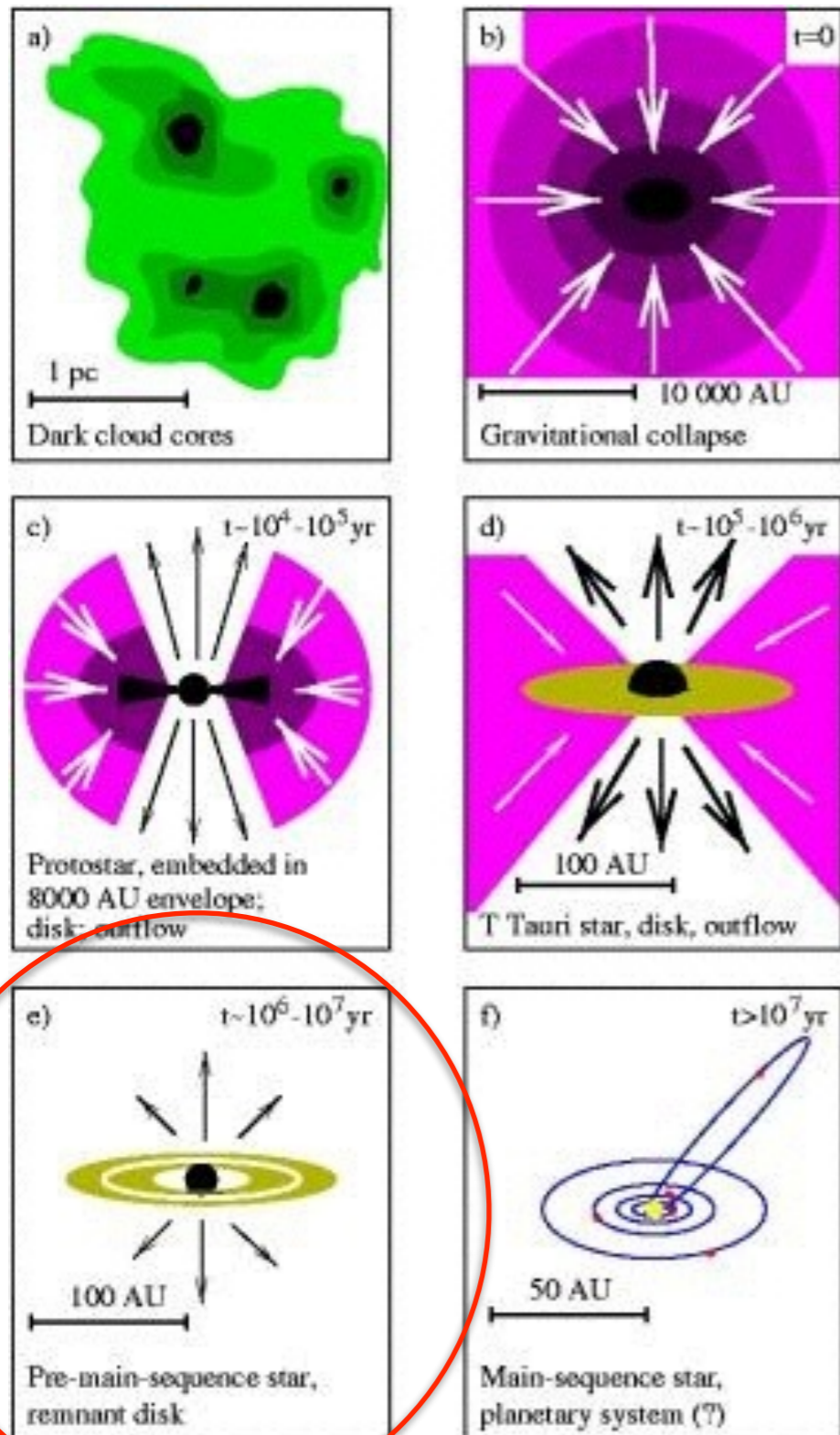
Introduction: Formation planétaire



- a) Coeurs de nuages denses: $d \sim 1$ pc
- b) Effondrement gravitationnel
- c) Proto-étoile, jets, disque protoplanétaire: $d \sim 8\,000$ ua pour l'enveloppe
- d) Etoile PMS, jets, disque protoplanétaire: $d \sim 100-500$ ua
- e) Etoile PMS, disque de transition (signes de formation planétaire): $d \sim 100-500$ ua
- f) Etoile MS, système planétaire formé, (disque de débris): $d \sim 50-100$ ua

Hogerheijde+98

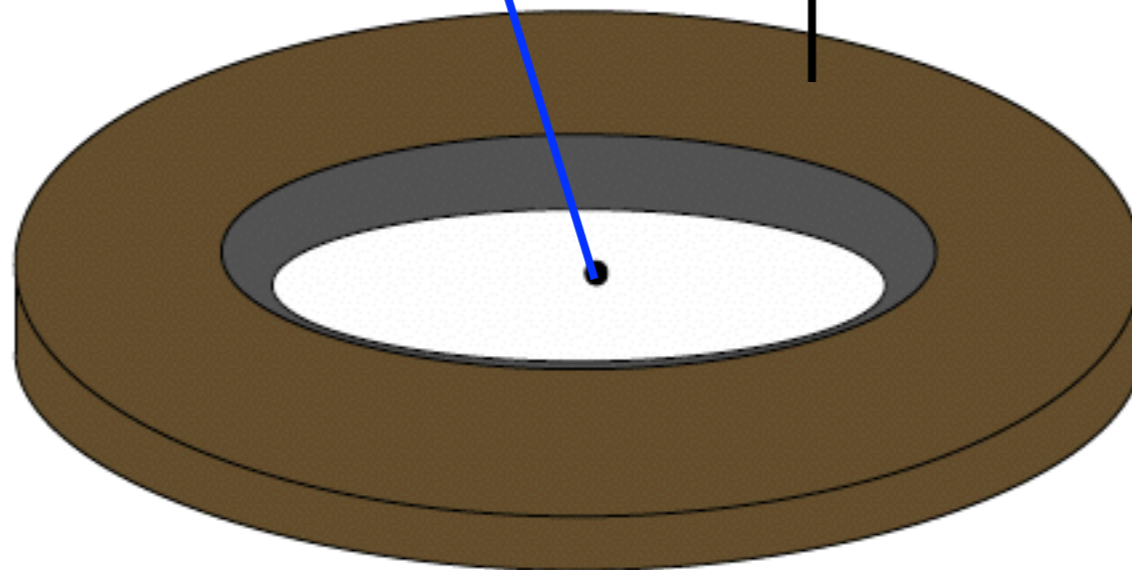
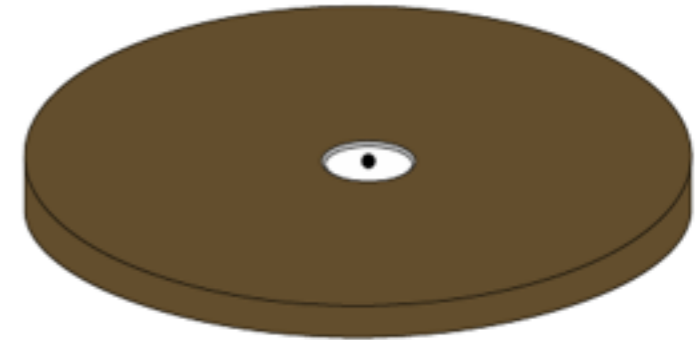
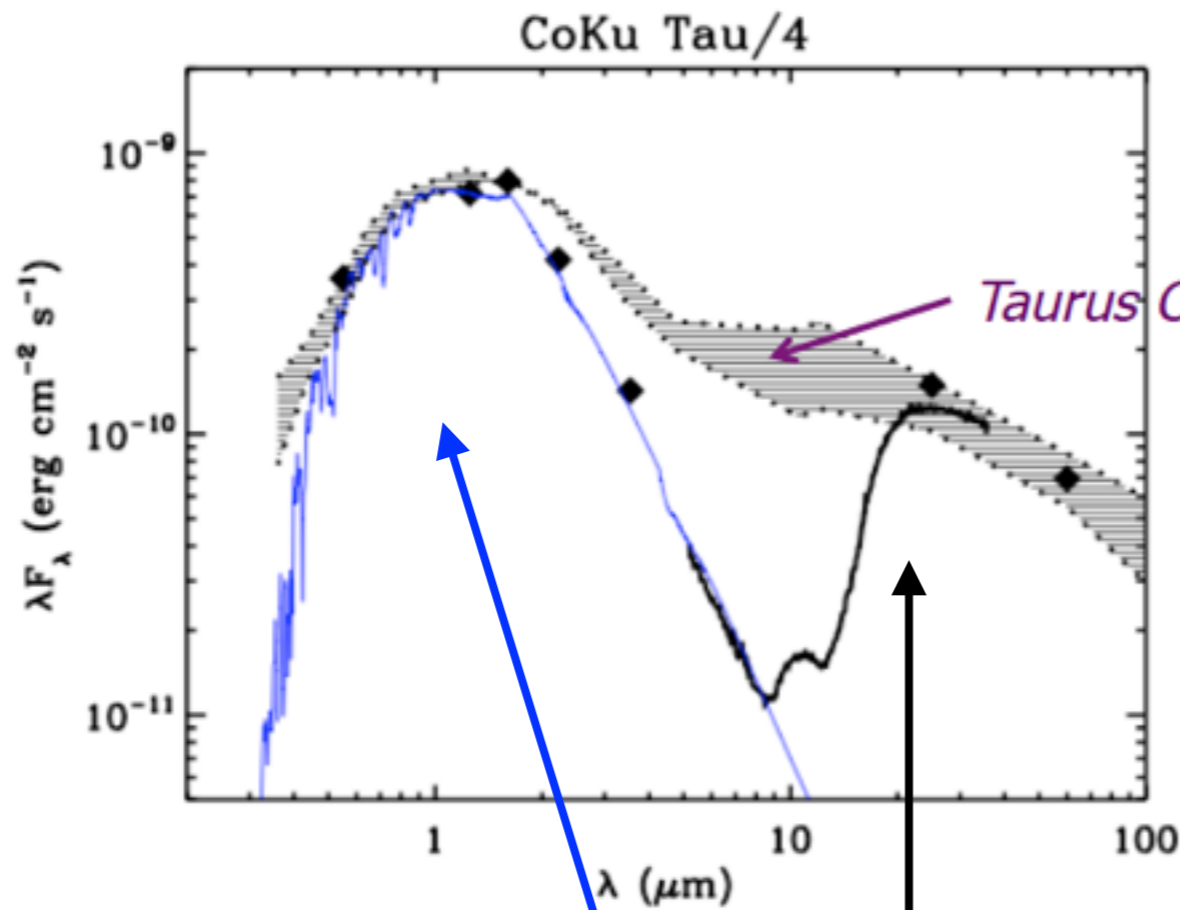
Introduction: Formation planétaire



