

Cygnus X et le plan Galactique vu par Herschel



**La formation stellaire vue par le
télescope spatial Herschel**

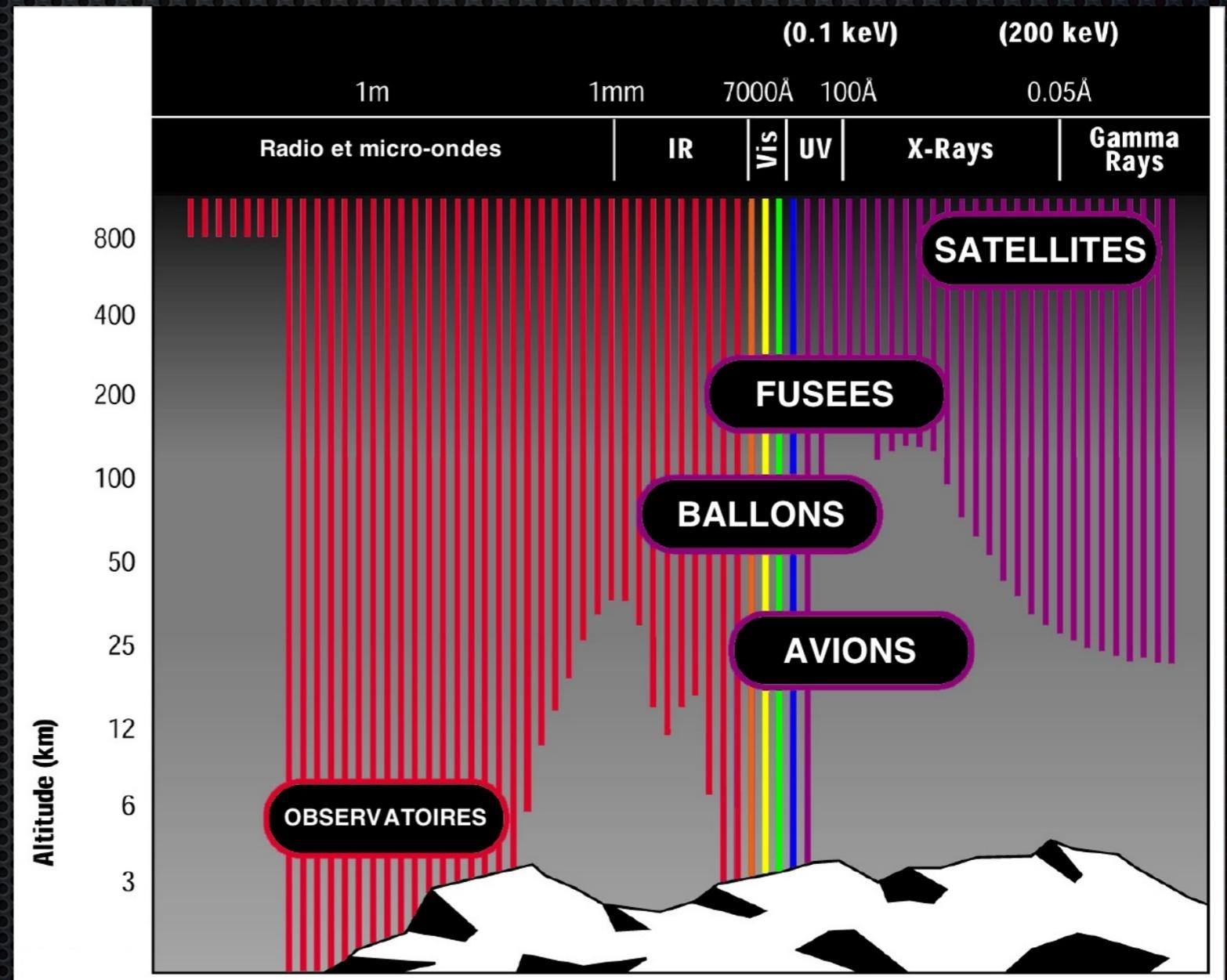
L'observatoire Spatial Herschel

- Télescope de 3.5m de diamètre, limité par la diffraction à $90\ \mu\text{m}$.
- En orbite au point L2 du système Terre-Soleil.
- 3 instruments pour le submillimétrique:
 - HIFI: spectroscopie hétérodyne haute résolution $100\text{-}600\ \mu\text{m}$.
 - PACS: Imagerie et spectro-imagerie à l'aide de photoconducteurs et de bolomètres dans la bande $60\text{-}200\ \mu\text{m}$.
 - SPIRE: Imagerie et spectro-imagerie à l'aide de bolomètres dans la bande $200\text{-}600\ \mu\text{m}$.
- Lancé en Mai 2009, le satellite a épuisé sa réserve d'Helium en Avril 2013, dépassant sa durée de vie prévue.

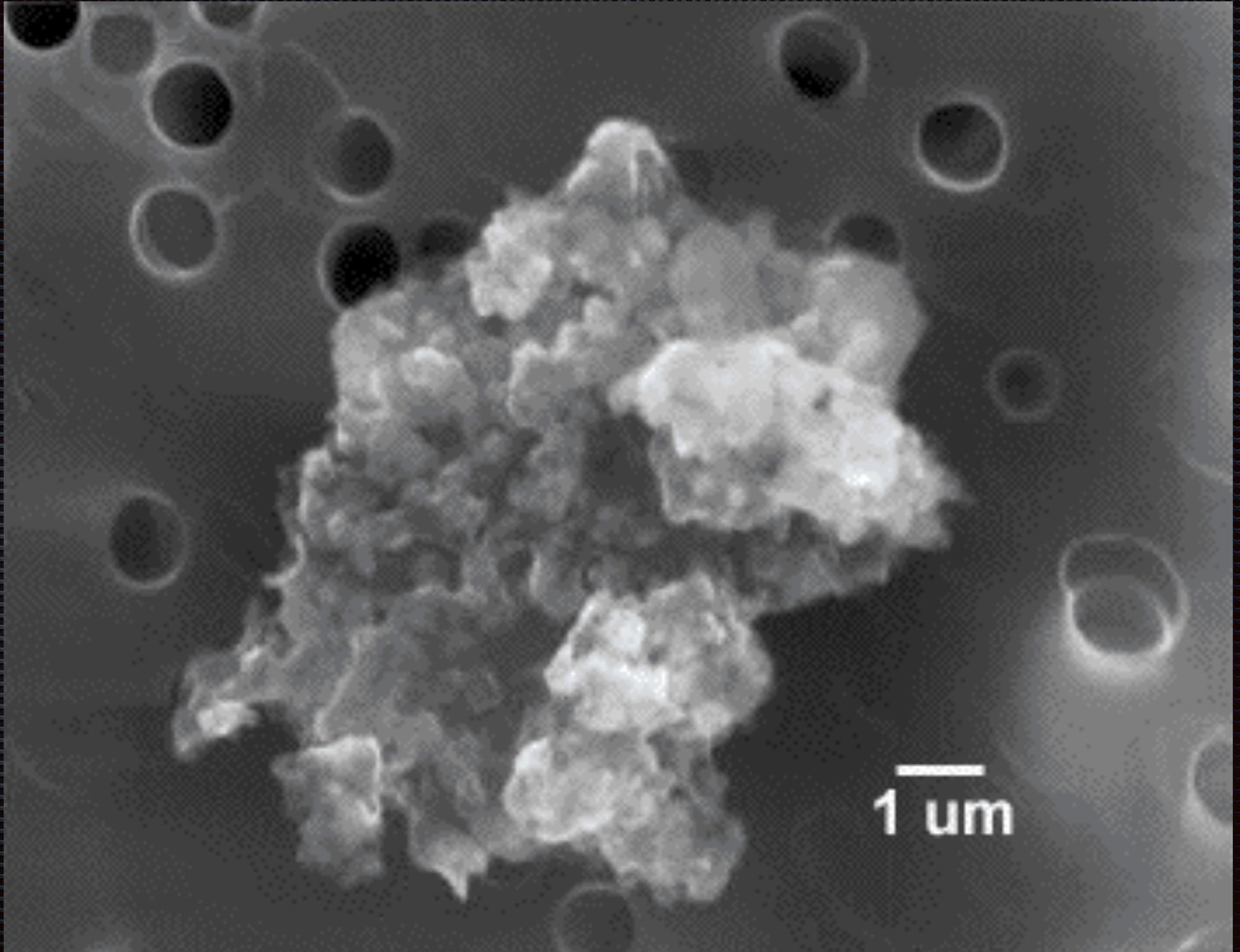


Le rayonnement infrarouge

- ✦ Un domaine de longueur d'onde difficile/impossible à exploiter du sol
- ✦ Domaine privilégié d'émission des corps froids de l'univers:
 - ✦ Fond cosmologique et galaxies lointaines
 - ✦ Régions de formation d'étoiles
 - ✦ Milieu interstellaire

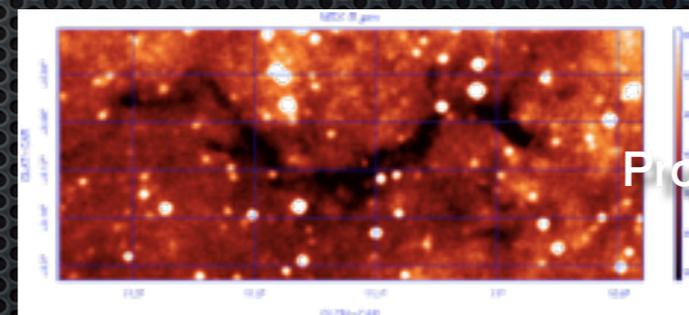
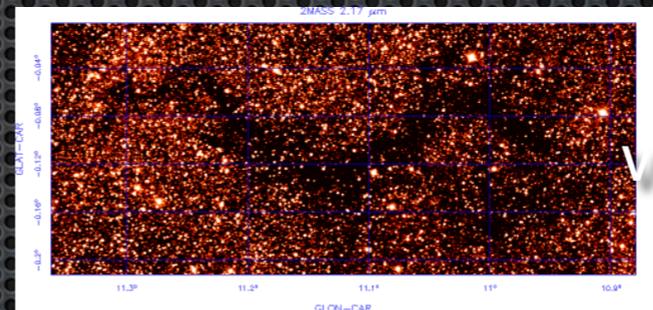
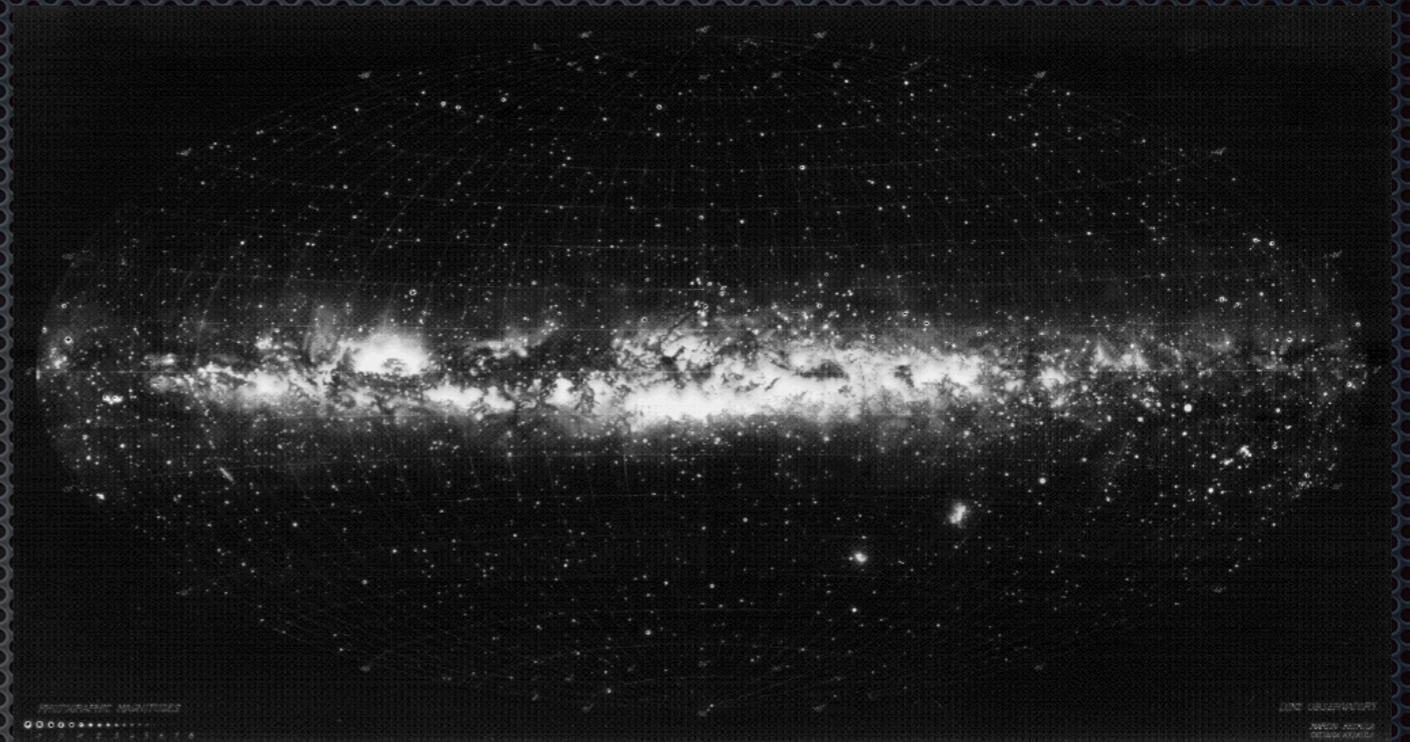