Hogerheijde+98

- t (ans)**
- a) Coeurs de nuages denses: $d \sim 1$ pc
 - b) Effondrement gravitationnel
 - c) Proto-étoile, jets, disque protoplanétaire: $d \sim 8\,000$ ua pour l'enveloppe
 - d) Etoile PMS, jets, disque protoplanétaire: $d \sim 100-500$ ua
 - e) **Etoile PMS, disque de transition (signes de formation planétaire): $d \sim 100-500$ ua**
 - f) Etoile MS, système planétaire formé, (disque de débris): $d \sim 50-100$ ua

Introduction: Disques de transition



Espaillet+14 (PPVI)

Introduction: Disques de transition

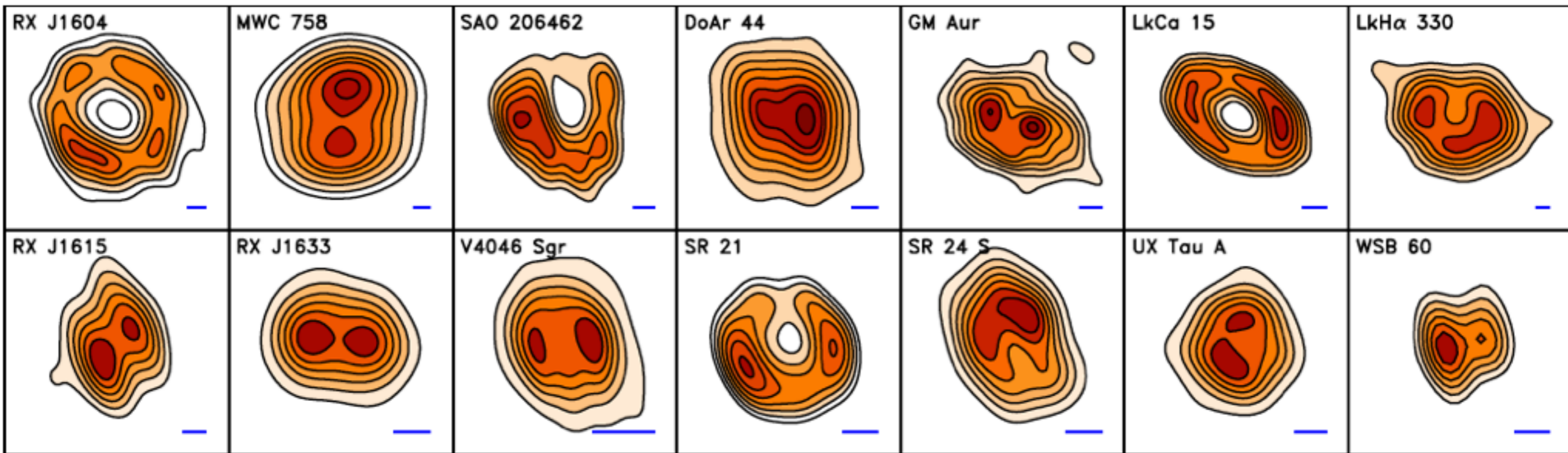
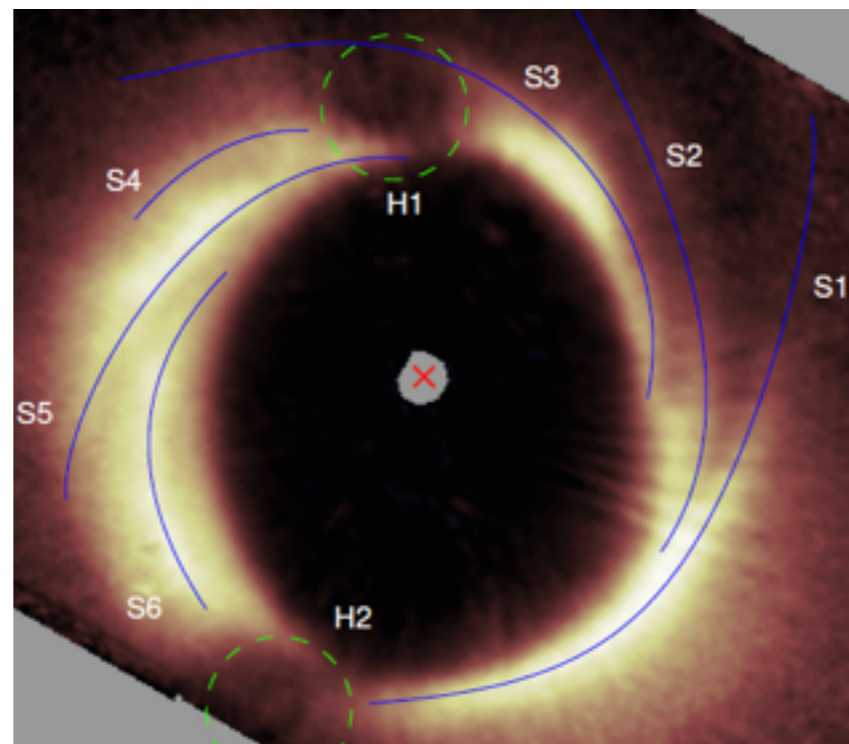


Fig. d'Espaillat+14 (PPVI); Données: Mathews+12, Isella+10, Brown+09, Andrews+09, Hughes+09, Andrews+11, Brown+08, Cieza+12, Rosenfeld+13, Andrews+10