Les deux faces de la poussière



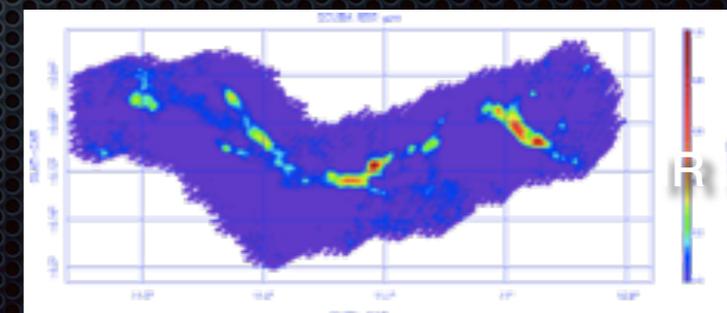
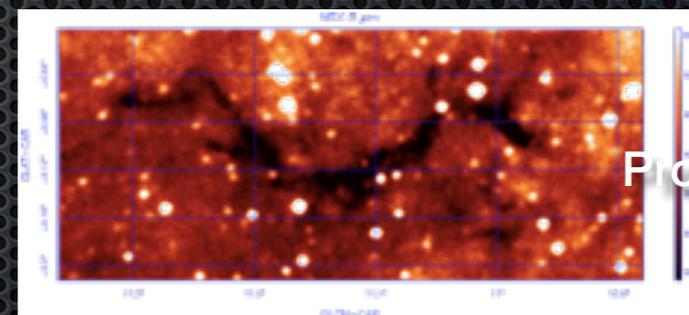
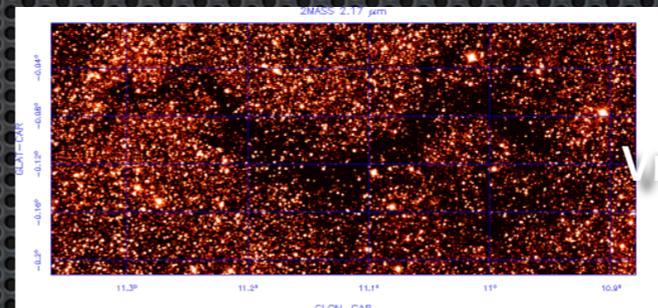
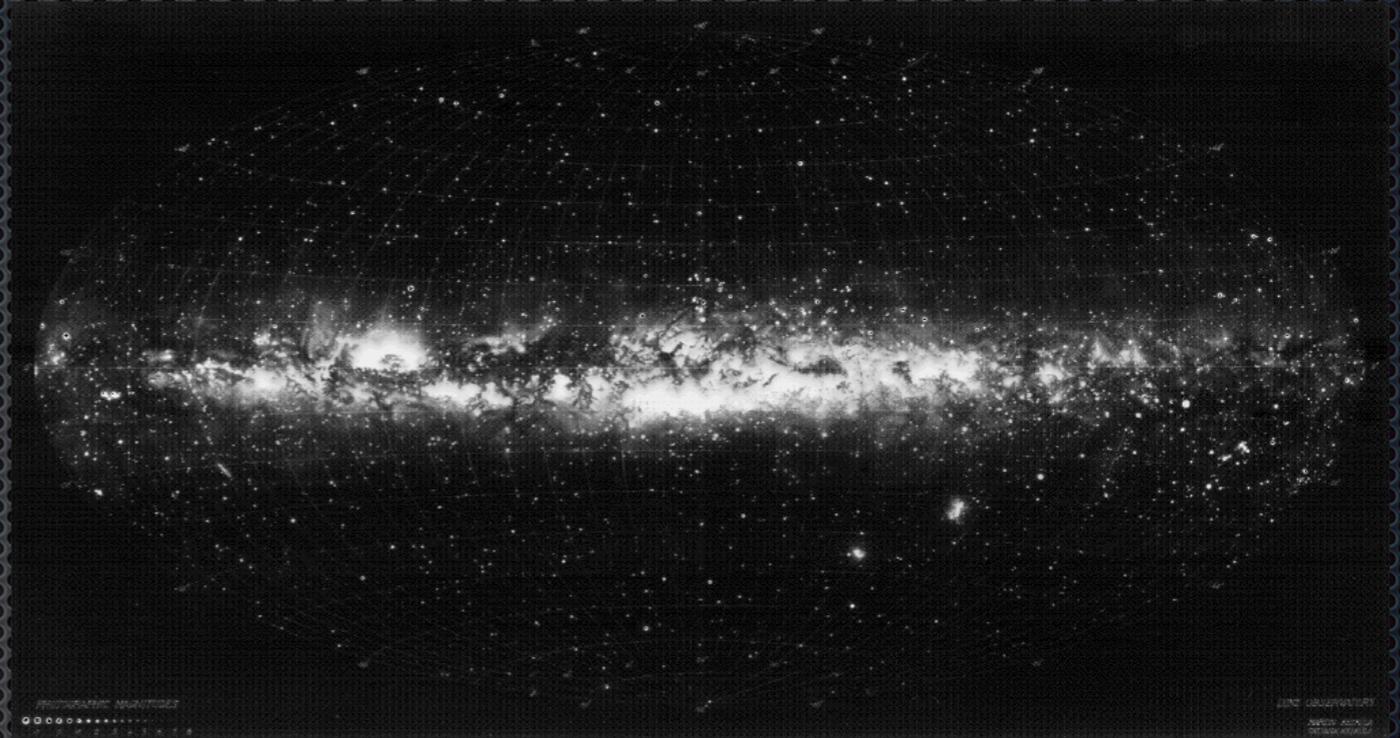
Les deux faces de la poussière

- Elle fait écran au rayonnement, des étoiles par exemple, et interdit qu'il pénètre ou qu'il sorte des milieux denses



Les deux faces de la poussière

- Elle fait écran au rayonnement, des étoiles par exemple, et interdit qu'il pénètre ou qu'il sorte des milieux denses
- L'émission de la poussière elle-même permet de voir indirectement les sources d'énergies dans ces milieux denses
- Elle est présente (presque) partout et son émission agit comme un thermomètre du milieu interstellaire
- Dans les régions les plus froides, sans étoiles par exemple, elle est souvent le seul traceur disponible

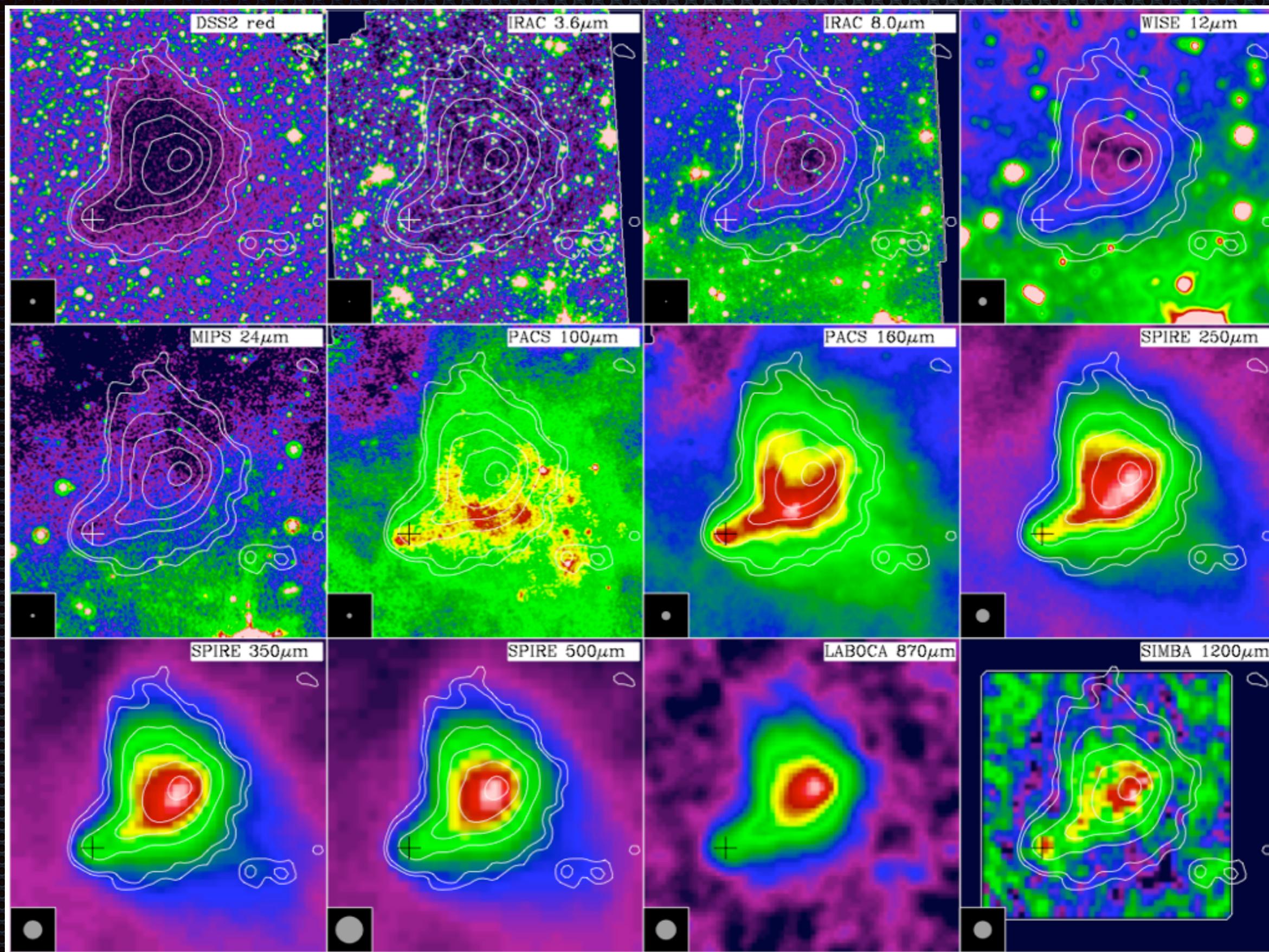




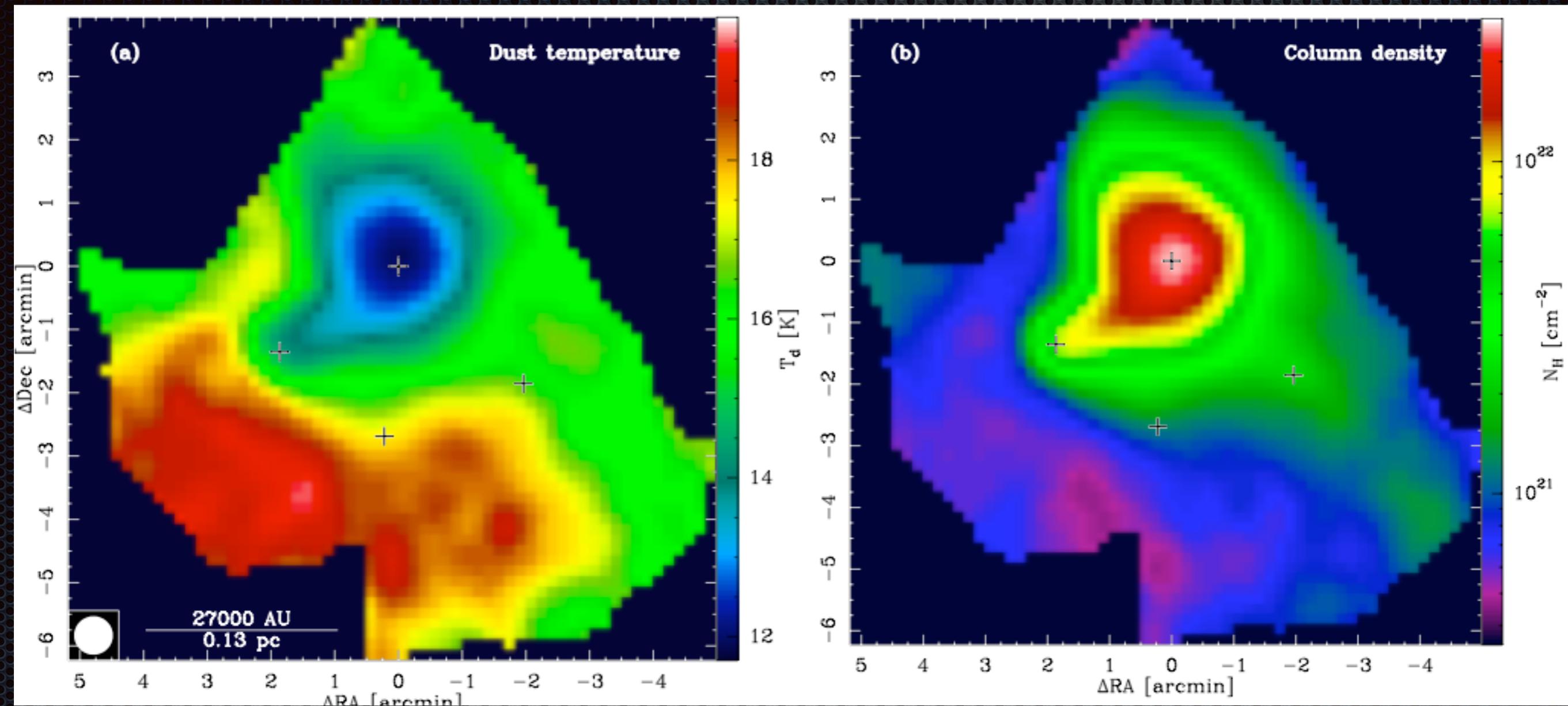
Barnard 68, un exemple de l'utilité de l'infrarouge



Barnard 68, un exemple de l'utilité de l'infrarouge



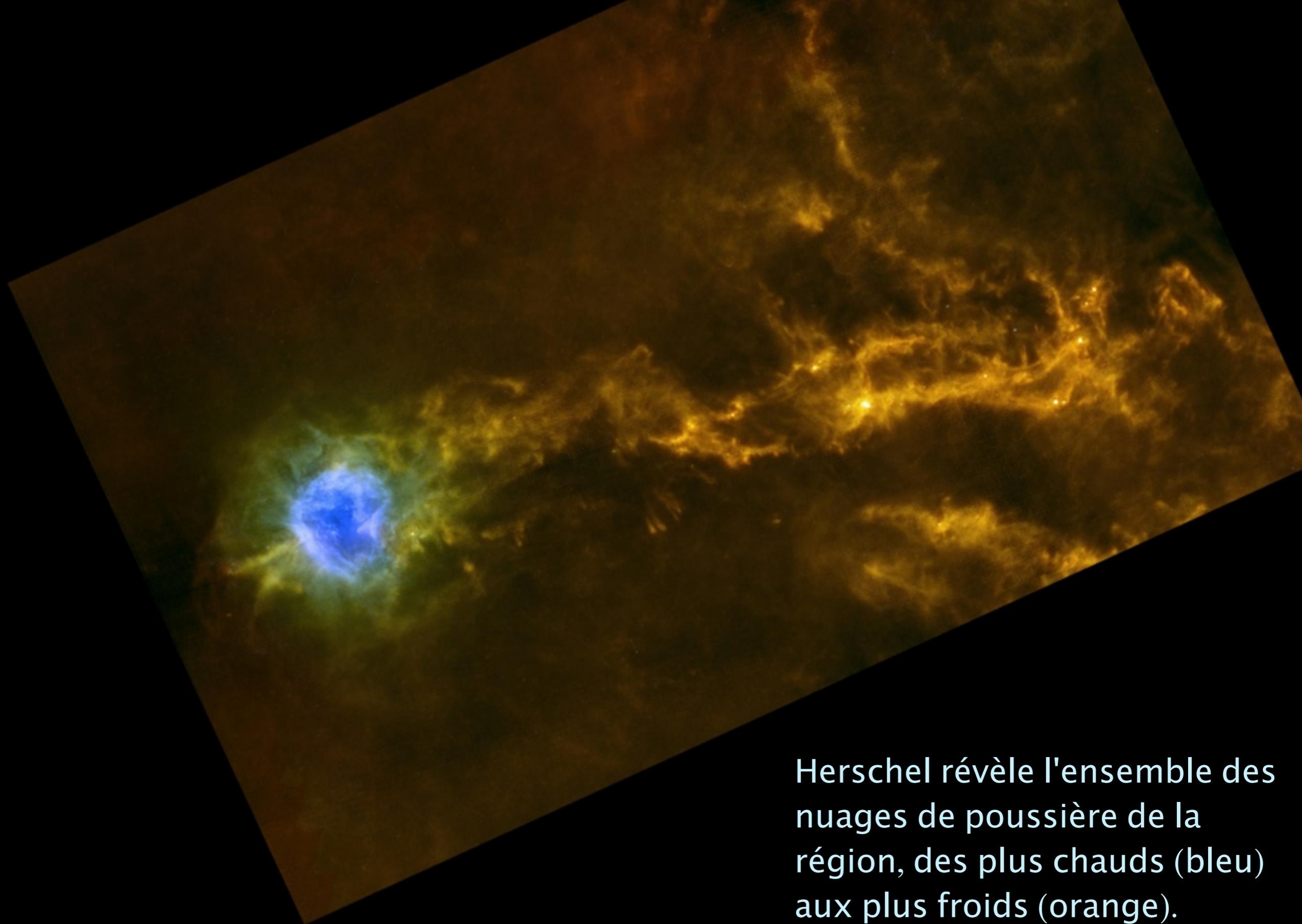
Barnard 68, un exemple de l'utilité de l'infrarouge



Grâce aux modèles d'émission de la poussière interstellaire, l'émission donne accès aux quantités physiques: température et densité.