HD 142527
Avenhaus+14

Plan de la présentation

1. Introduction: Formation planétaire et disques de transition

2. Premiers résultats: Spirales dans un disque de transition (ALMA)

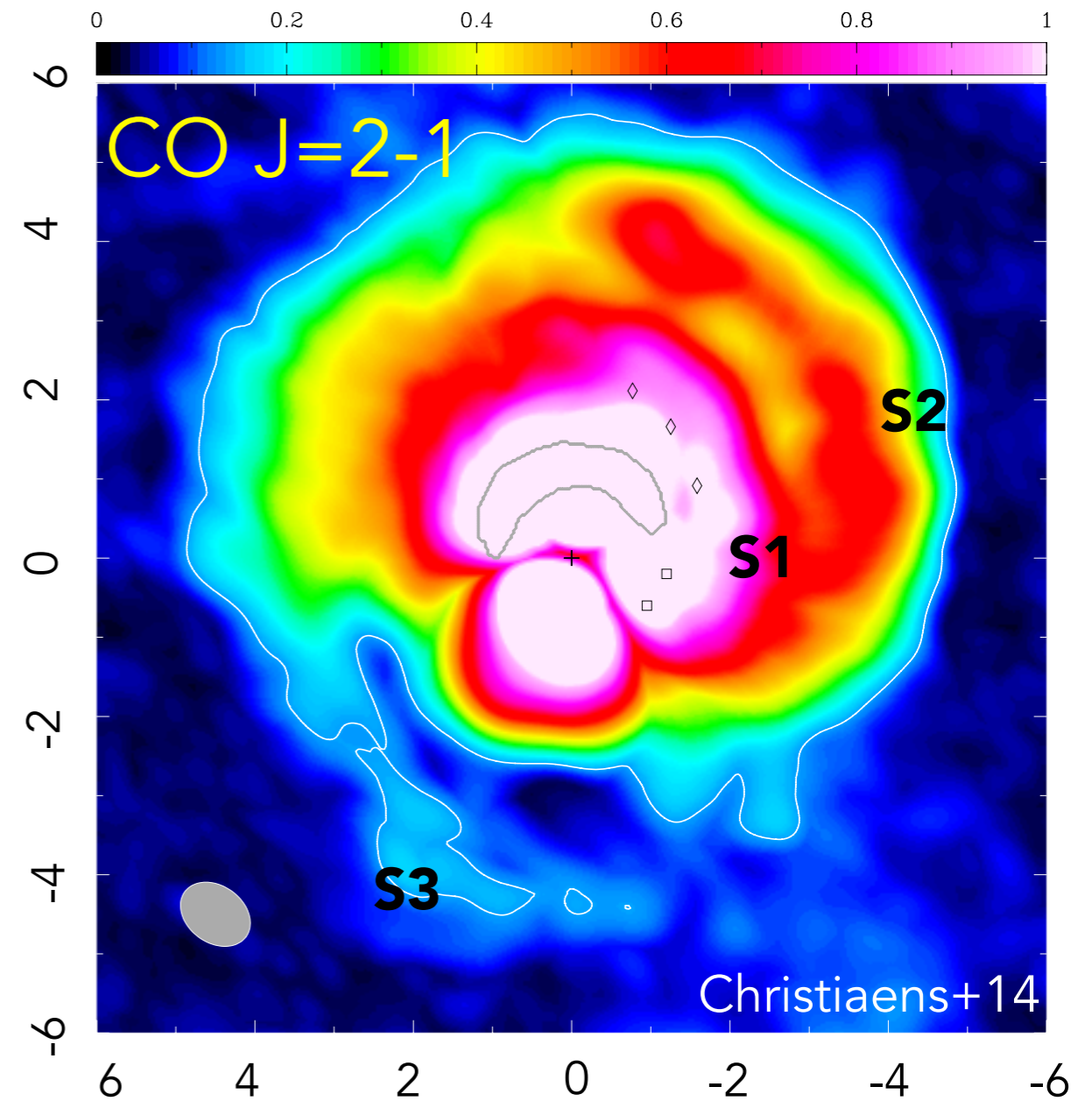
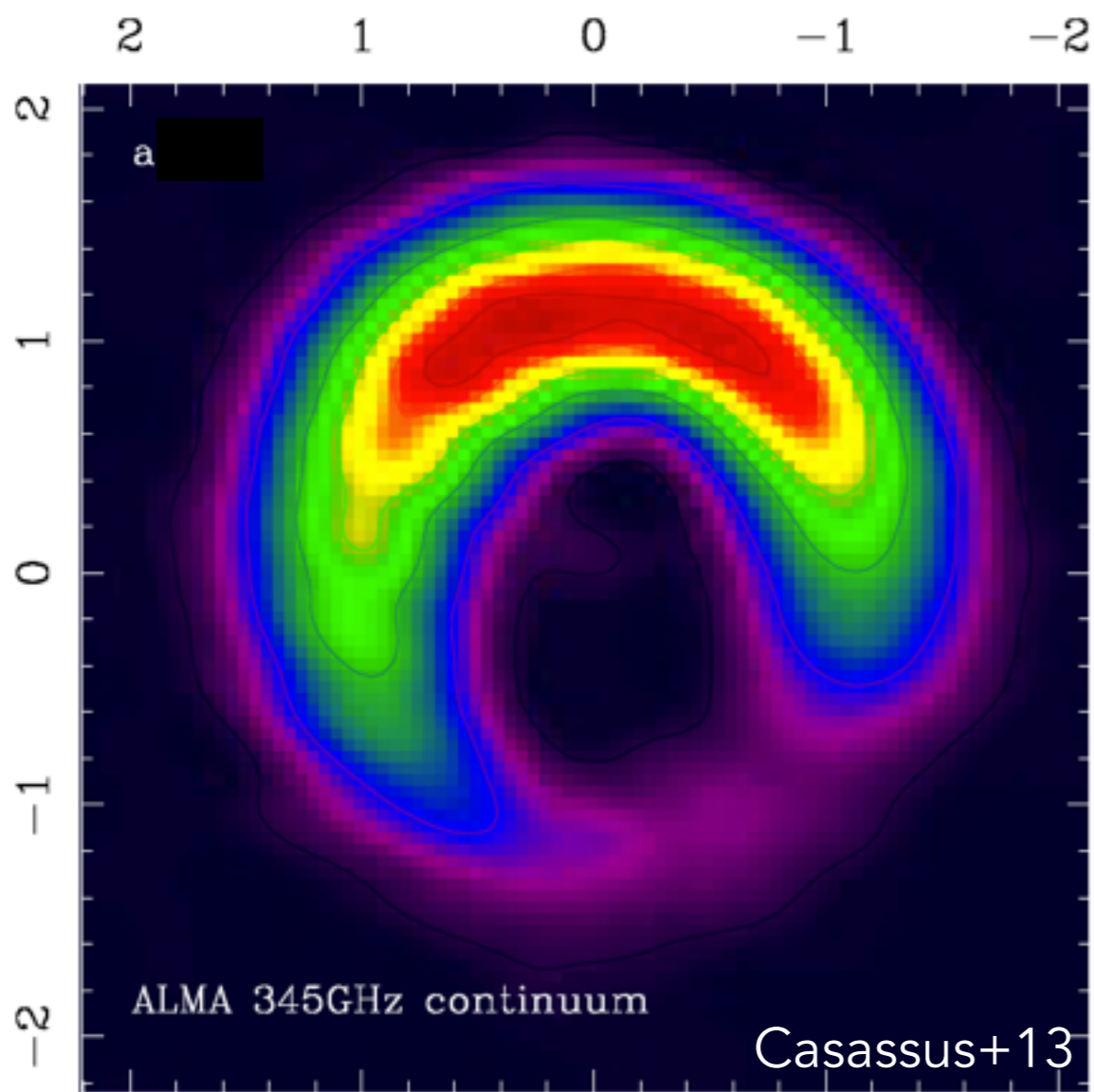
3. Recherche de (proto)planètes dans des disques de transition

3.1. Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ (SINFONI)

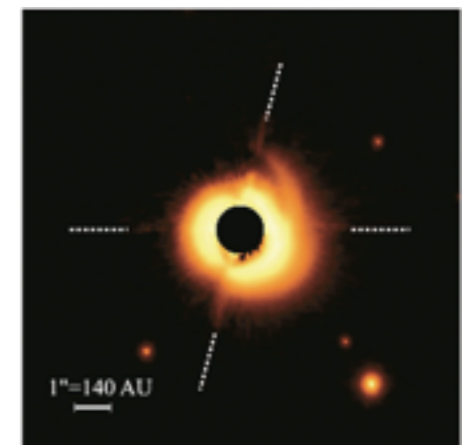
3.2. Recherche de protoplanètes en bande L (MagAO & NACO)

4. Synthèse des projets en cours

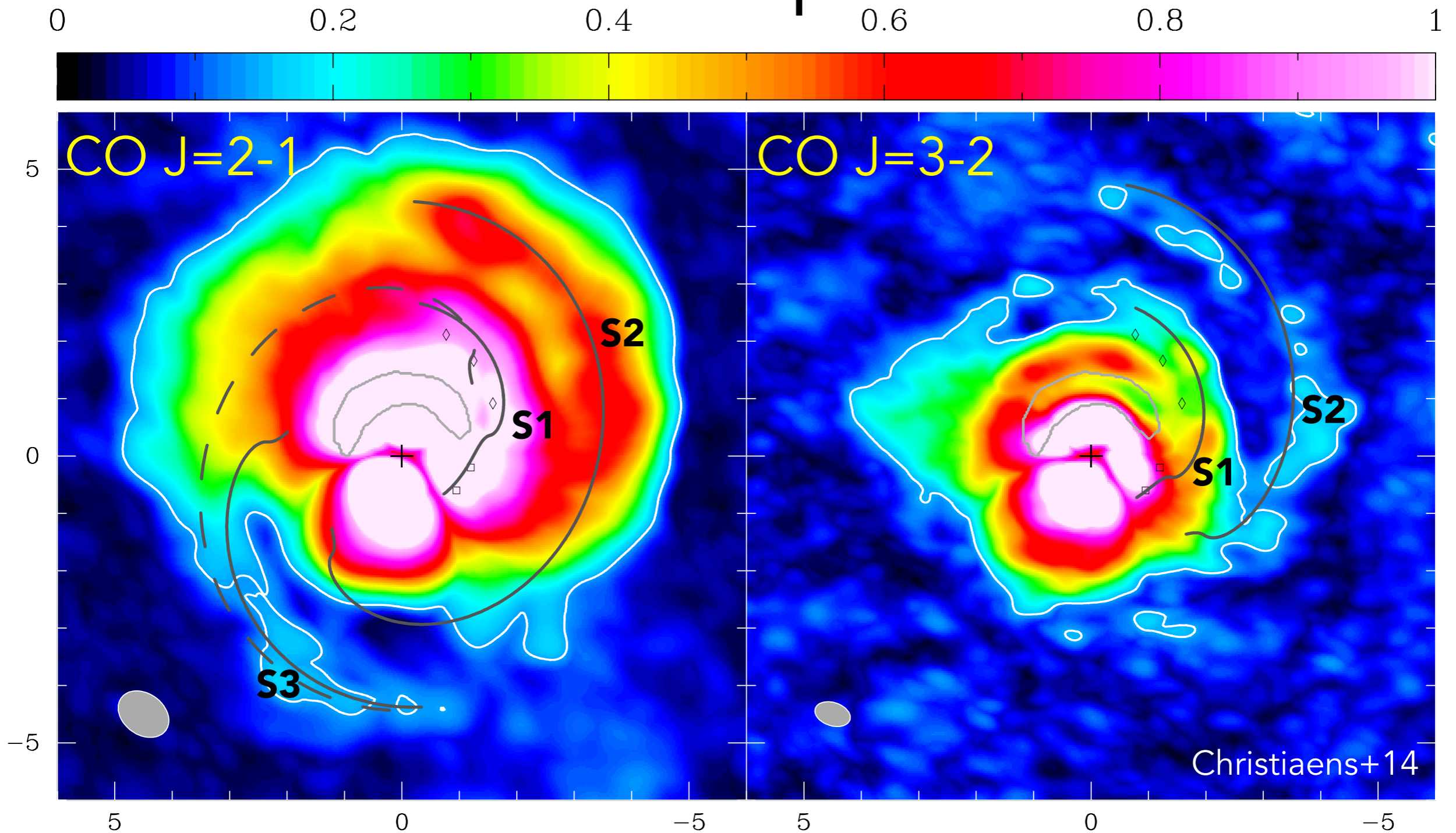
Observations ALMA: le disque de transition de HD 142527



- "Gap" de $R \sim 140$ ua dépourvu de poussière, mais gaz présent.
- 3 spirales à grande échelle: $R > 300$ ua (S1) et $R > 500$ ua (S2&S3)
- S1 déjà détecté en proche-IR, mais pas S2 et S3



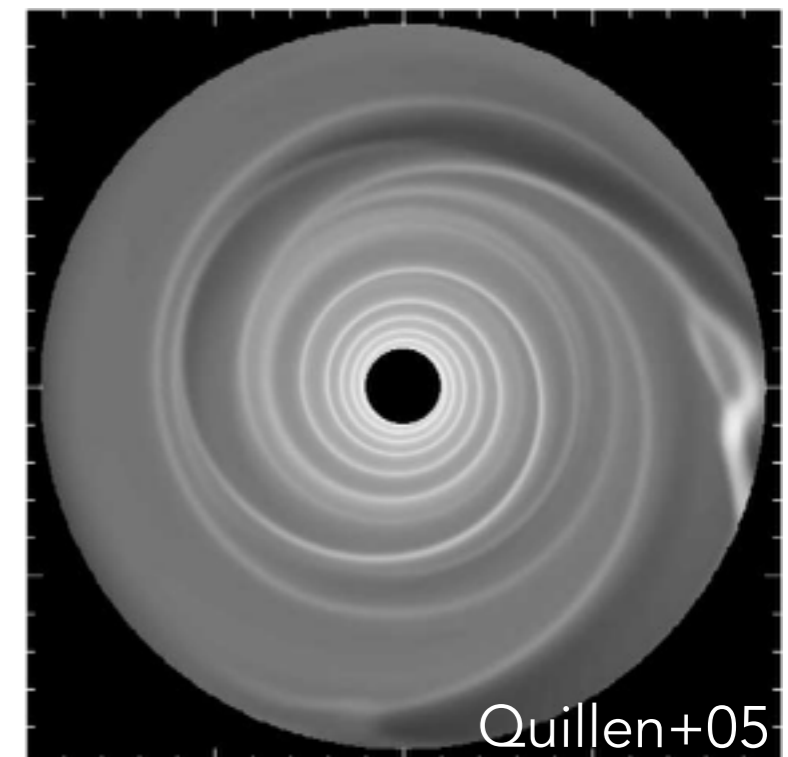
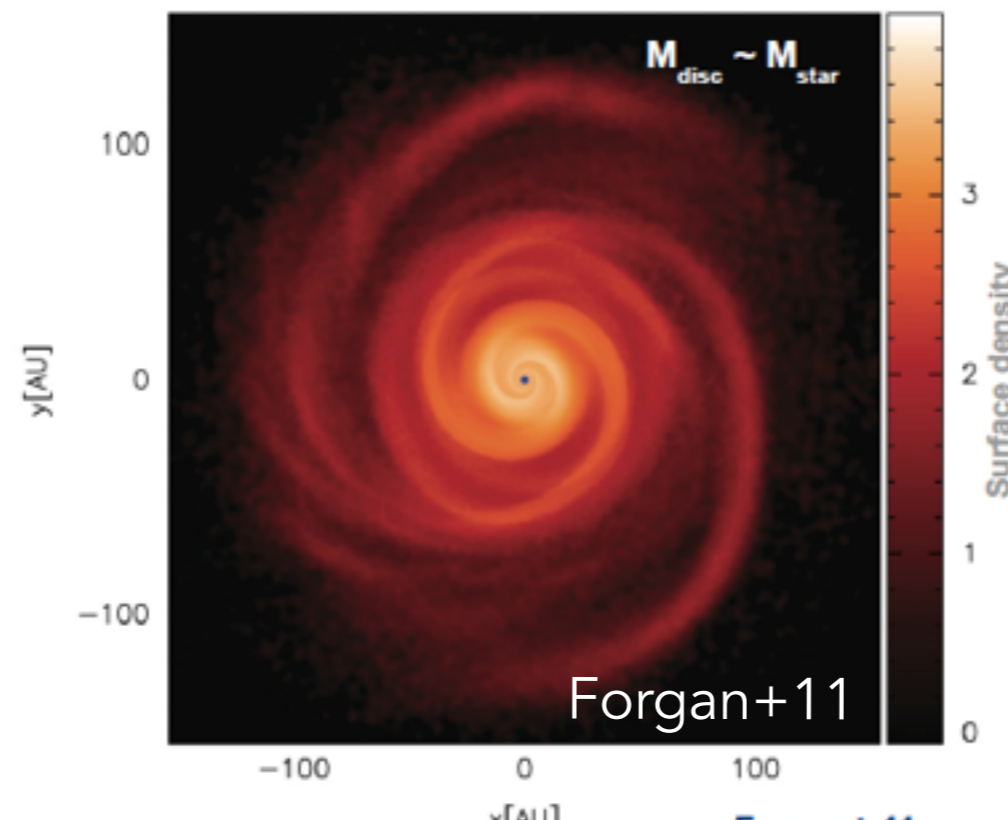
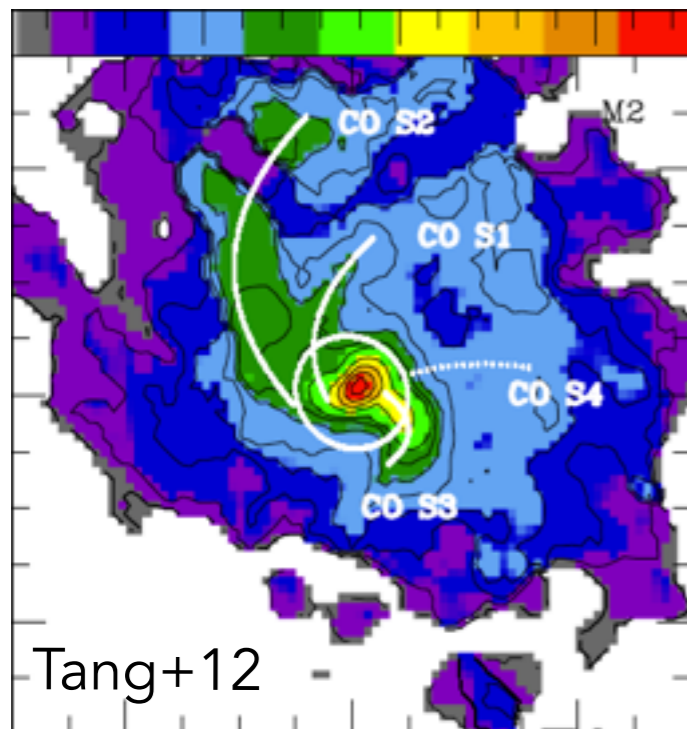
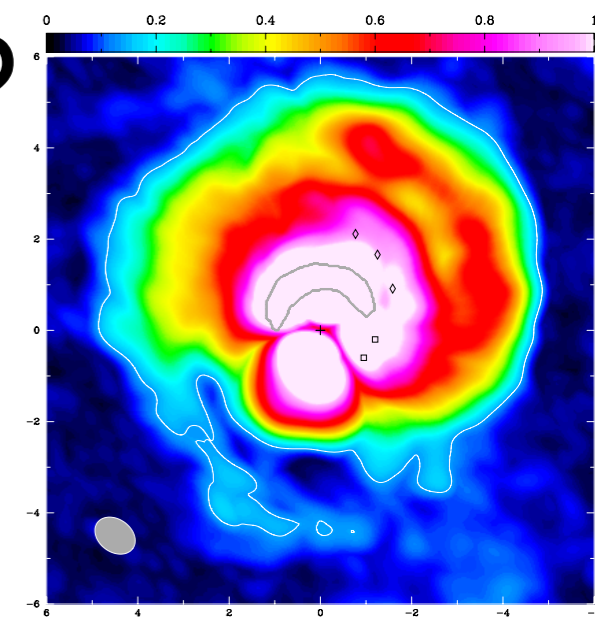
Fit des spirales



- Fit: équation de la théorie des ondes spirales de densité (Rafikov+02, Muto+12)
- 5 paramètres, 3 libres: position (r, θ) de la planète et rapport d'aspect du disque $h=H/R$
- Meilleur fit pour S1 que S2 et S3