La nébuleuse du cocon: en optique, seule la région ionisée par les étoiles massives est brillante. Des nuages sombres apparaissent en ombre chinoise sur le fond d'étoiles de la Galaxie



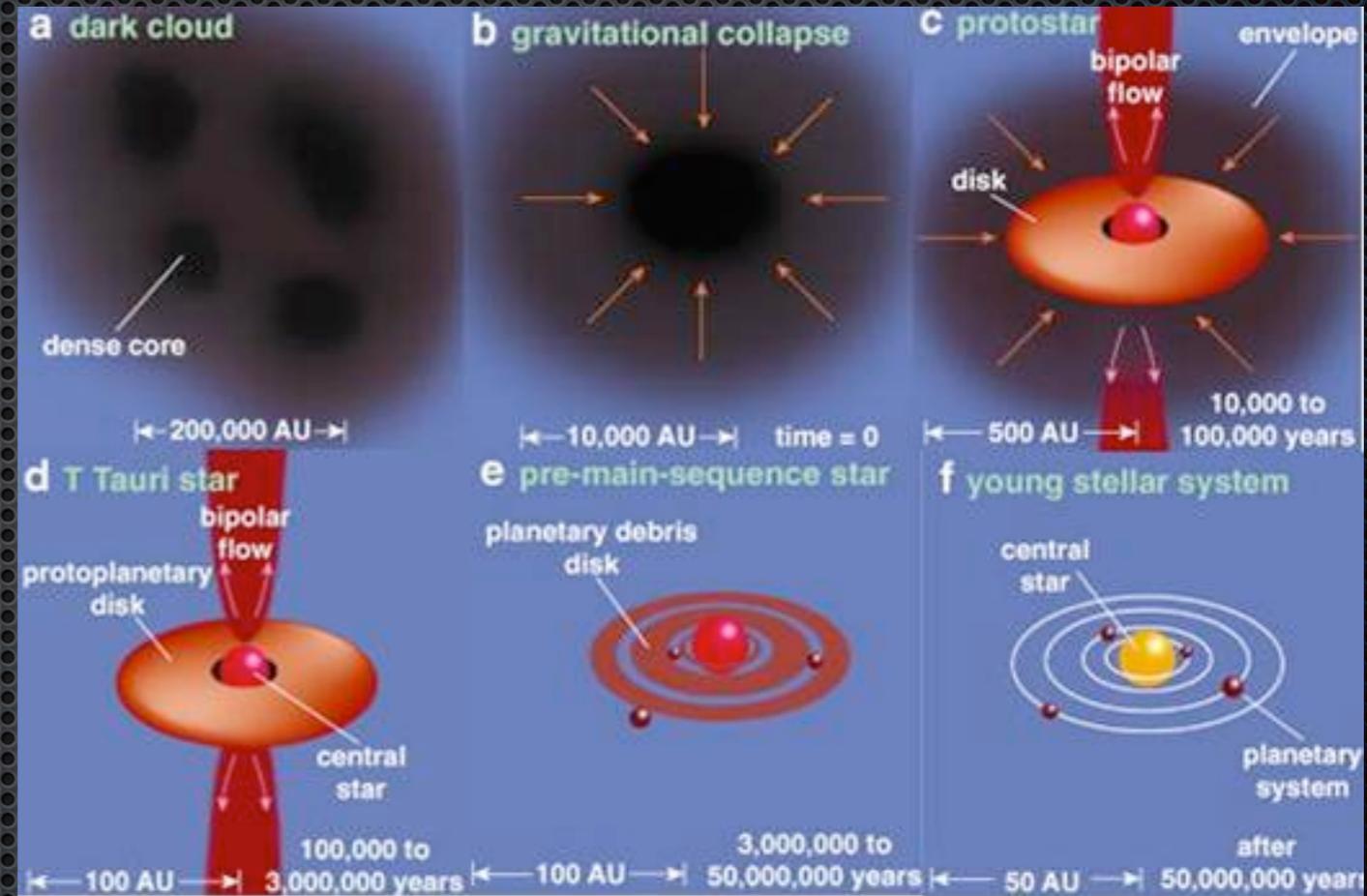
Herschel révèle l'ensemble des nuages de poussière de la région, des plus chauds (bleu) aux plus froids (orange).

Les grandes questions liées à la formation des étoiles

200 000 AU = 1 pc

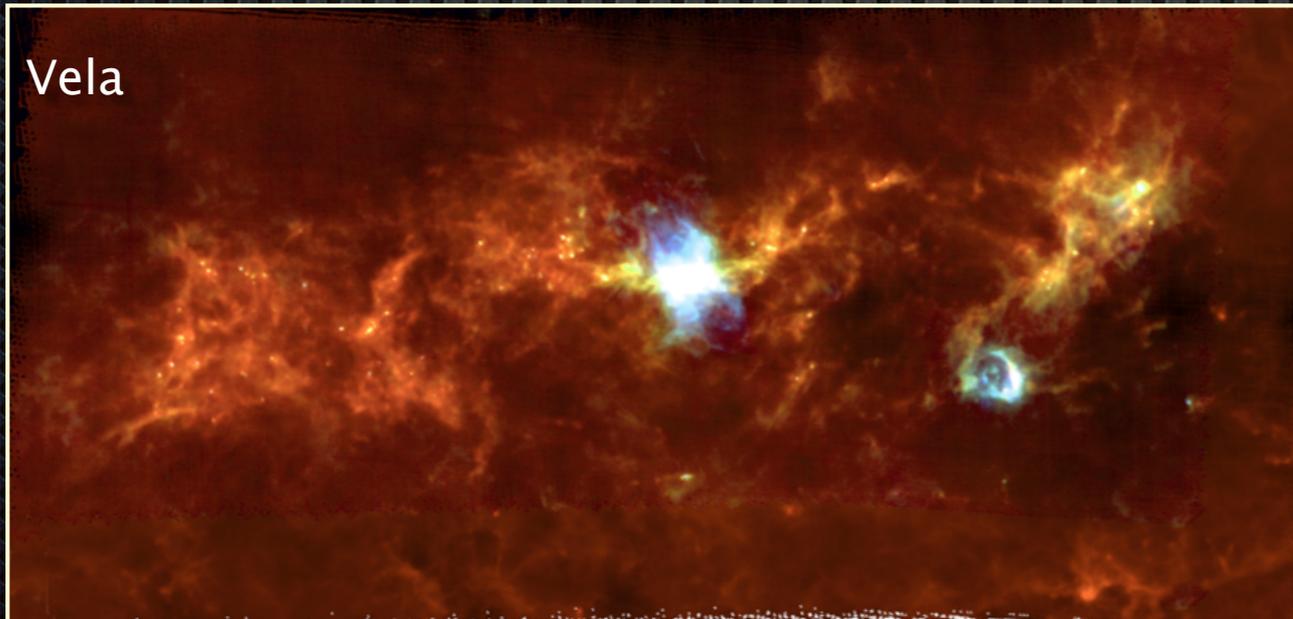
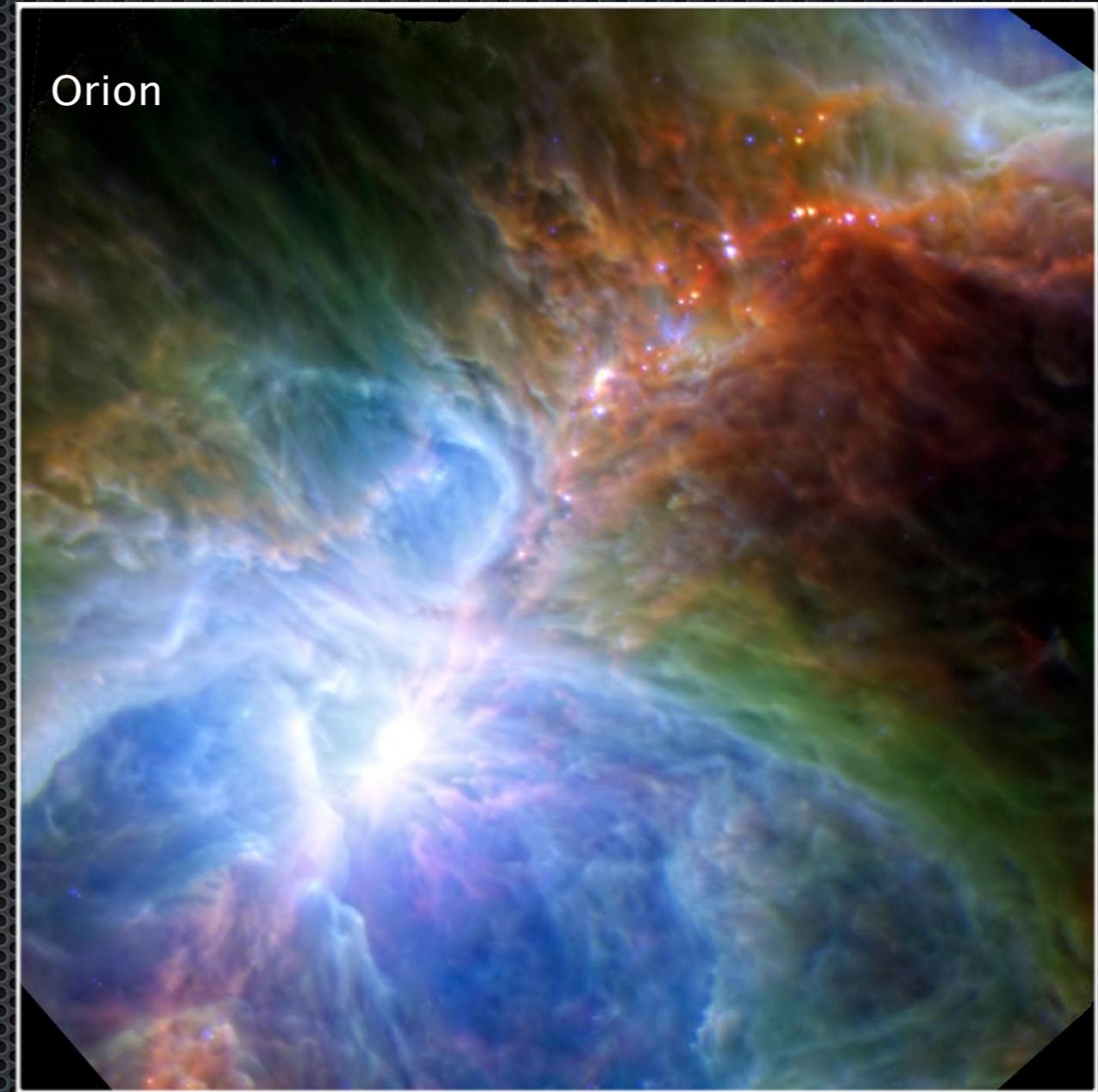
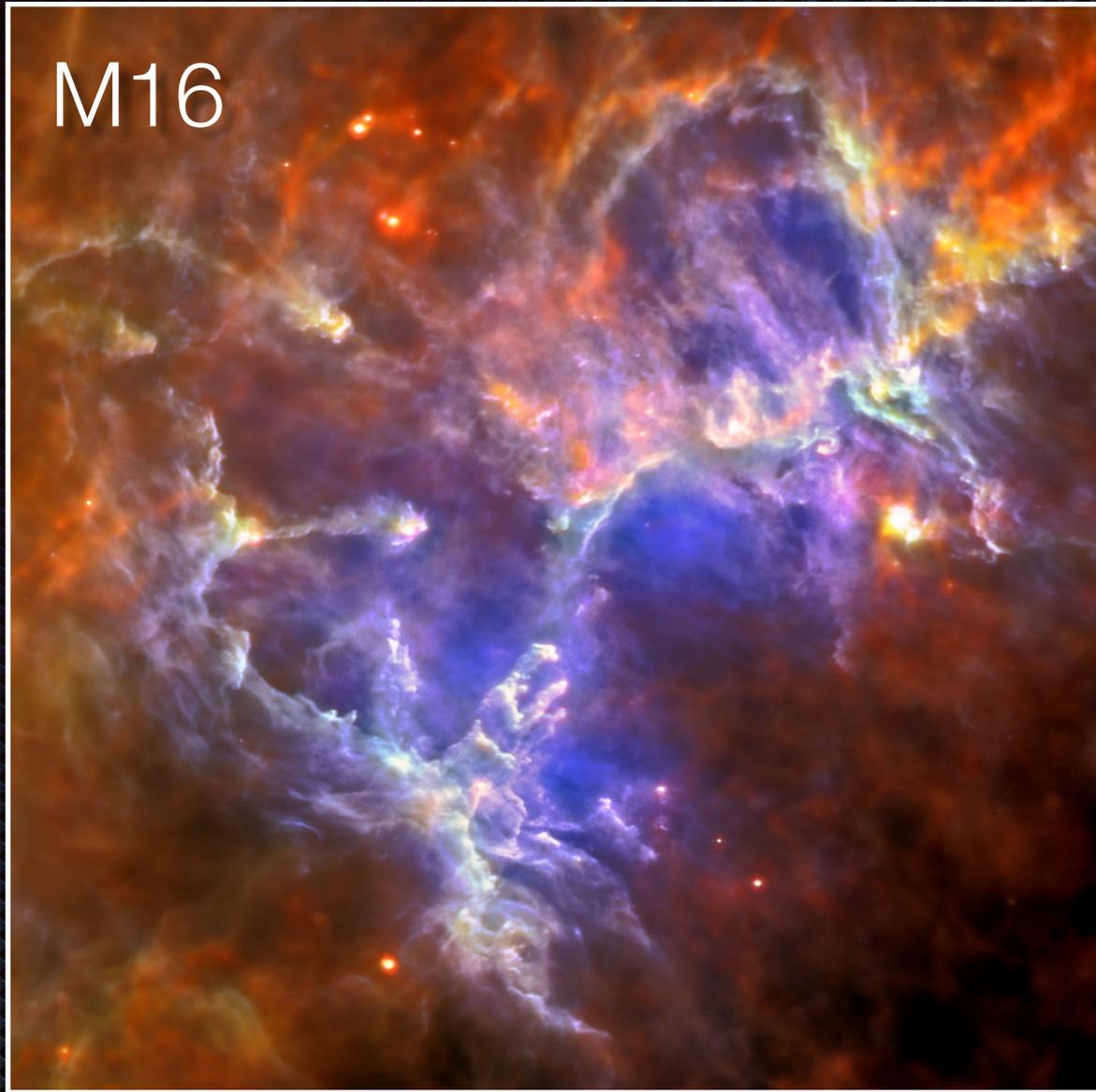
- ✦ Quel scénario pour la formation des étoiles?
- ✦ A quelle phase la masse de l'étoile est-elle déterminée?
- ✦ Quel(s) mécanisme(s) déclenche(nt) le processus?
- ✦ Bi-modalité (faible/forte masse) de la fonction de masse des étoiles?
- ✦ Origine des lois d'échelles observées dans les galaxies?