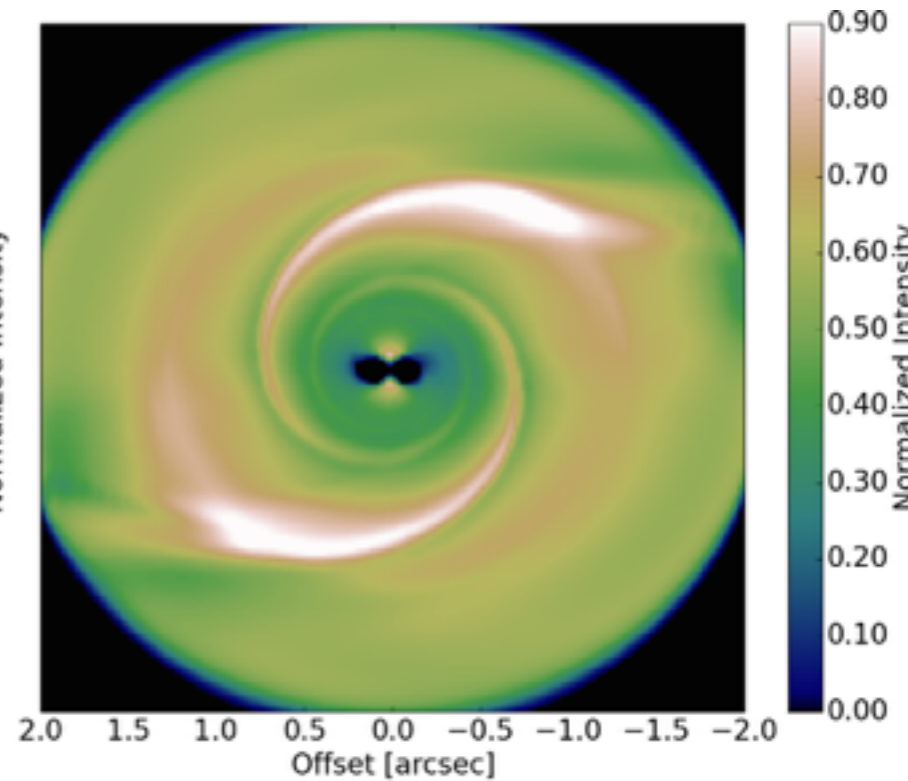
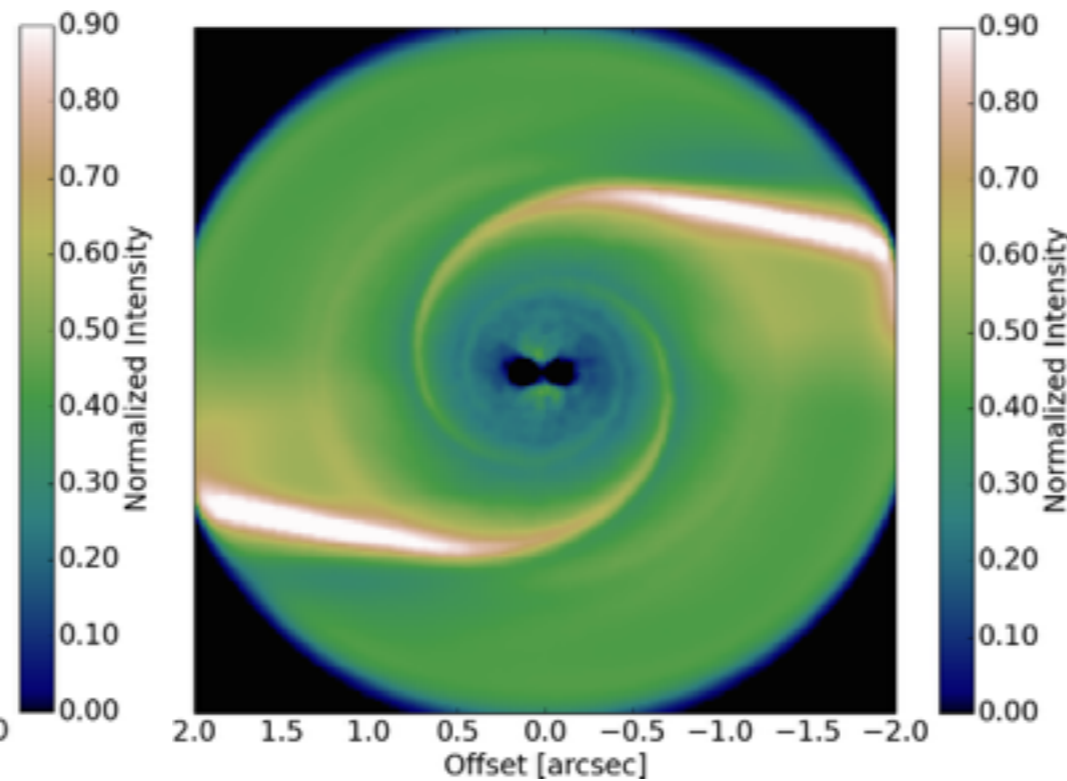
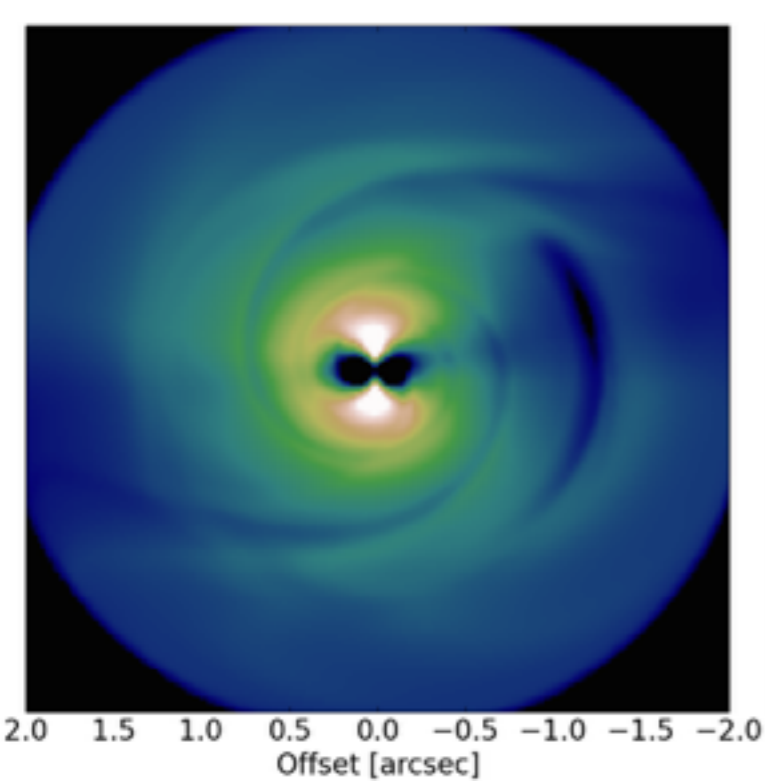
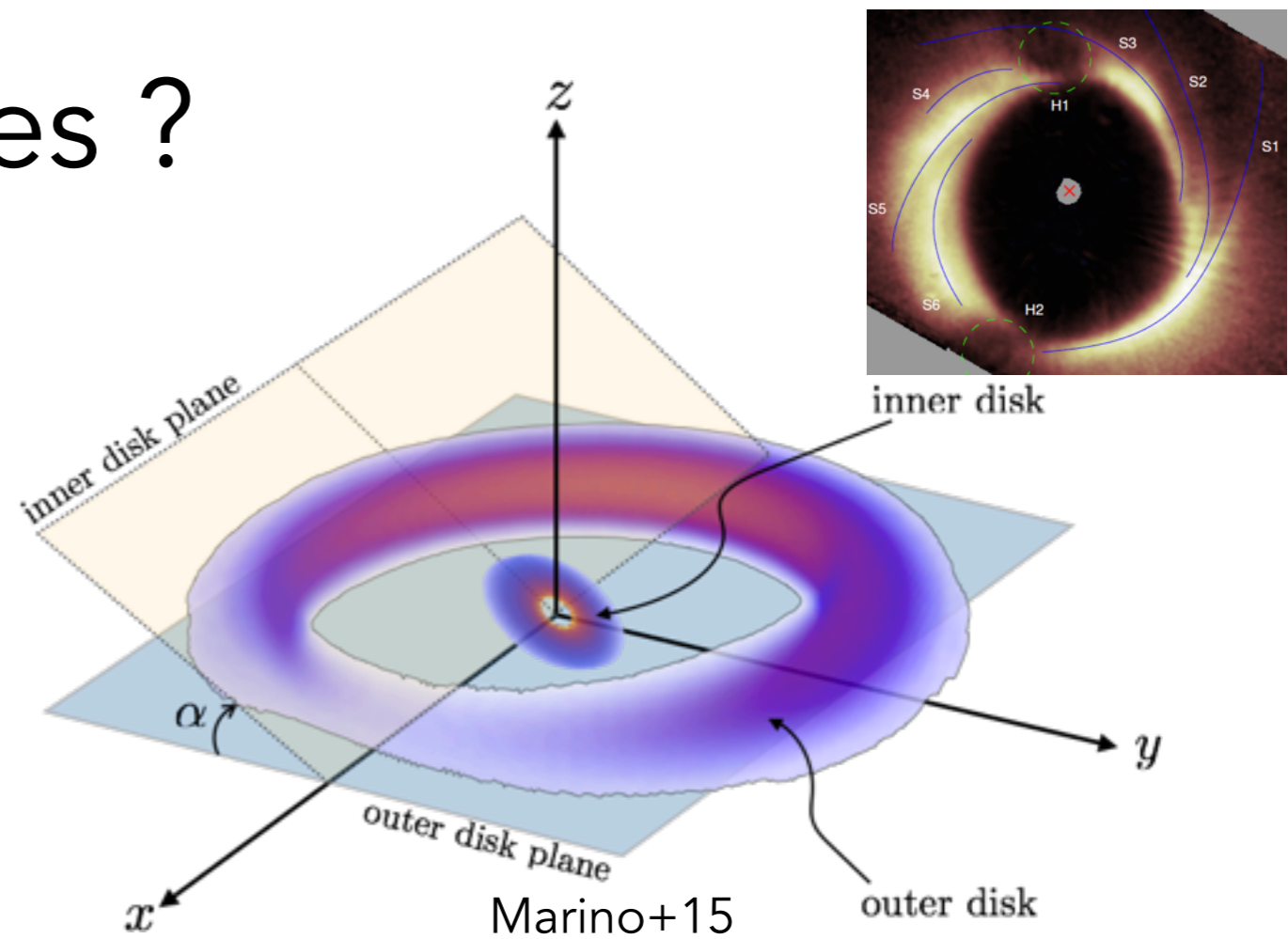
Origine des spirales ?

- Lancées par des planètes?
- > S1 peut-être, mais **S2 et S3 trop grandes**
 - Chute tardive de l'enveloppe? (Tang+ 12)
- > **Non** car vitesses keplériennes et spirales "fermées"
 - Instabilités gravitationnelles?
- > **Disque marginalement stable globalement** (Toomre $Q \sim \frac{M_\star}{M_d} h \approx 2$)
- > **Spirales localement stables** (Toomre $Q = \frac{c_s \Omega}{\pi G \Sigma} > 50$)
 - Survol par une autre étoile?
- > **Peu probable** car spirales transitoires (Kalas+01, Quillen+05)



Origine des spirales ?