demain aujourd'hui hier

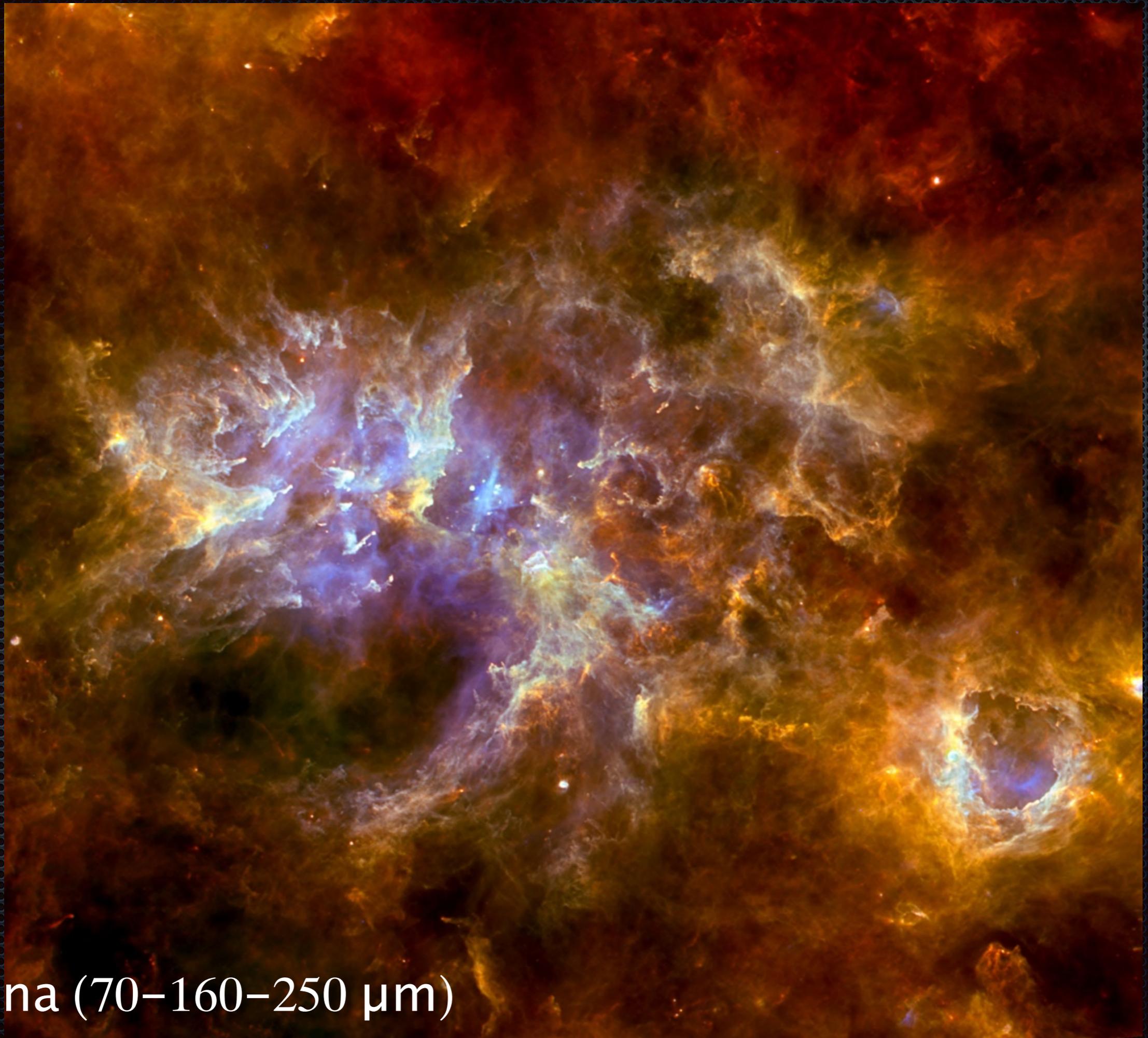


Formation d'étoiles dans la Galaxie

Formation d'étoiles dans la Galaxie

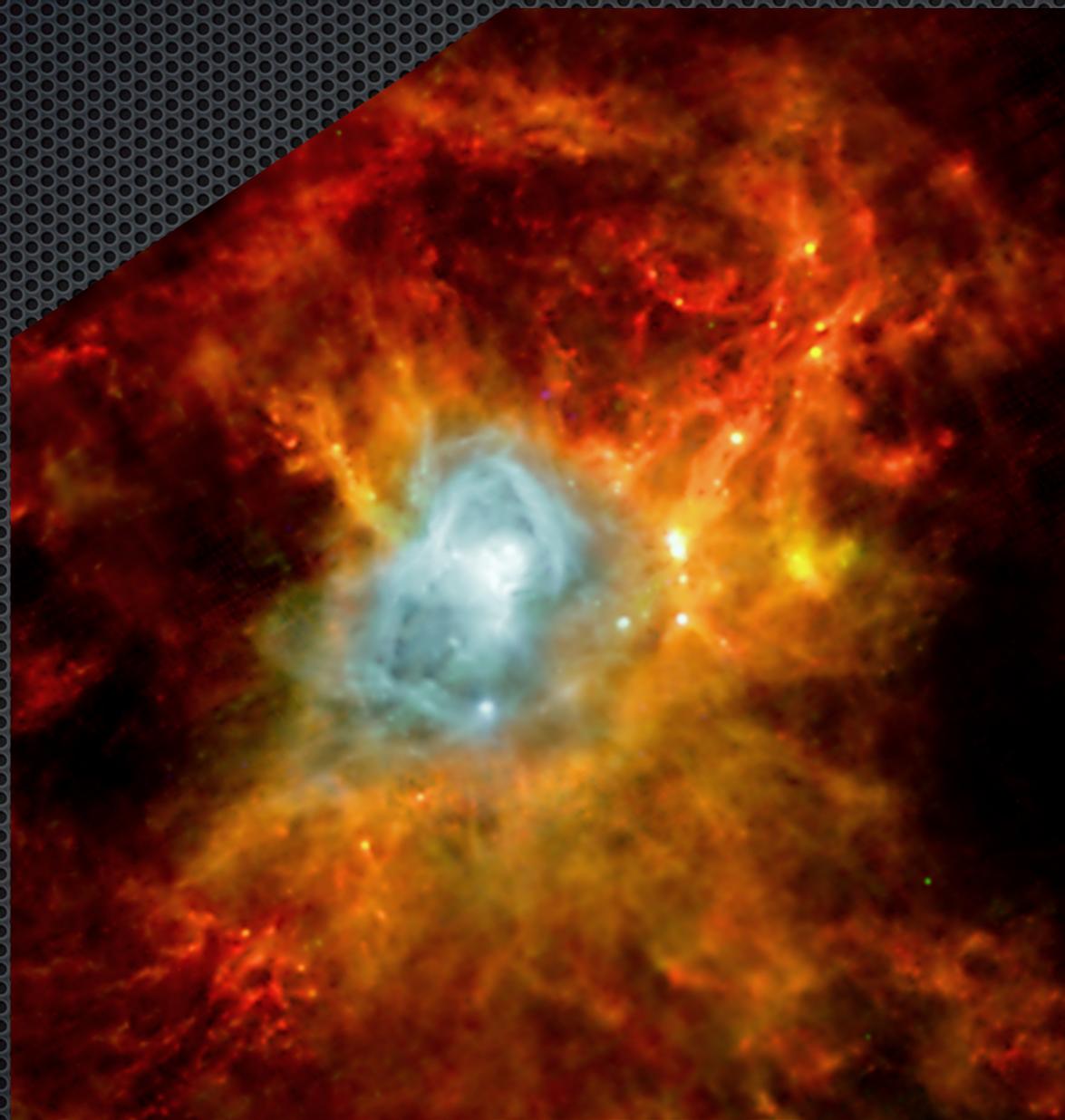


Bleu: 8+24 μm
Vert: 70 μm
Rouge: 100 μm



Carina (70–160–250 μm)

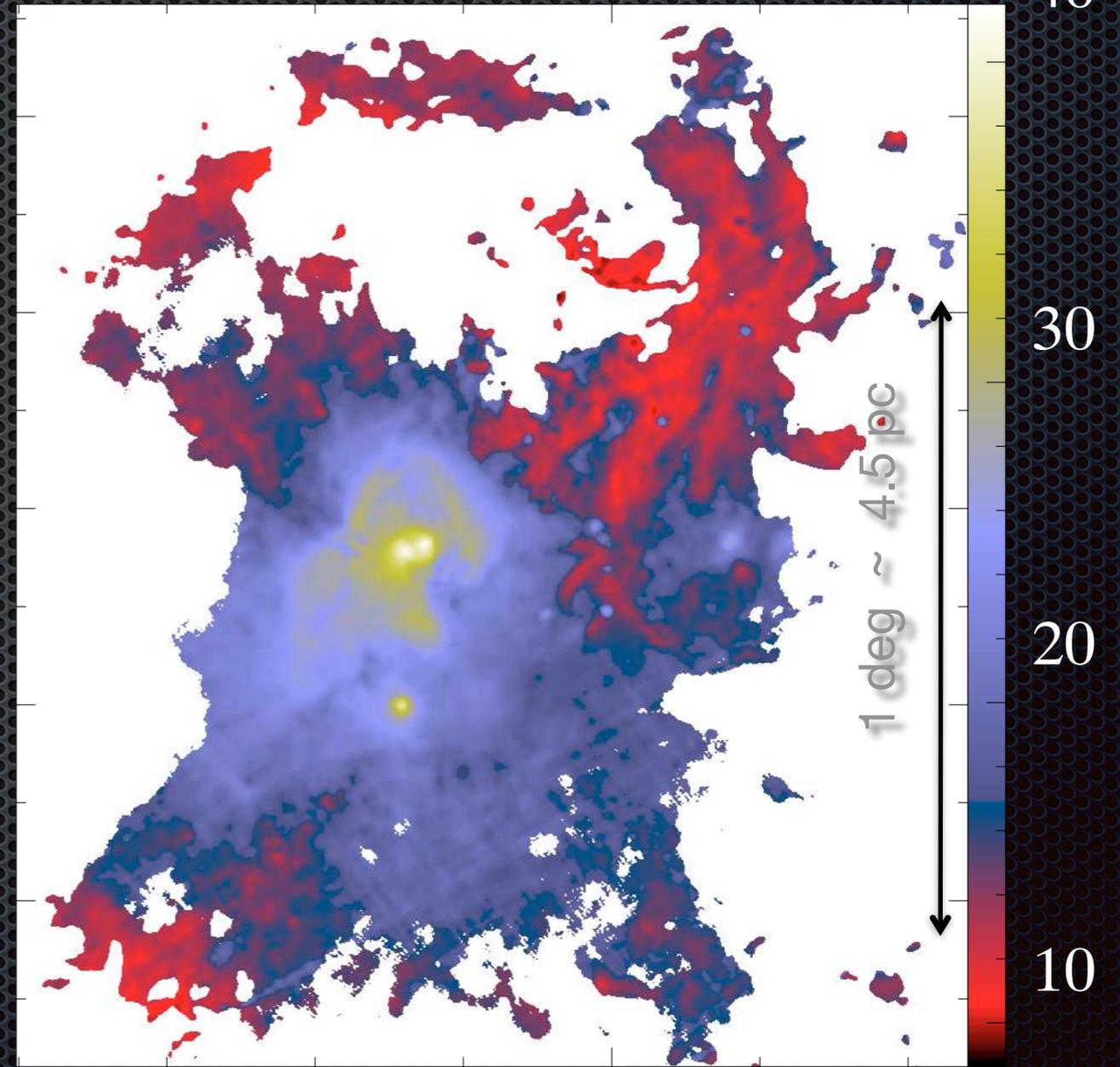
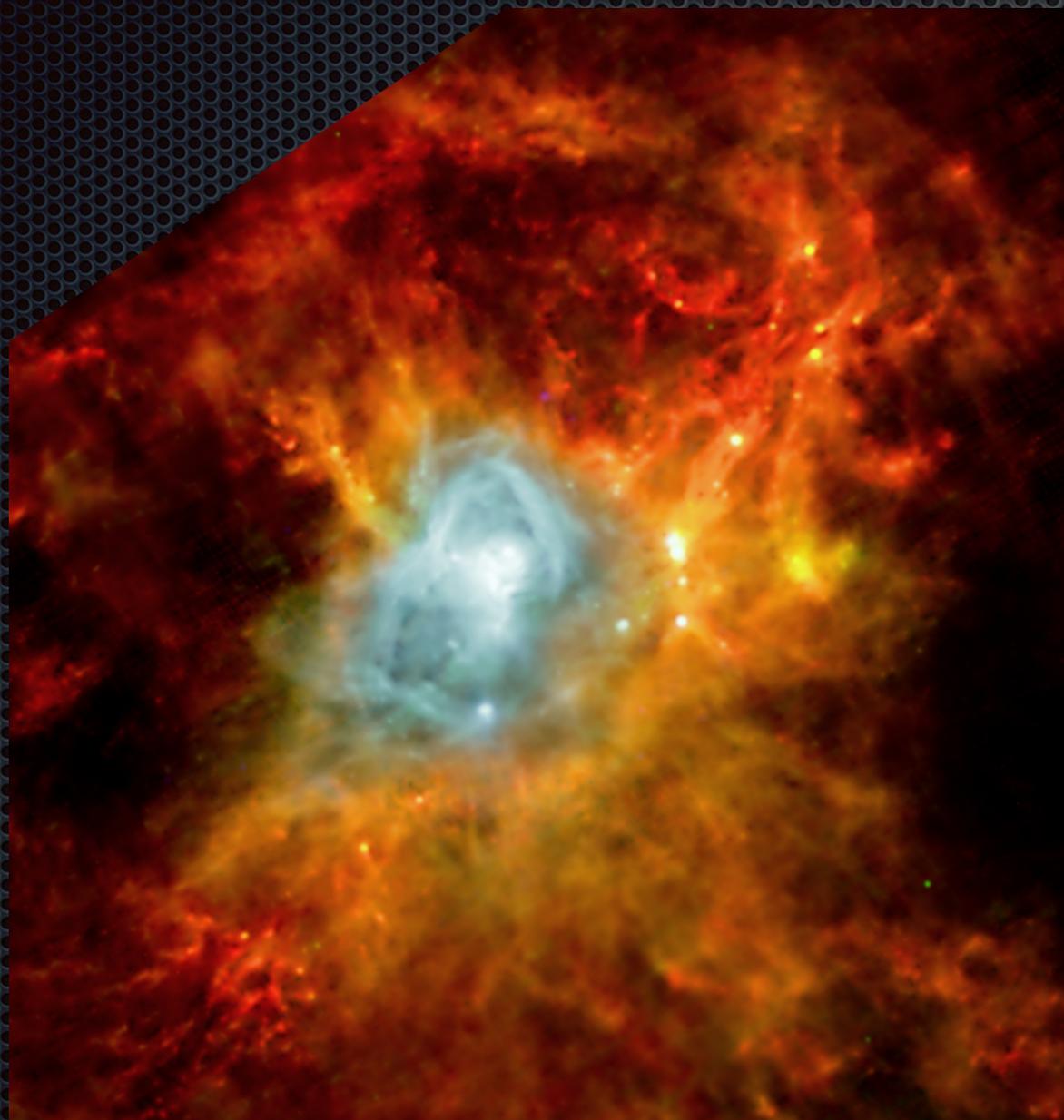
Une analyse quantitative des nuages interstellaires



Aquila

Une analyse quantitative des nuages interstellaires

Température des poussières (K)



Aquila

Une analyse quantitative des nuages interstellaires

Température des poussières (K)