- Perturbation en T et densité à cause d'ombres projetées par un disque interne incliné (Montesinos+ prep)?
=> à tester via observations ALMA demandées pour cycle 3 (meilleures résolution angulaire et sensibilité)



RADMC3D - CO (2-1)

RADMC3D - ^{13}CO (2-1)

RADMC3D - C^{18}O (2-1)

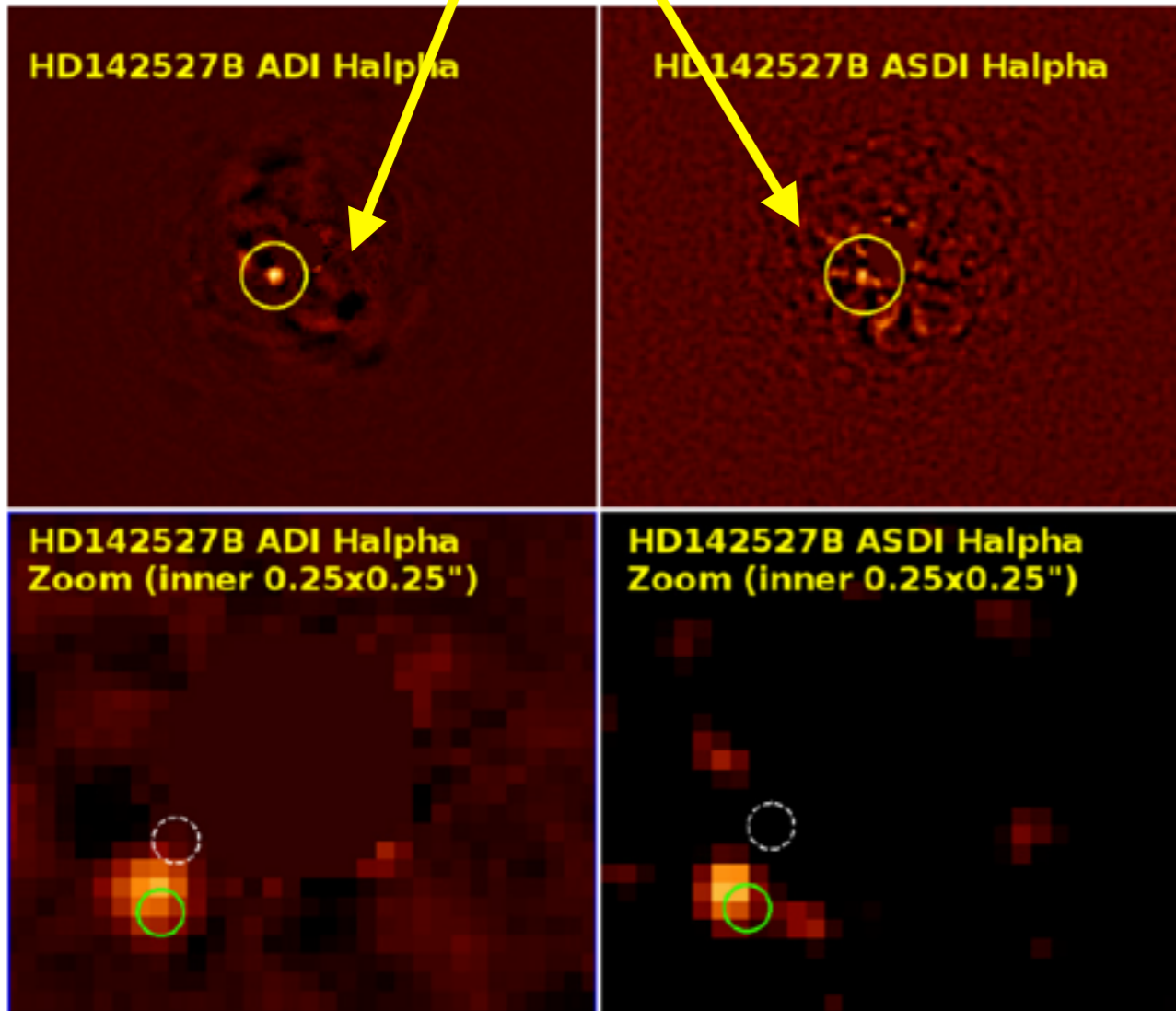
Plan de la présentation

1. Introduction: Disques de transition et exozodiacaux
2. Premiers résultats: Spirales dans un disque de transition (ALMA)
- 3. Recherche de (proto)planètes dans des disques de transition**
 - 3.1. Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ (SINFONI)
 - 3.2. Recherche de protoplanètes en bande L (MagAO & NACO)
4. Synthèse des projets en cours

Observations de candidats protoplanètes dans des disques de transition

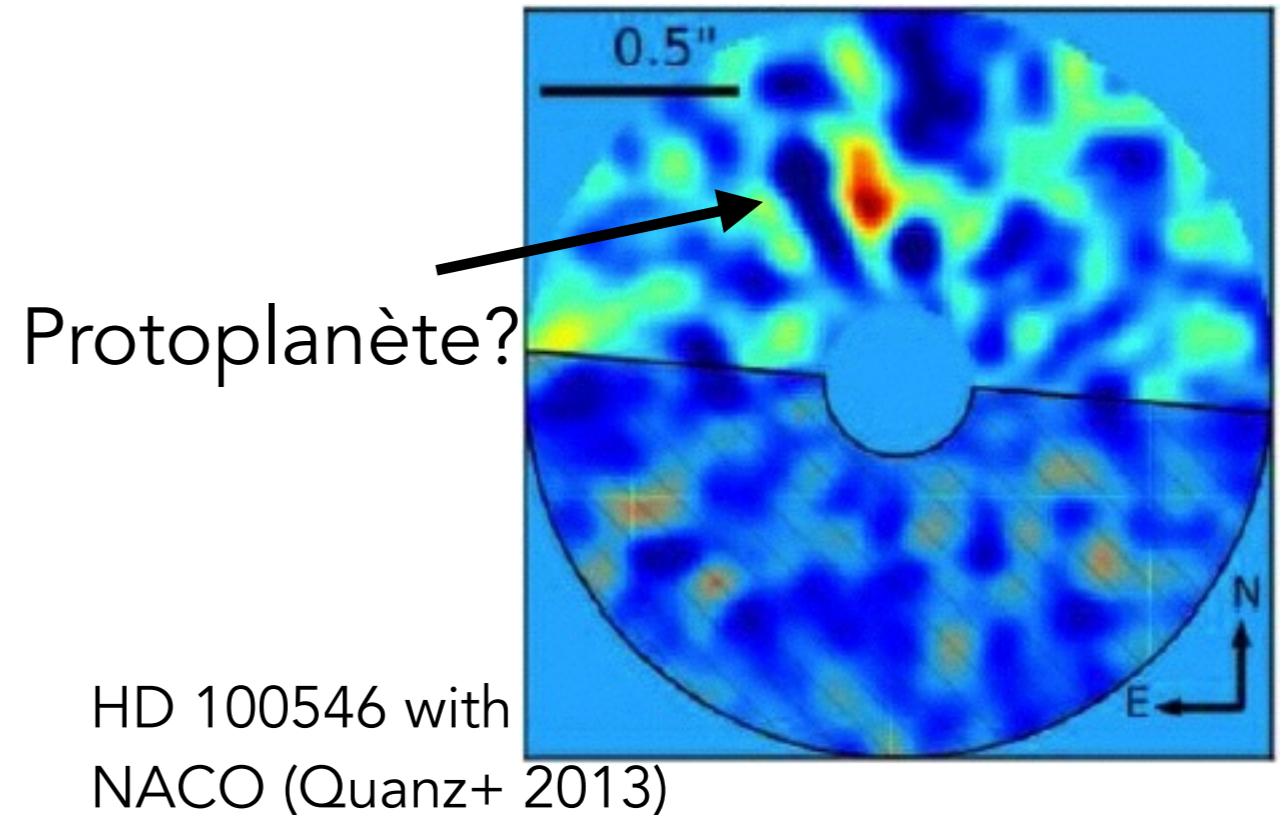
Raie d'hydrogène

Compagnon de faible masse

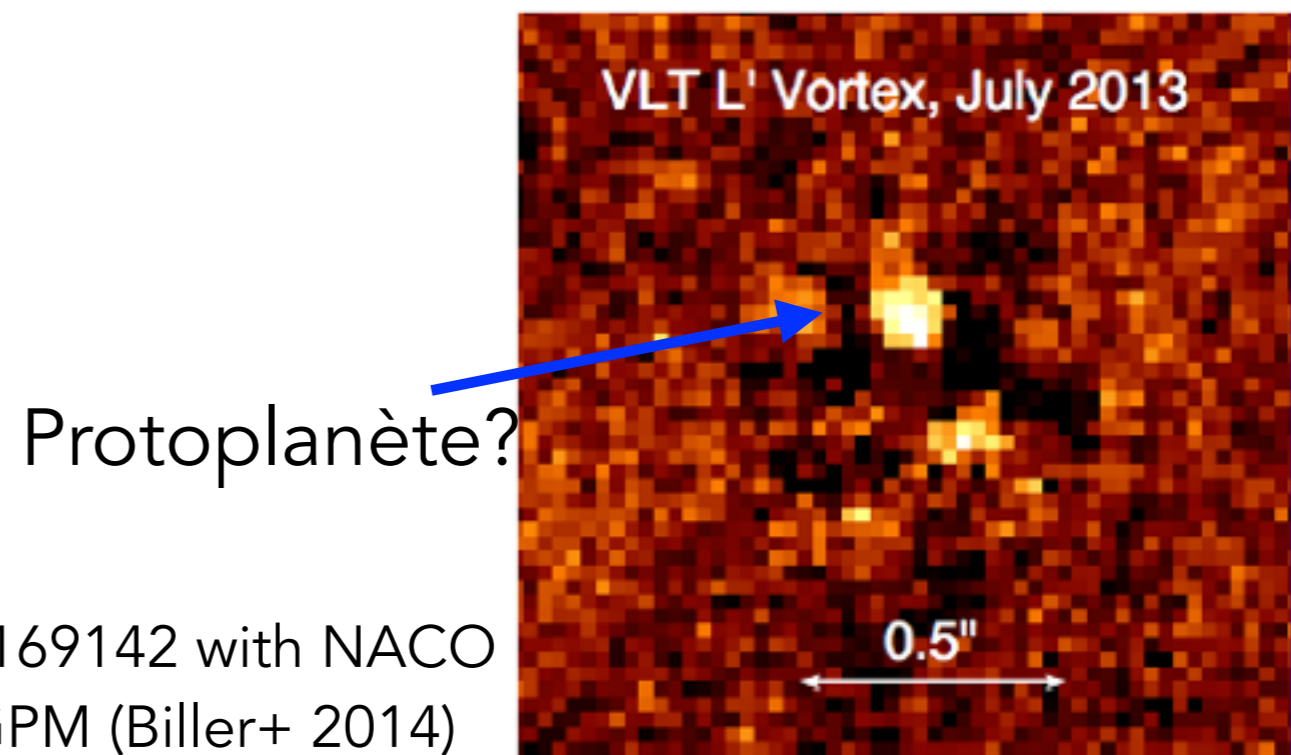


HD 142527 avec MagAO/filtre H-alpha
(Close+ 2014)

Bande L



HD 100546 with
NACO (Quanz+ 2013)



HD 169142 with NACO
+AGPM (Biller+ 2014)

VLT L' Vortex, July 2013

Plan de la présentation

1. Introduction: Formation planétaire et disques de transition
2. Premiers résultats: Spirales dans un disque de transition (ALMA)
3. Recherche de (proto)planètes dans des disques de transition
 - 3.1. Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ (SINFONI)**
 - 3.2. Recherche de protoplanètes en bande L (MagAO & NACO)
4. Synthèse des projets en cours

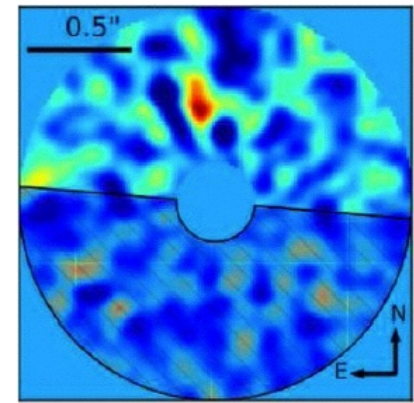
Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ

- Set de données:
 - 5 disques de transition observés en 2014
 - bande H+K de SINFONI (VLT)
- Methode:
 - Isolation des canaux sous la raie de Br- γ
 - Utilisation des autres canaux pour estimer le continuum
 - Soustraction du continuum estimé à la raie de Br- γ
 - On s'attend à un meilleur contraste entre l'étoile et la protoplanète.

Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ

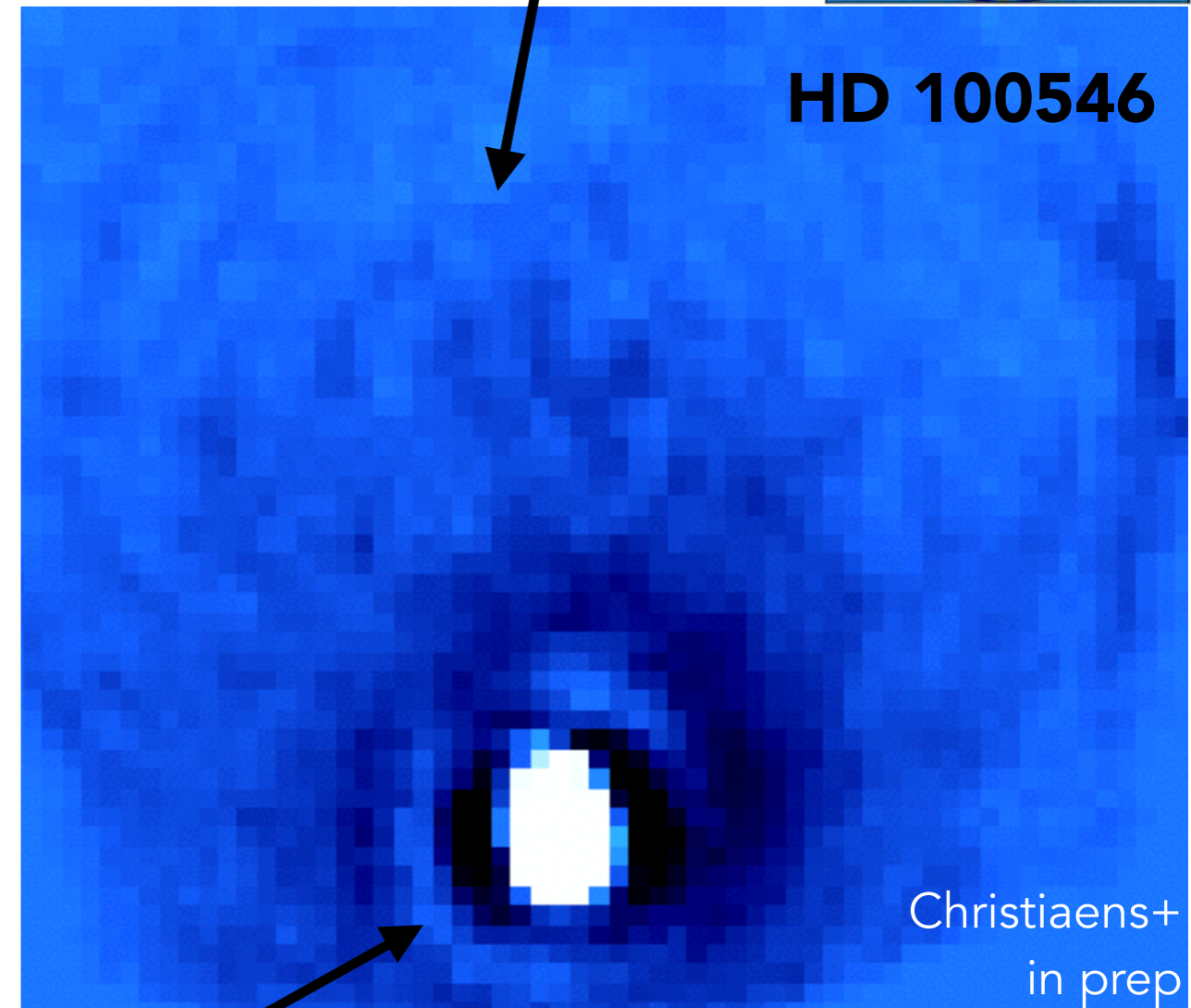
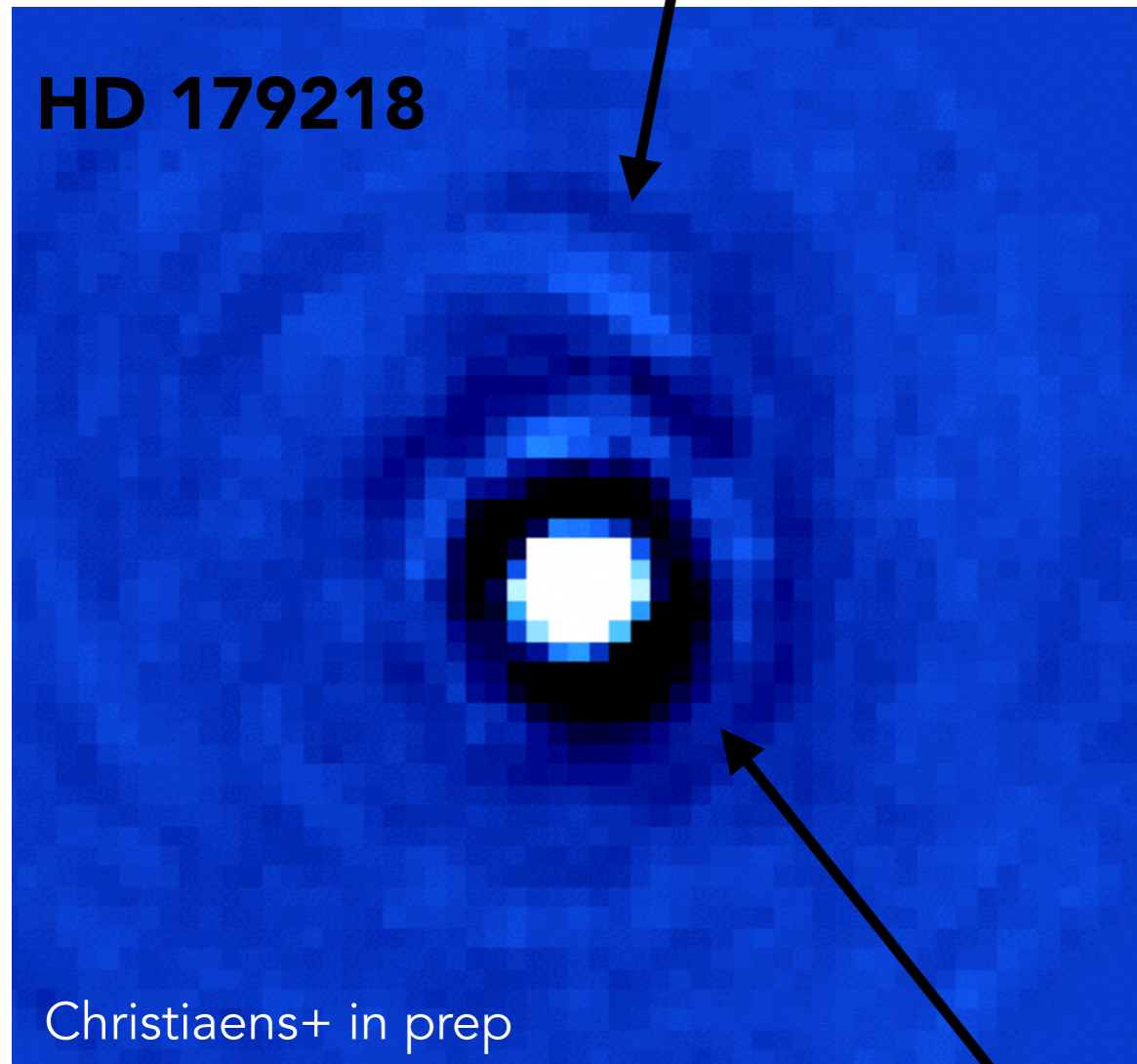
Spirale d'accrétion?

Candidat protoplanète
HD 100546b non-redéetecté



HD 179218

HD 100546



Absorption de Br- γ par le disque interne.