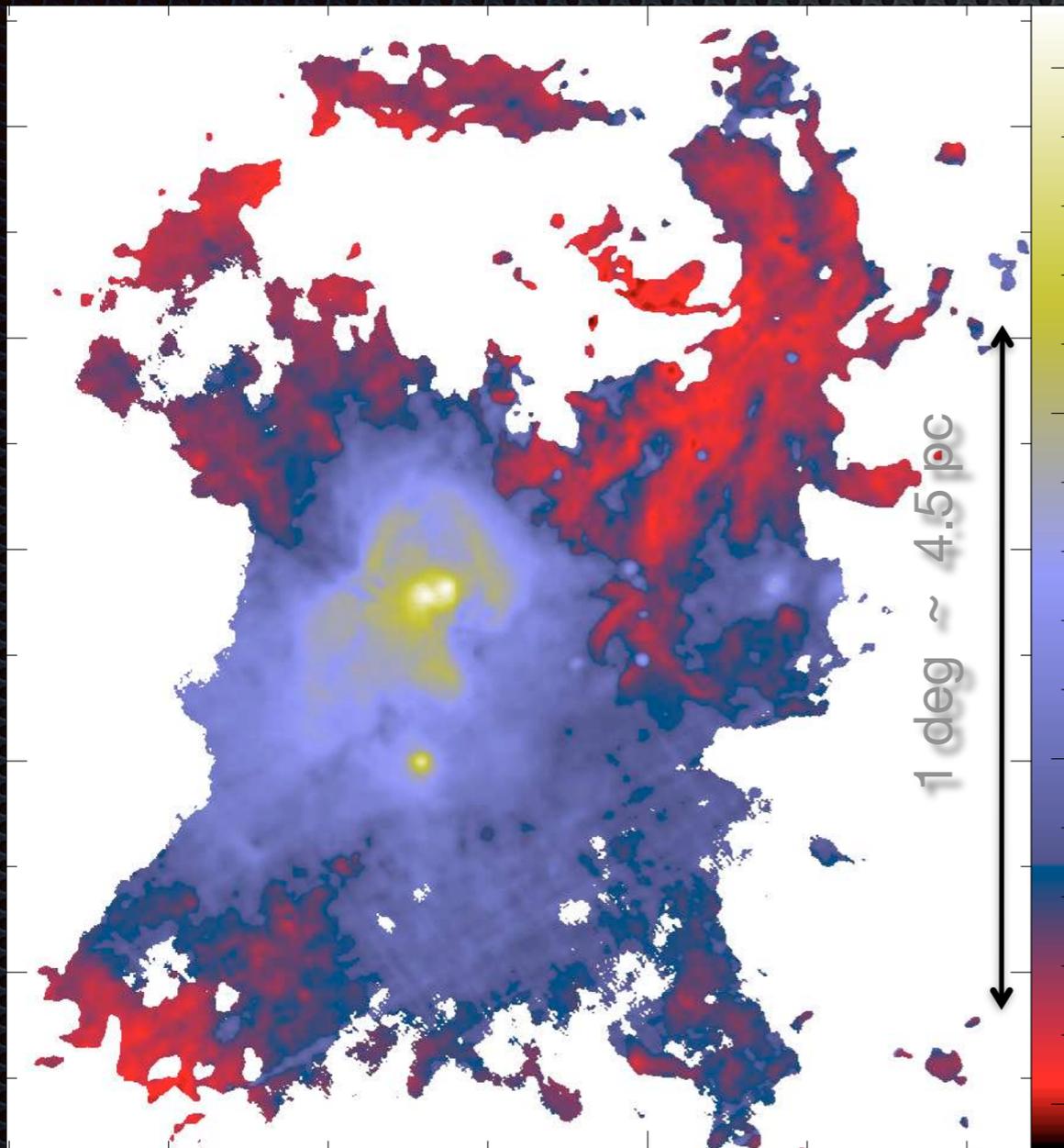
40

30

20

10

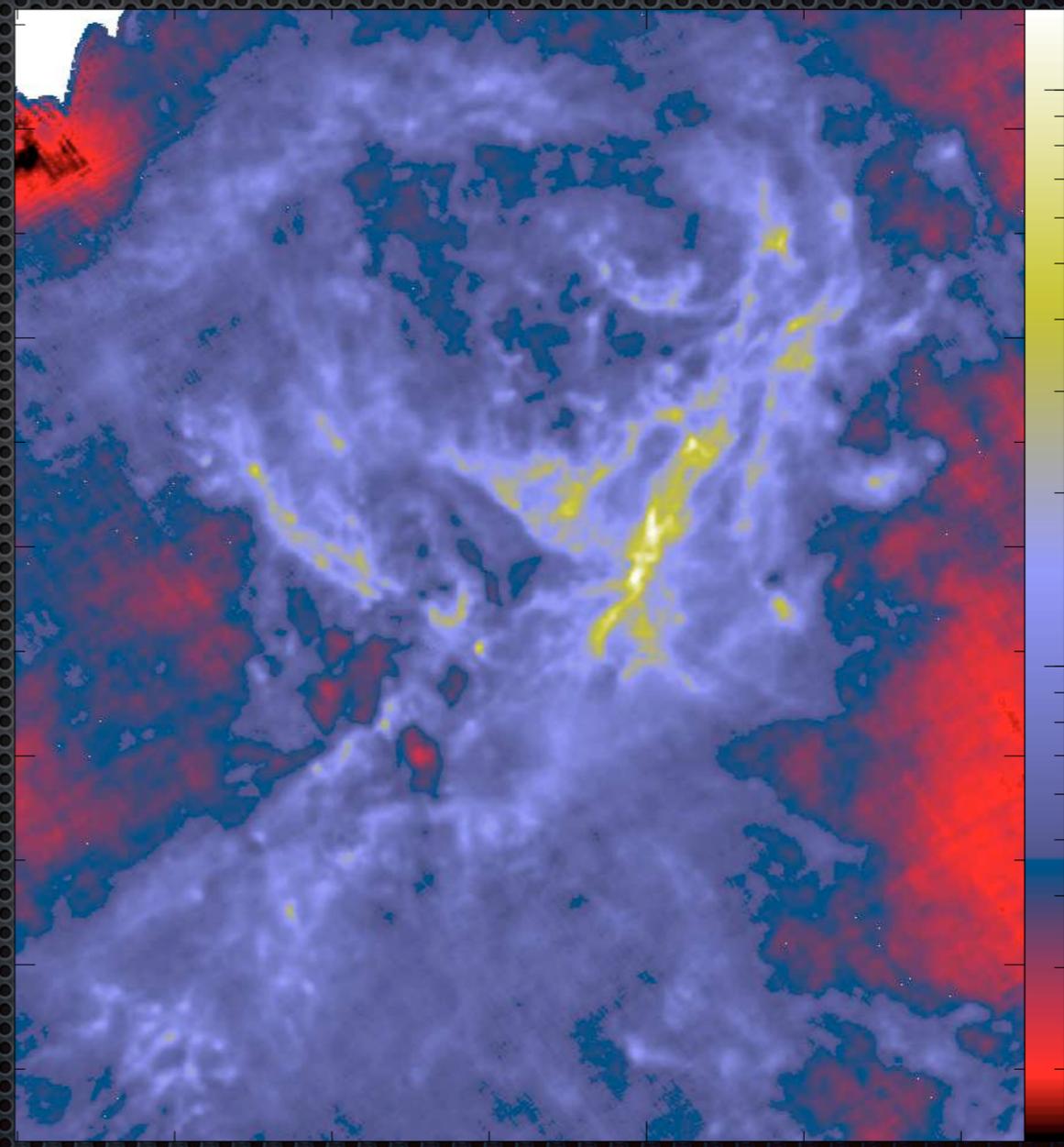
1 deg ~ 4.5 pc



Densité colonne (H_2/cm^2) 10^{23}

10^{22}

10^{21}

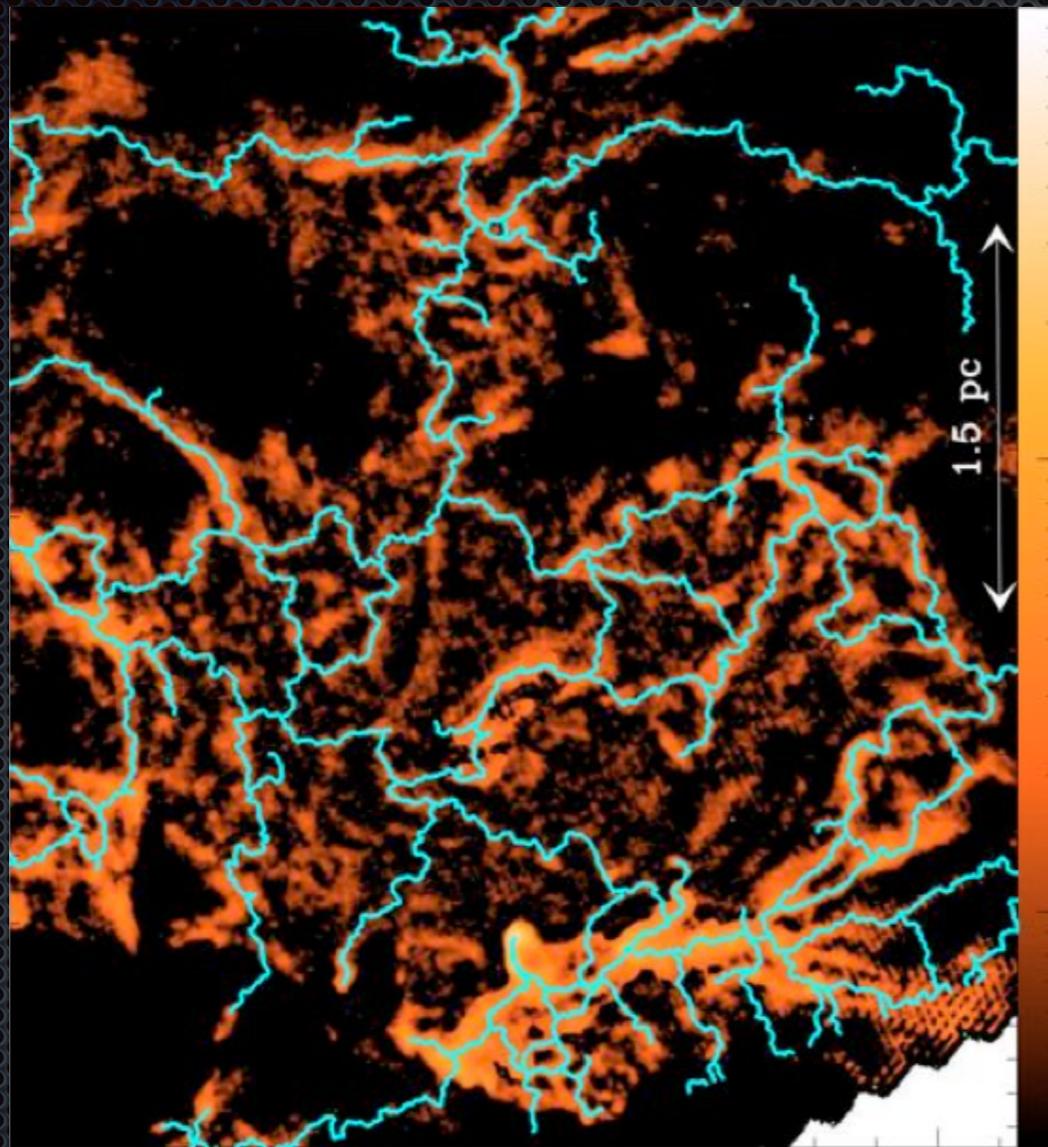


Aquila

Réseau de filaments dans tous les nuages interstellaires

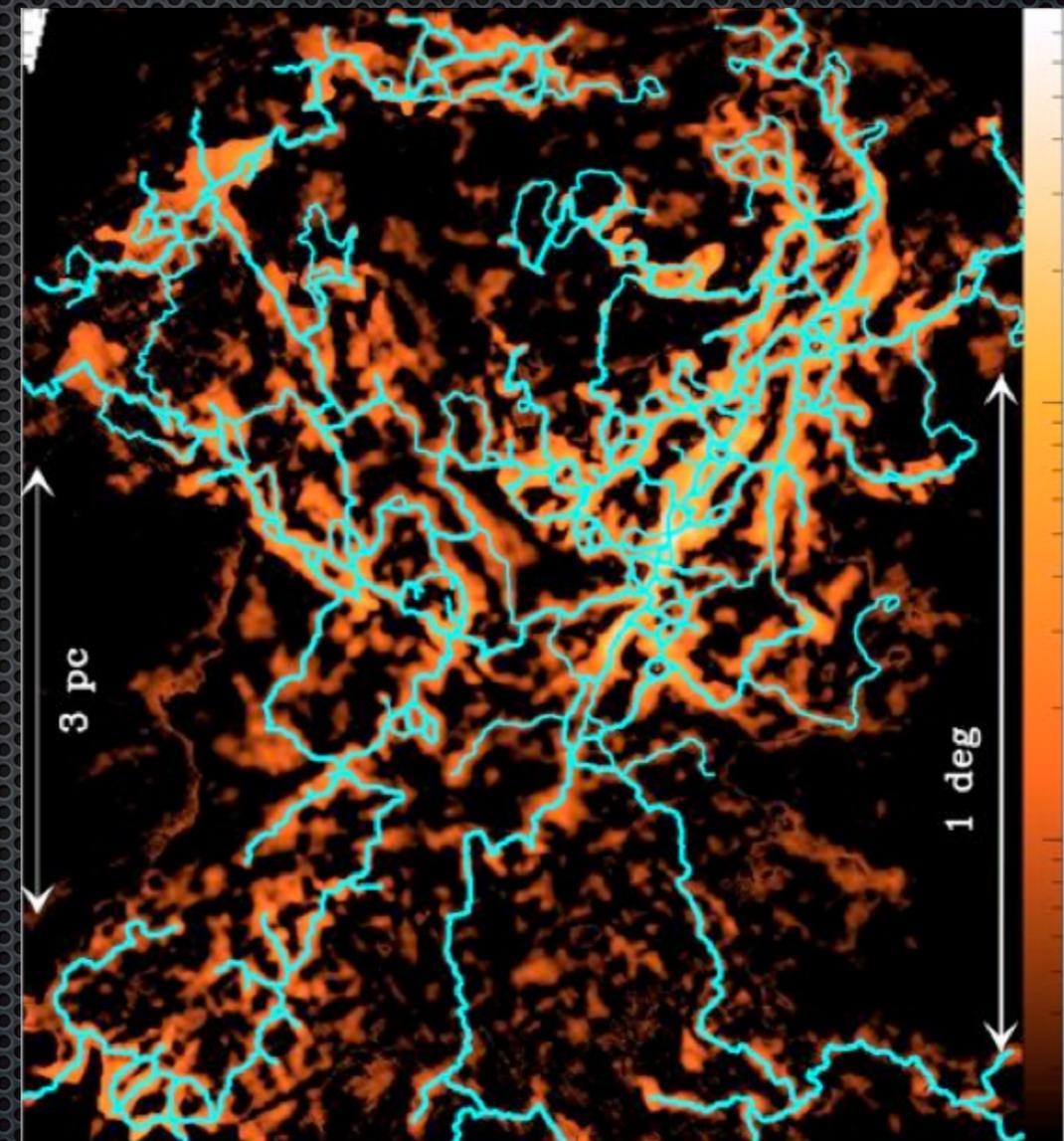
Détection et mesure des filaments à l'aide d'algorithmes mathématiques

Pas de formation stellaire



Réseau de filaments dans Polaris

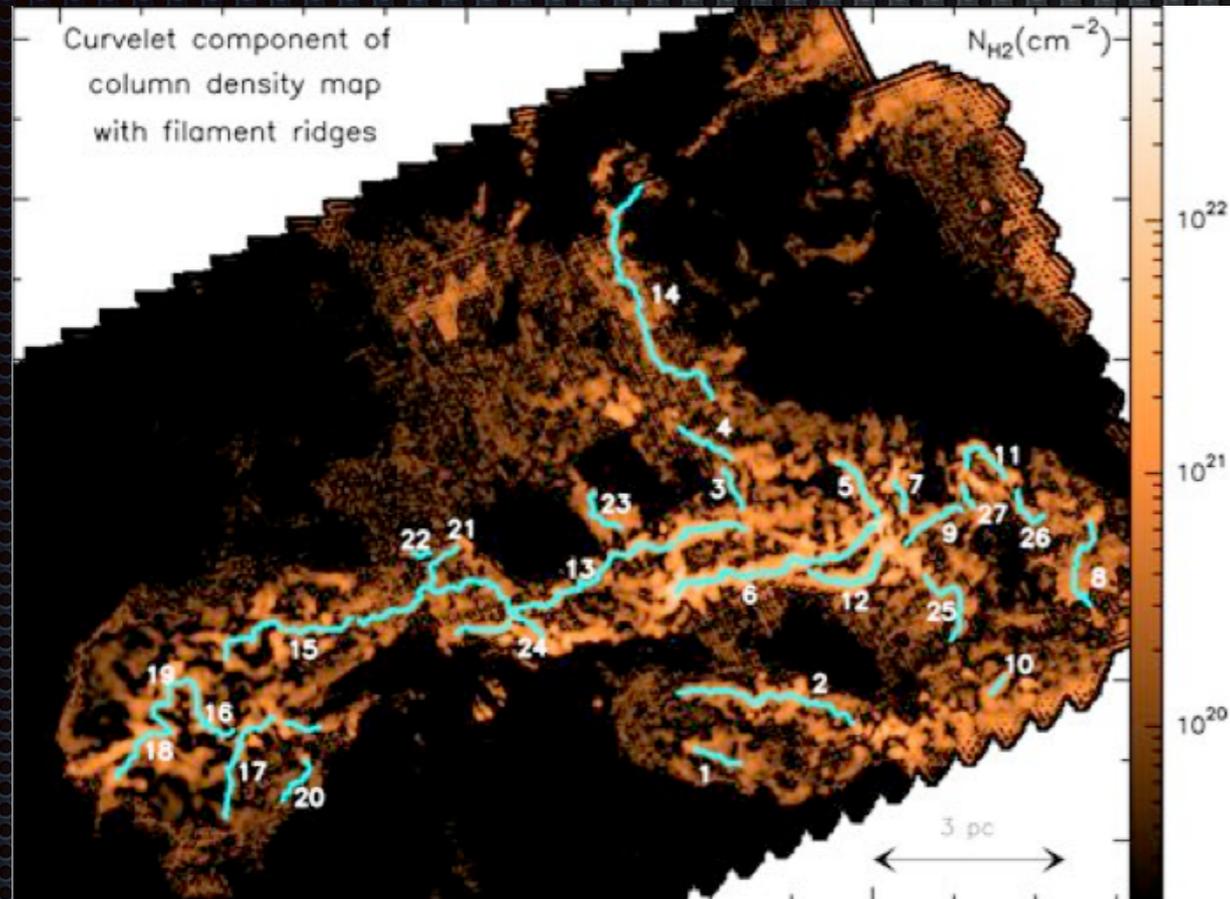
Formation stellaire active



Réseau de filaments dans Aquila

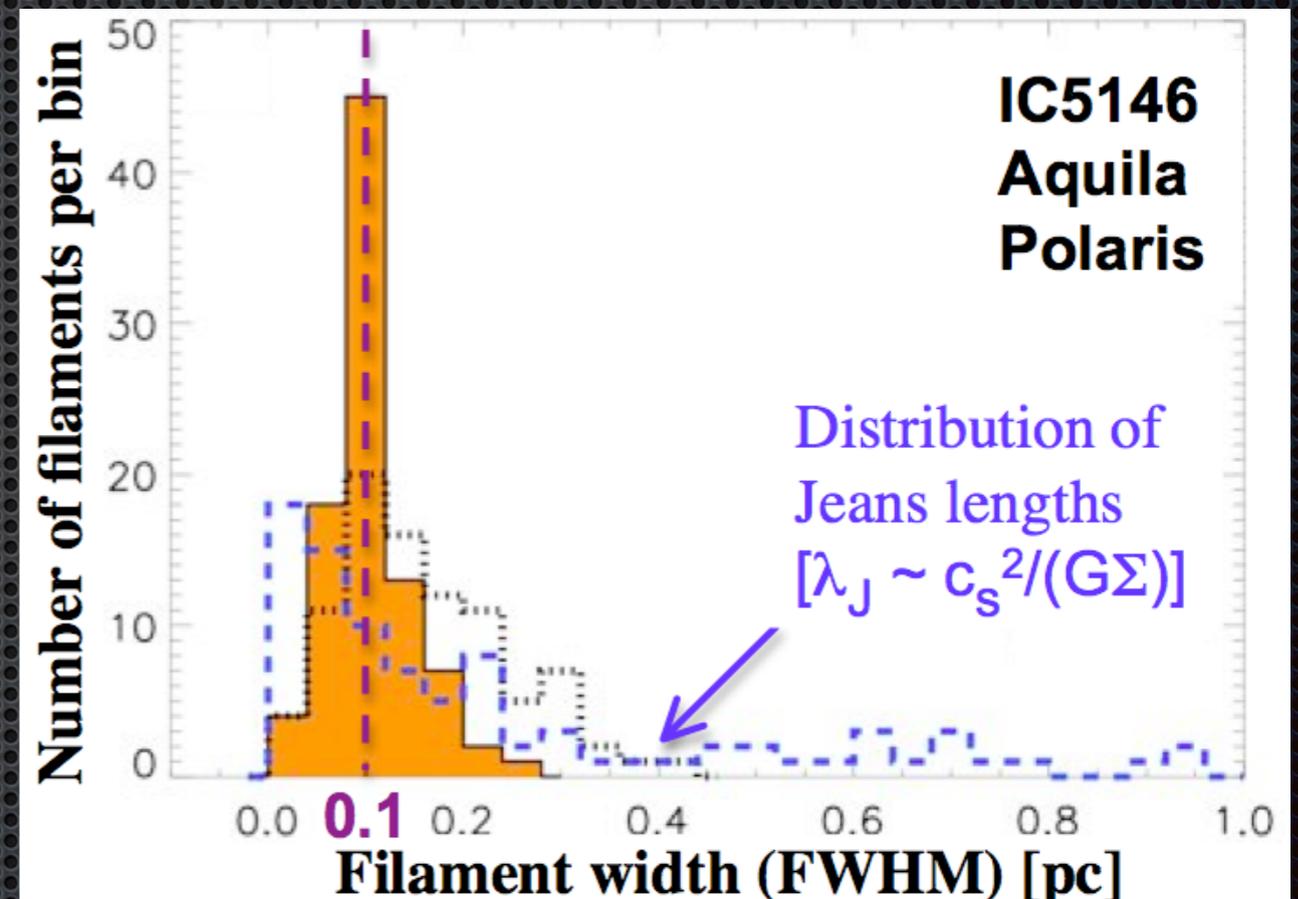
Découverte d'une largeur caractéristique des filaments

Réseau de filament dans IC5146



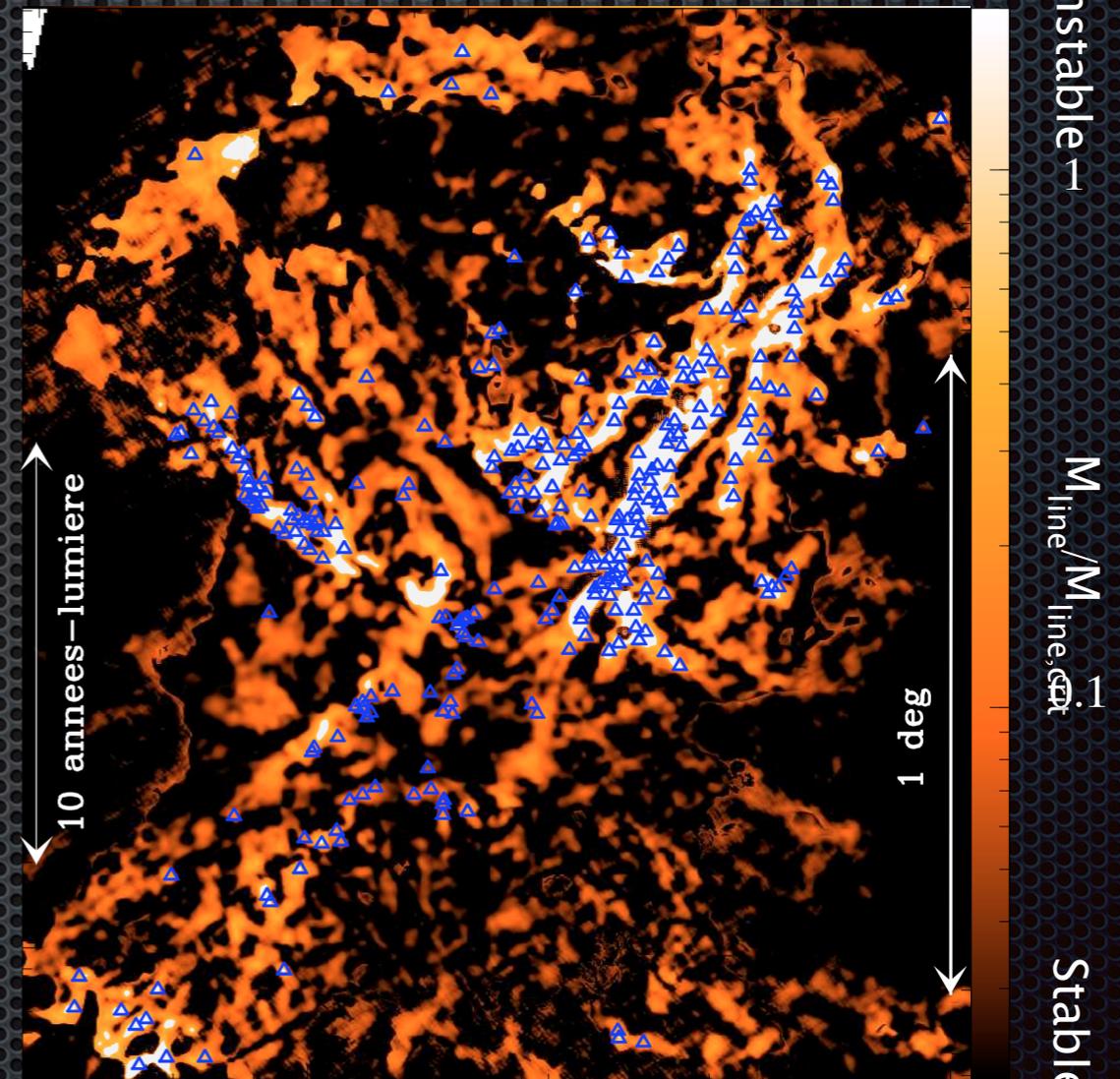
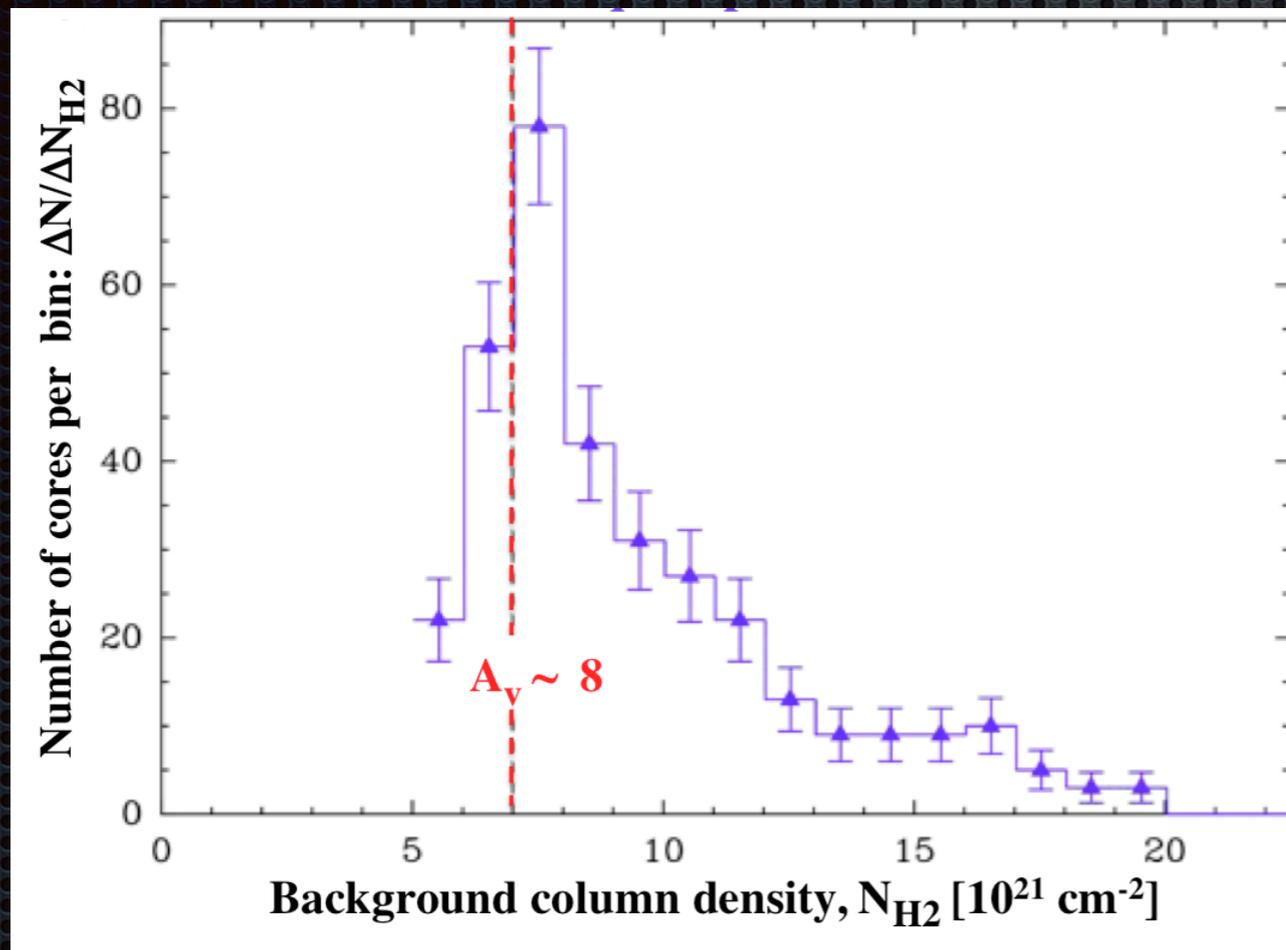
Détection et mesure des filaments à l'aide de l'algorithme DisPerSe (Sousbie 2011)