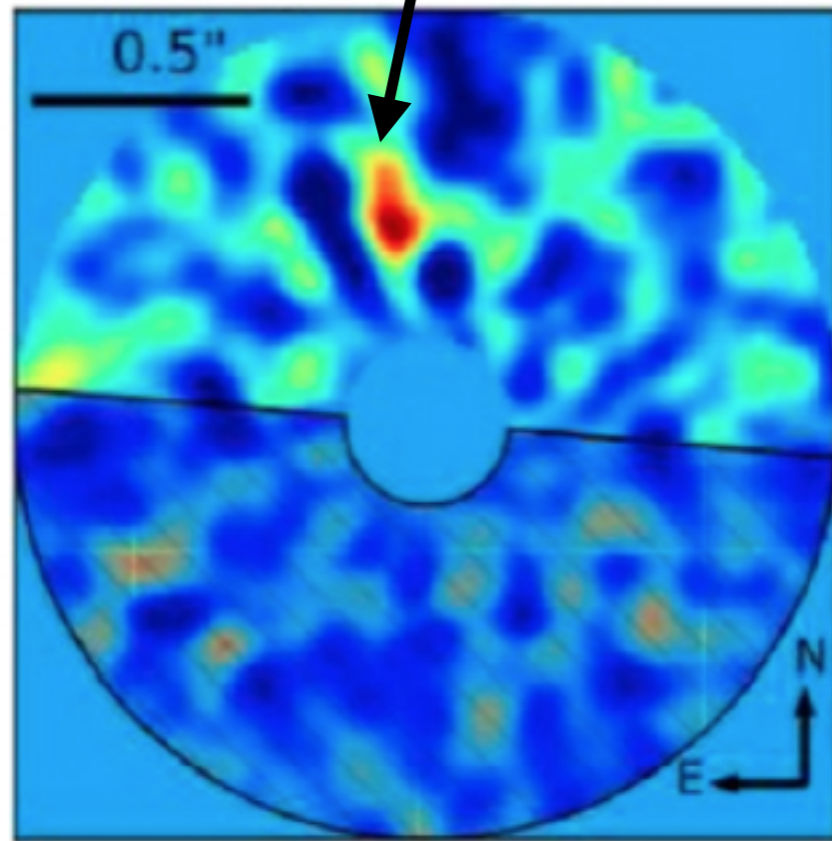
-> Désexcitation collisionnelle dans les régions les plus denses du disque?

Plan de la présentation

1. Introduction: Formation planétaire et disques de transition
2. Premiers résultats: Spirales dans un disque de transition (ALMA)
3. Recherche de (proto)planètes dans des disques de transition
 - 3.1. Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ (SINFONI)
 - 3.2. Recherche de protoplanètes en bande L (MagAO & NACO)**
4. Synthèse des projets en cours

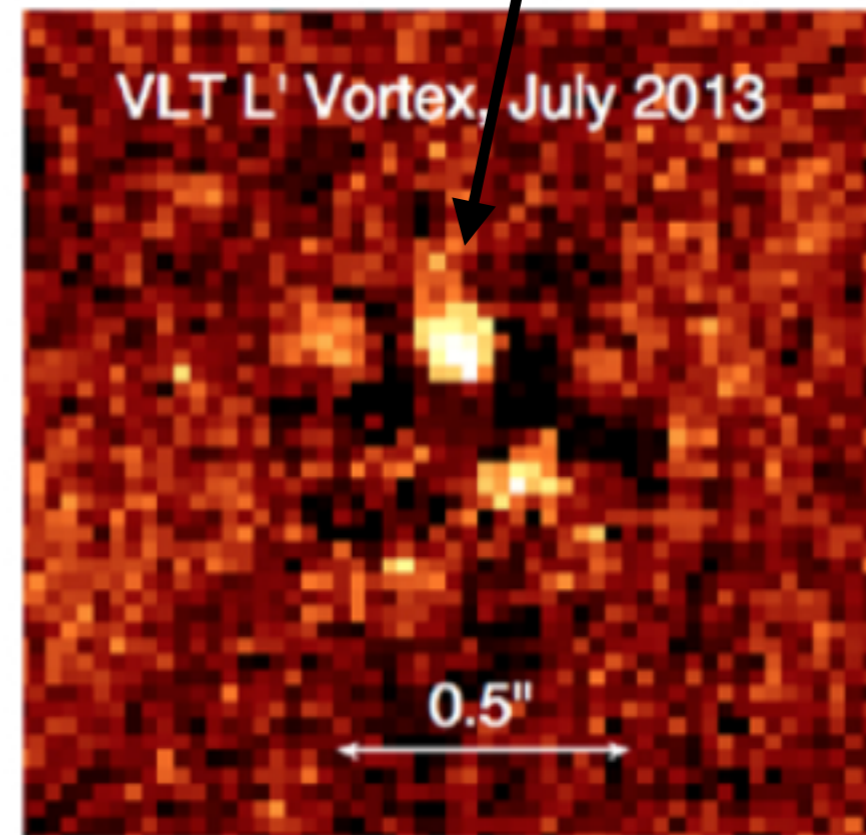
Observations de disques de transition en bande L

Protoplanète?



HD 100546 with NACO
(Quanz+ 2013)

Protoplanète?

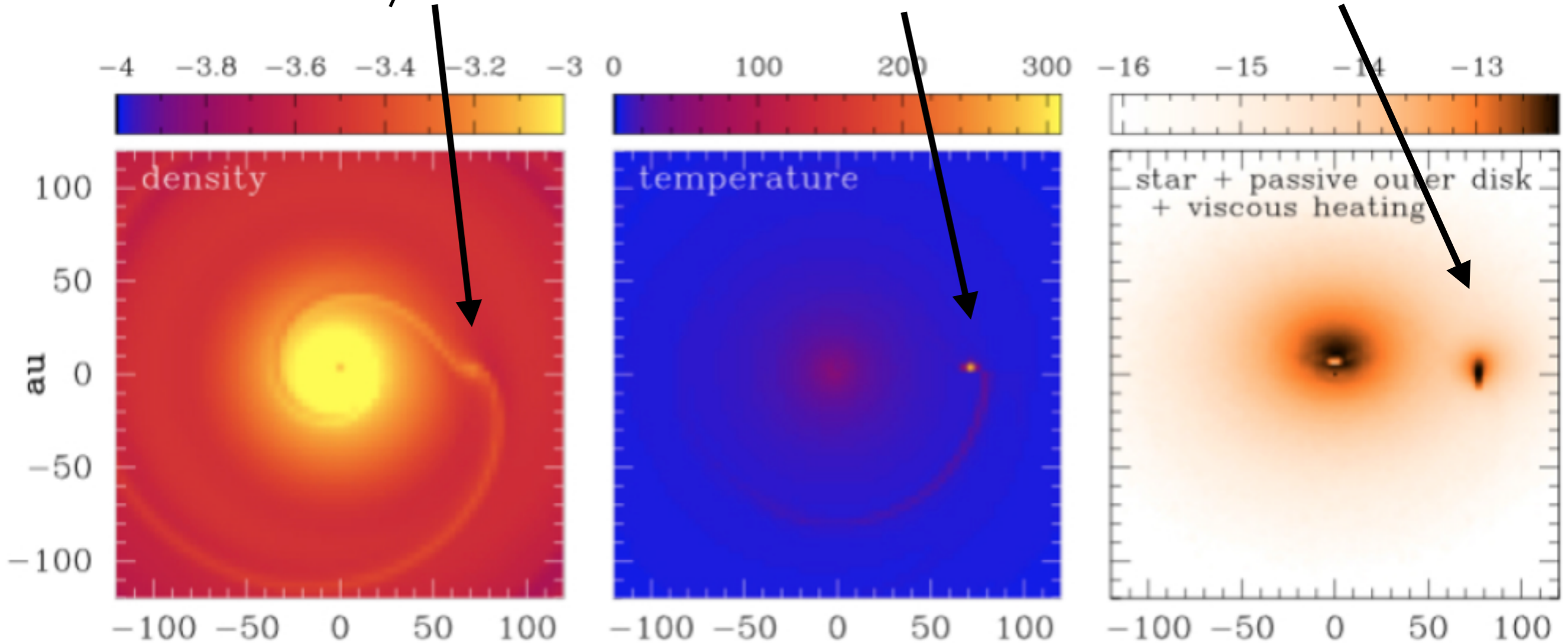


HD 169142 with NACO+AGPM
(Biller+ 2014)

- Avec les modèles d'évolution planétaire actuels, les flux en bande L de ces détections correspondraient à des naines brunes ($>15 M_{\text{Jup}}$)
- Or aucune perturbation majeure sur le disque aux alentours (pas de gap)
- Interprétation: protoplanète en accréation

Modèle proposé

Injection d'une protoplanète de $0.5 M_{\text{Jup}}$ avec feedback positif sur le taux d'accrétion:
accrétion stellaire \Rightarrow luminosité accrétion protoplanète $\nearrow \Rightarrow$ réchauffement visqueux
 \Rightarrow accrétion stellaire $\nearrow \dots$



(Montesinos et al. submitted)

Simulations hydrodynamiques (densité + température)
du système HD 100546

Transfert radiatif prenant le
résultat de la simulation hydro.

\Rightarrow création d'un "blob" chaud au flux similaire au candidat dans HD 100546

Plan de la présentation

1. Introduction: Formation planétaire et disques de transition
2. Premiers résultats: Spirales dans un disque de transition (ALMA)
3. Recherche de (proto)planètes dans des disques de transition
 - 3.1. Signatures d'accrétion planétaire en Br- γ (SINFONI)
 - 3.2. Recherche de protoplanètes en bande L (MagAO & NACO)
- 4. Synthèse des projets en cours**

Statut des projets

Recherche/Caractérisation de protoplanètes et imagerie de disques de transition (TD)

NACO+AGPM (bande L)

- 1^{ère} proposal pour P93 (2014A): rejetée car NACO décommissionné
- 2^{nde} proposal pour P94: rejetée (facteur de pression élevé)
- 3^{ème} proposal pour P95: acceptée!
Observations de 16 TDs ...annulées car le détecteur de NACO a rendu l'âme!
- 4^{ème} proposal soumise pour **10 TDs** en P96

MagAO/Clio2 (bande L)

- Premières observations de **5 TDs**... il y a 48h. Nuages puis système AO inopérant!
- Proposal soumise pour **4 autres TDs** pour 2015B

SINFONI (Br- γ)

- Travaux en cours pour une meilleure réduction des données de **5 TDs**

GPI (bandes Ks + H-polar)

- Proposal soumise pour 2015B: **2 TDs**

Spirales de HD 142527

ALMA

- Proposal soumise pour de meilleures observations des **spirales de HD 142527** en cycle 3.



Merci pour votre attention!