Histogramme de la largeur des filaments



La largeur caractéristique, 0.1 pc est compatible avec l'interprétation que les filaments se forment sous l'effet de la dissipation de la turbulence interstellaire

les cœurs pré-stellaires se forment à partir d'un seuil critique de densité



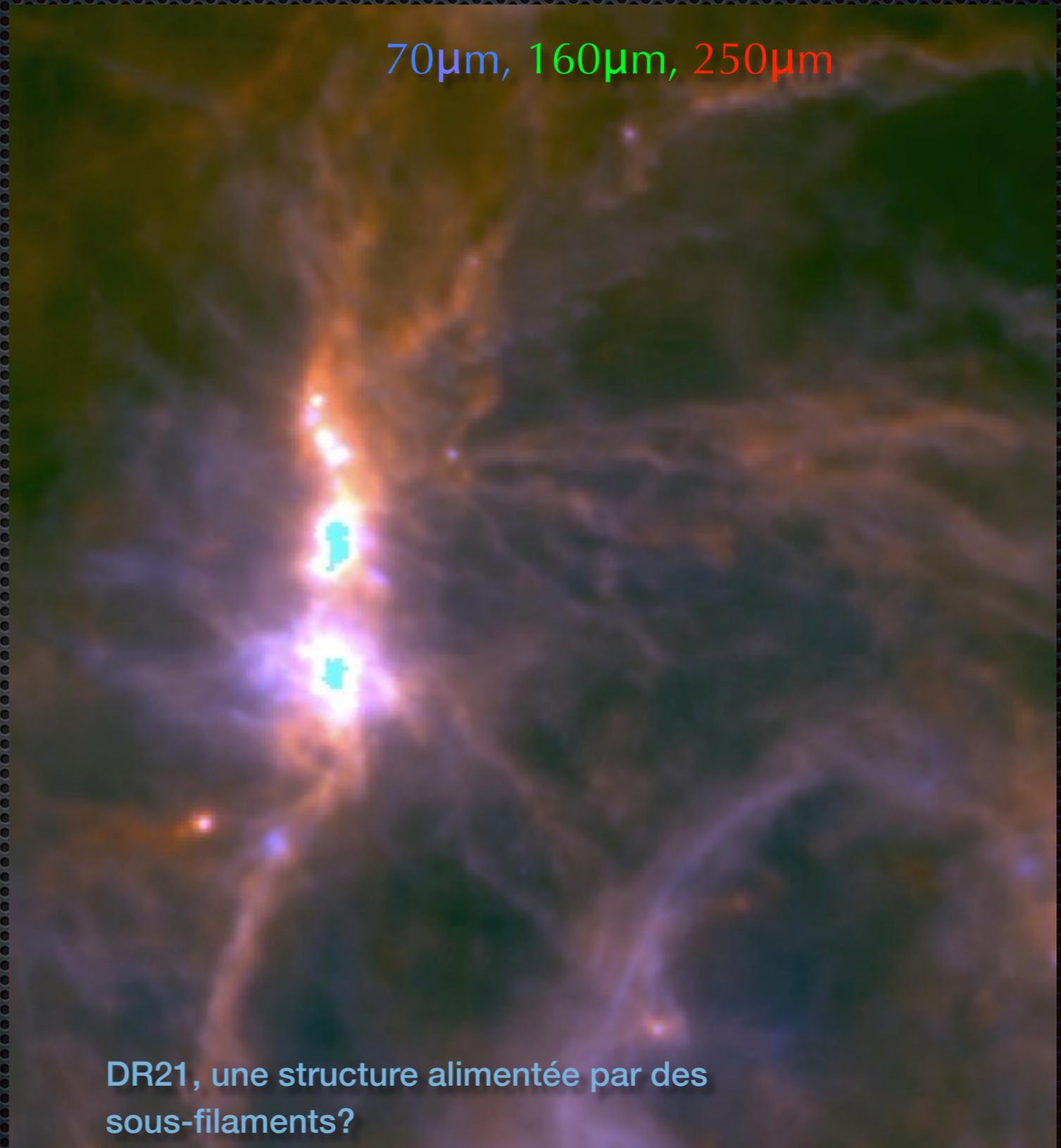
Dans Aquila, 90% des cœurs pré-stellaires résident dans des régions telles que $A_v > 8$ mag ($7 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-2}$).

Cela correspond pratiquement au seuil de déclenchement de l'instabilité gravitationnelle le long des filaments: pour $T \approx 10 \text{ K}$, $\Sigma_{\text{crit}} \sim 150 M_{\odot} / \text{pc}^2$.

Quel processus de croissance pour les filaments?

Question: par quel processus les filaments acquièrent-ils leur masse?

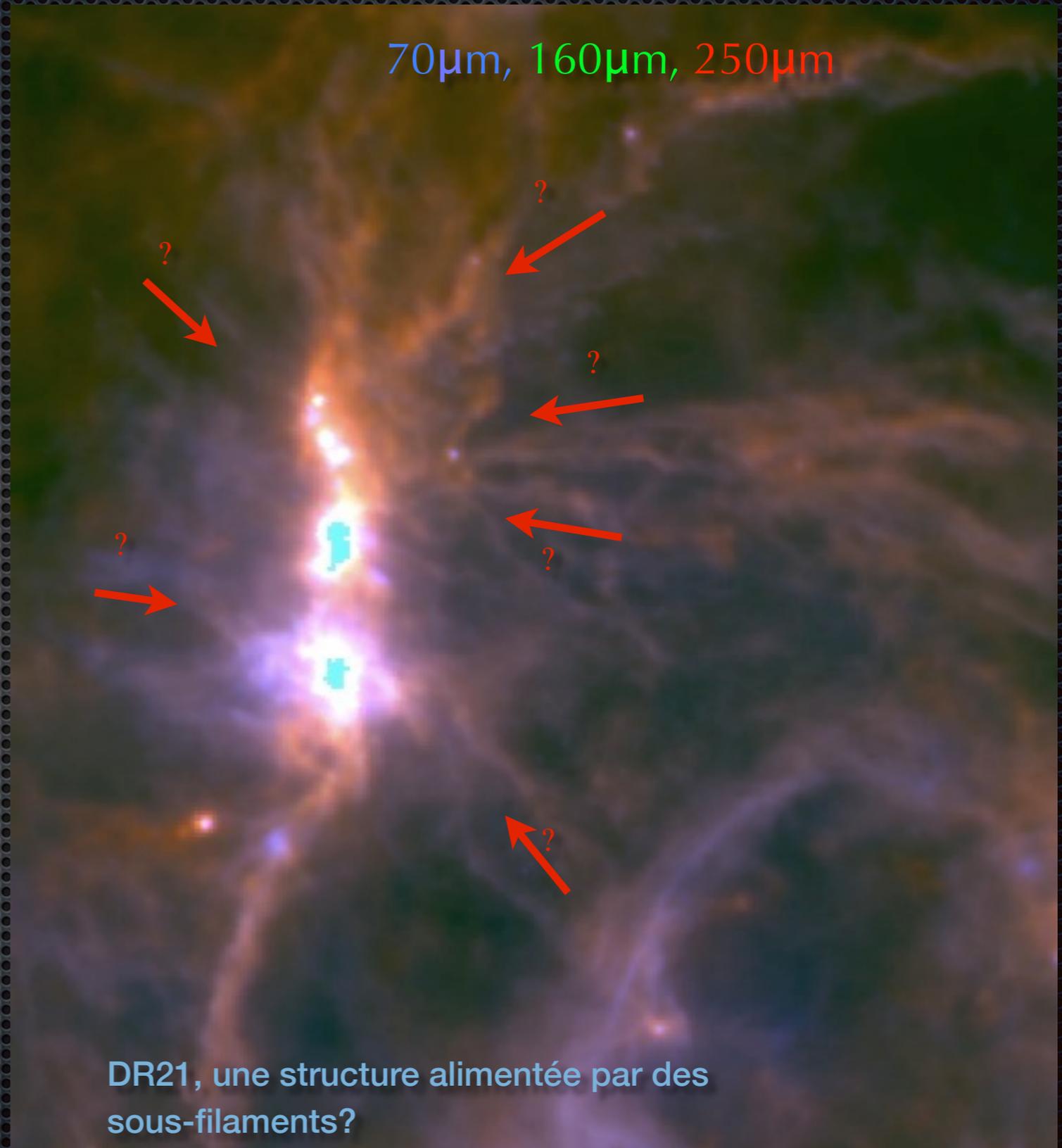
ALMA et les traceurs moléculaires vont nous donner accès à la structure en vitesse de ces régions.



Quel processus de croissance pour les filaments?

Question: par quel processus les filaments acquièrent-ils leur masse?

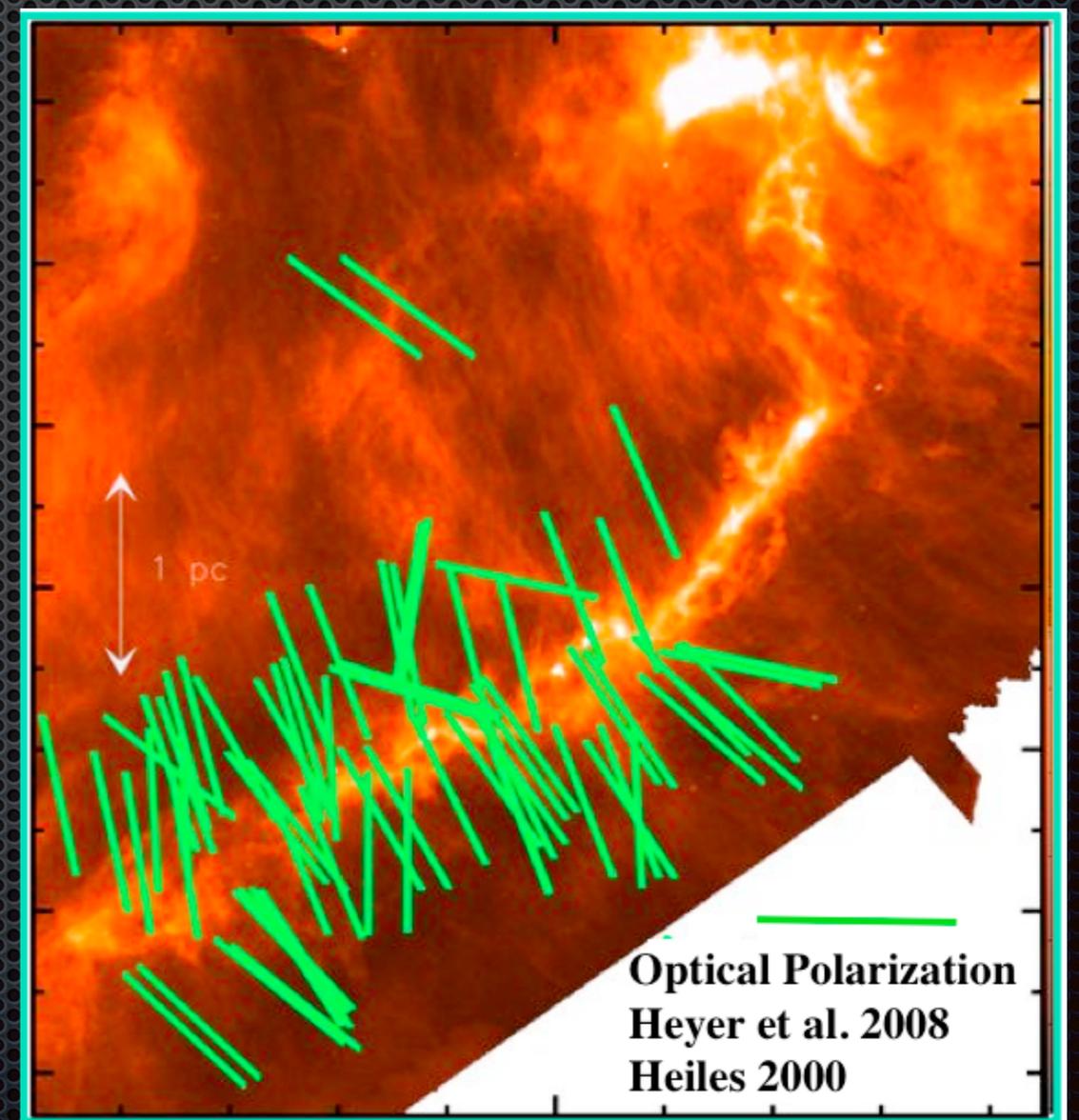
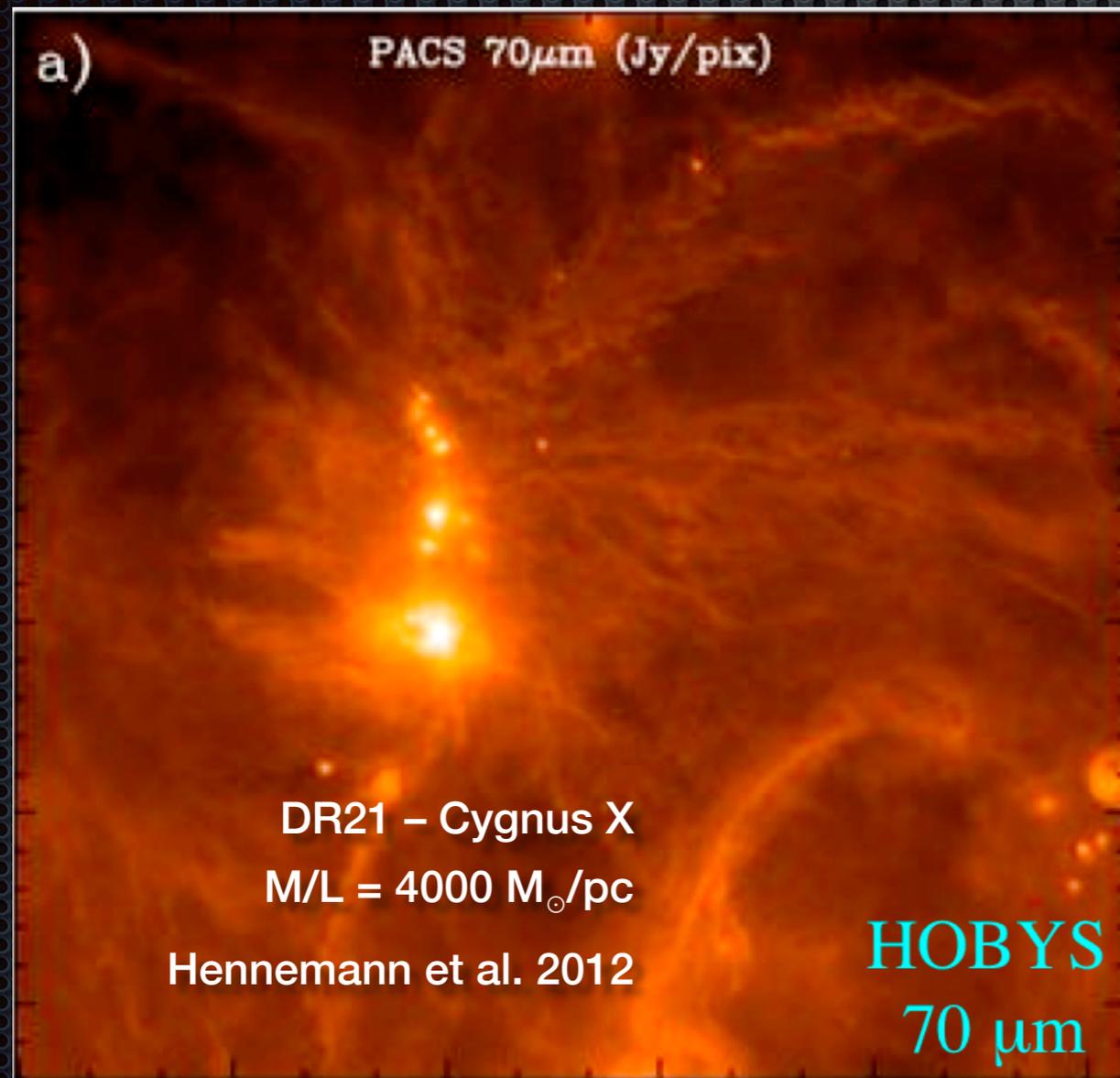
ALMA et les traceurs moléculaires vont nous donner accès à la structure en vitesse de ces régions.



Rôle du champ magnétique dans la croissance en masse des filaments

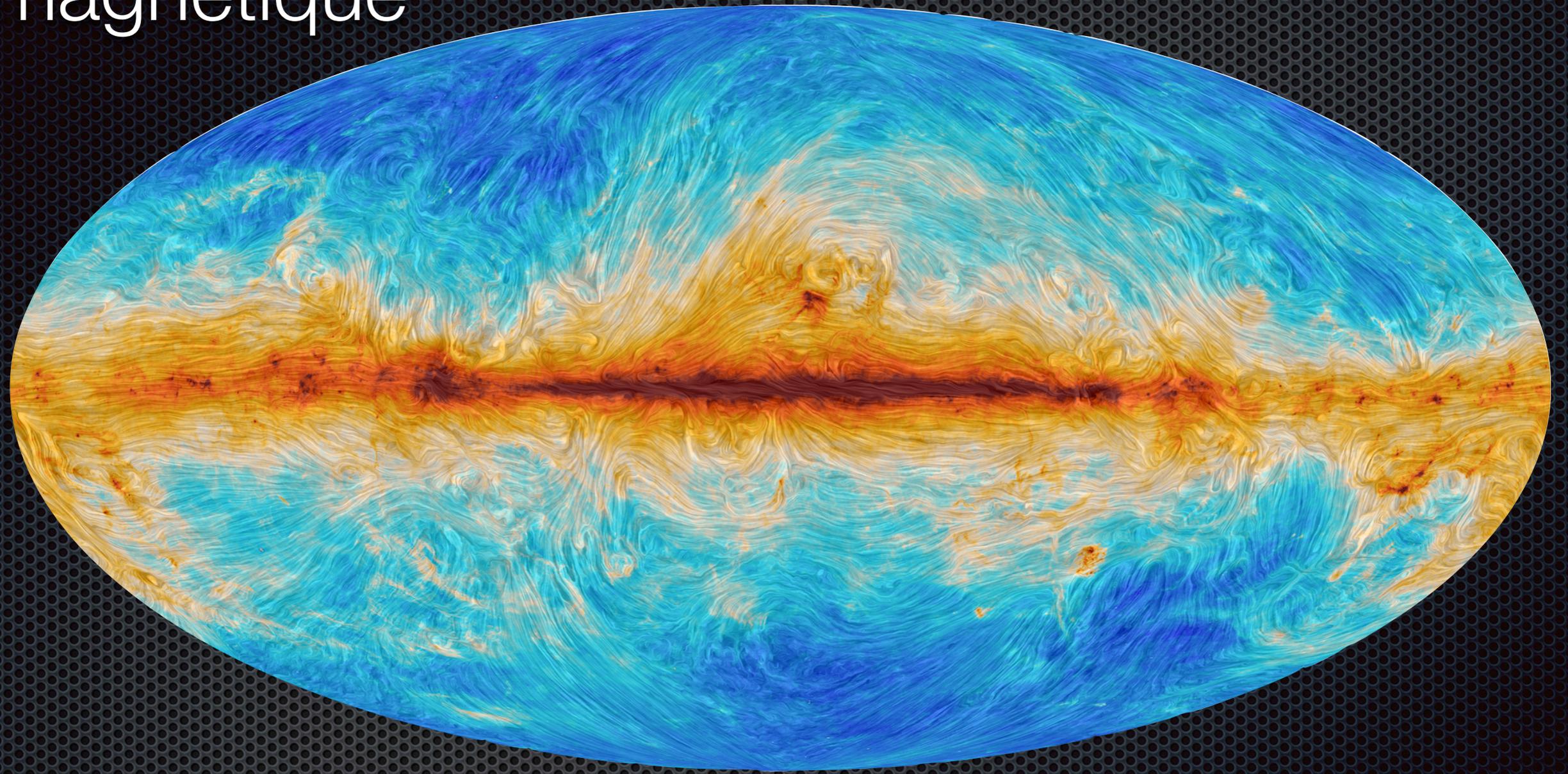
Les filaments massifs sont souvent accompagnés d'un réseau secondaire de filaments perpendiculaires.

Filament Taurus B211
 $M/L = 50 M_{\odot}/pc$

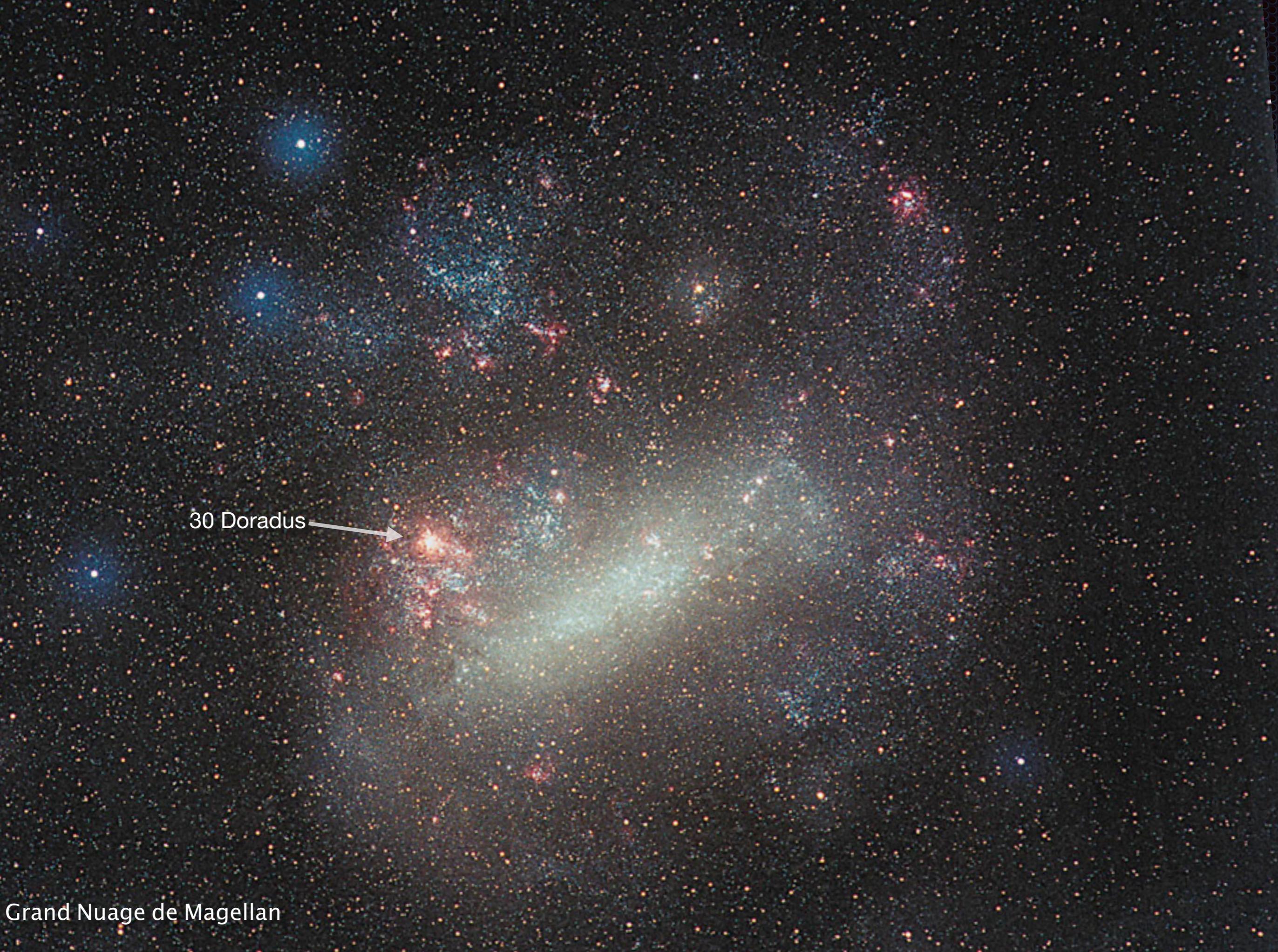


Flots d'accrétion le long des filaments secondaires?

Notre première vision du champ magnétique



- Planck peut mesurer la polarisation et donc le champ.
- La carte révèle des structures mais la résolution spatiale est trop faible



30 Doradus

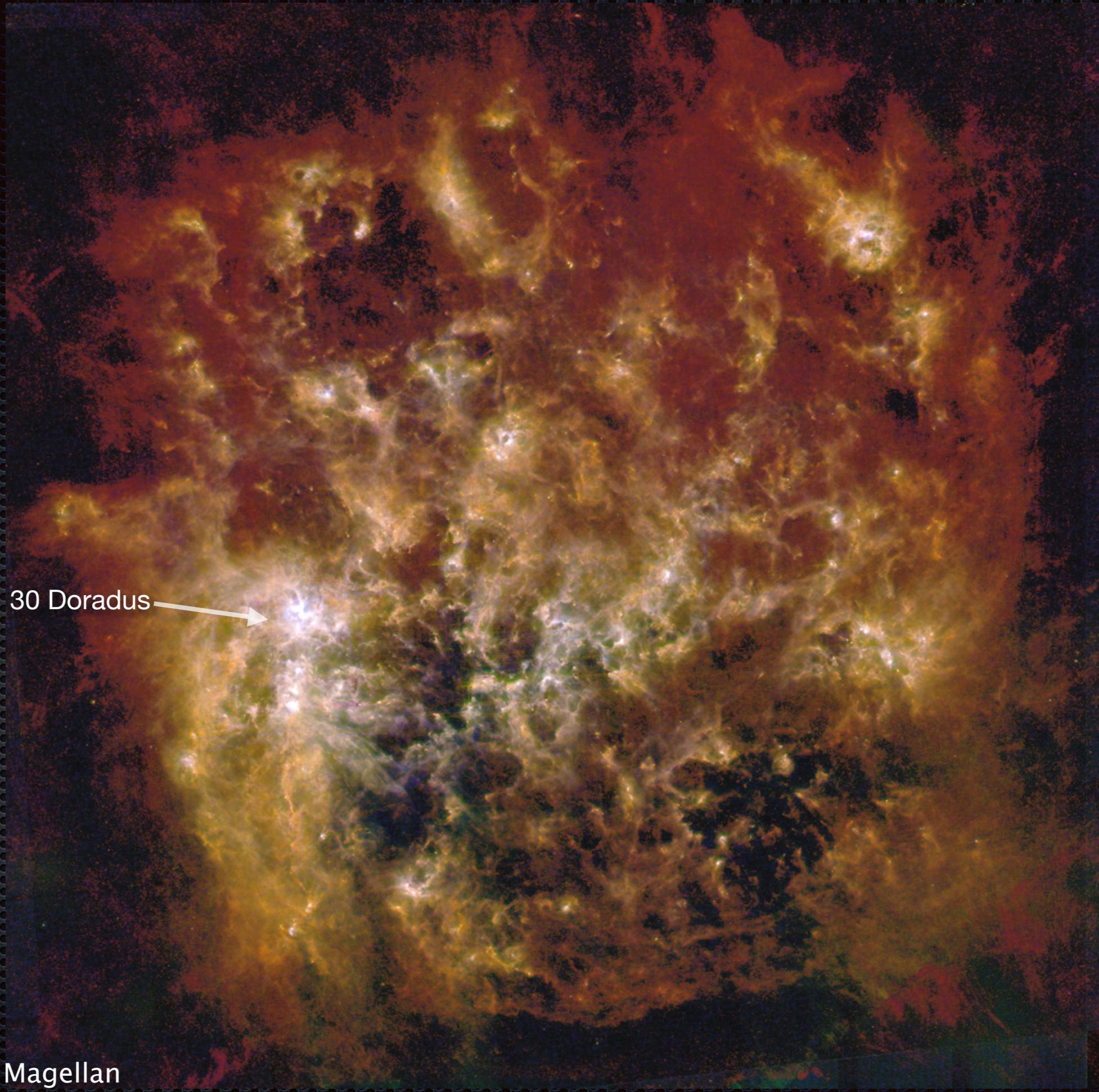


Grand Nuage de Magellan

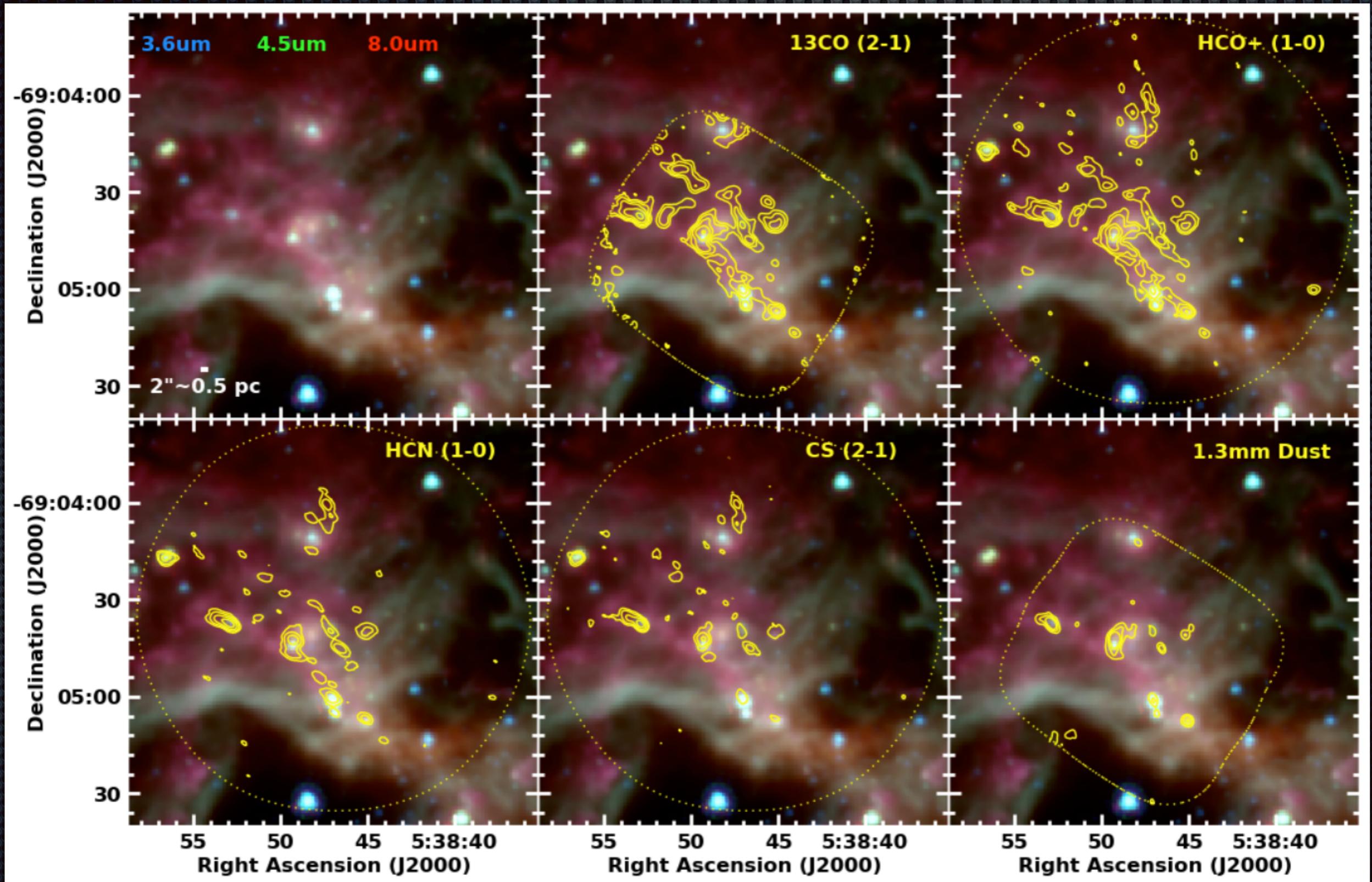
30 Doradus



Grand Nuage de Magellan



Des filaments dans 30 Doradus



La suite d'Herschel

Photo: S. Guisard (ESO)



Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array