

**Ce cours est enregistré et mis en ligne
sur les plateformes UNIGE.**

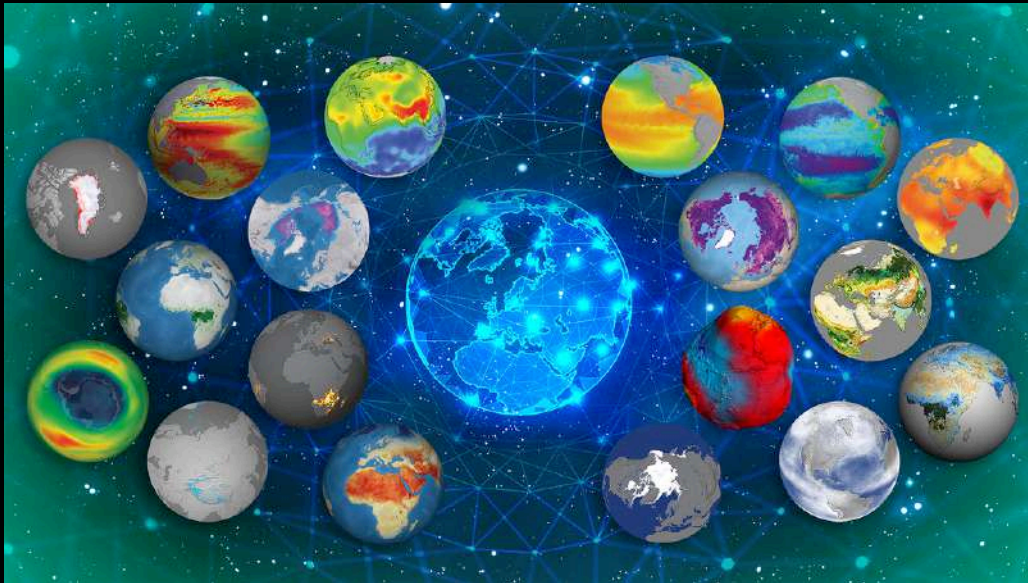
*This course is recorded and made
available online on UNIGE platforms.*



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

Les grandes missions spatiales pour l'Astrophysique Saison 3

par Corinne Charbonnel, Professeure au Département
d'Astronomie de l'Université de Genève



Credit image : European Space Agency (ESA Towards Earth Explorer 11)

Présentation – Prof. A. Verhamme
Archéologie Galactique – Dr L. Eyer
Formation stellaire – Dr M. Audard
Astronomie gamma – Prof. S. Paltani
Système solaire – Prof. C. Charbonnel
Titan – Prof. C. Sotin (15 nov.)

**le mardi, du 20 septembre au 20 décembre 2022
de 17h45 à 18h45
Auditoire A300 - Sciences II, 30 quai Ernest-Ansermet, Genève**

**Inscription au cours sur place le 20 septembre
Renseignements : <http://unige.ch/sciences/astro>**

Crédit image: NASA / ESA / STScI / www.hubblesite.org

Inscriptions



Inscription

Public

email à chantal.tacoy@unige.ch

Sujet: Inscription cours public 10A001 2022

Corps du message: Nom, prénom, numéro de téléphone, adresse email

Inscription

Etudiants Bachelor UniGe et Athena

Inscription en ligne sur moodle

The screenshot shows a Moodle course page for 'Astronomie générale - Les grandes missions spatiales pour l'Astrophysique - Saison 3'. The course ID is 10A001 2022-2023. The page includes a navigation menu with 'Mes cours', 'Catalogue des cours', and 'Corinne Charbonnel'. There are buttons for 'Activer le mode édition', 'Sections de cours', 'Participant-es', and 'Notes'. The main content area is divided into sections: 'Annonces' with a sub-section 'Affiche', and 'Dernières annonces' listing recent updates from Corinne Charbonnel. A 'Sommaire du cours' section is also visible at the bottom.

Public

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

UNIVERSITÉ FACULTÉS ETUDES COLLABORATEURS SERVICES

DÉPARTEMENT D'ASTRONOMIE

Actualités Recherche Projets Enseignement Séminaires, Colloques **Astronomie & Cité** Services, Informations Contacts

Activités pour le public

LES GRANDES MISSIONS SPATIALES POUR L'ASTROPHYSIQUE

SOIRÉES D'OBSERVATION

VISITES VIRTUELLES DU CIEL

COURS GRAND PUBLIC

Les activités principales de l'Observatoire de l'Université de Genève sont la recherche, l'enseignement, mais nous considérons primordial de garder le lien avec le grand public, de partager nos découvertes et de répondre à ses questions.

Bien que nous ne possédions pas de propre observatoire, nous proposons des activités pour le grand public, en collaboration avec nos collègues de l'Observatoire de Genève et de l'Observatoire de Haute-Provence.

- une fois par mois, nous vous proposons des **soirées d'observations du ciel nocturne** selon la configuration des astres à observer. Informations sur les soirées d'observations : [ici](#)
- chaque premier mercredi du mois nous proposons une **séance de projet** pour découvrir le Système solaire, la Galaxie, l'Univers. Informations sur les projections : [ici](#)

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

UNIVERSITÉ FACULTÉS ETUDES COLLABORATEURS SERVICES ALUMNI

DÉPARTEMENT D'ASTRONOMIE

Actualités Recherche Projets Enseignement Séminaires, Colloques Astronomie & Cité Services, Informations Contacts

ASTRONOMIE & CITÉ

Cours Grand Public

COURS 10A001 (1051) ASTRONOMIE GÉNÉRALE

Depuis de nombreuses années, l'Observatoire de Genève organise un "Cours Grand Public" destiné aux nombreuses personnes intéressées par l'Astronomie. Chaque année un nouveau thème est abordé et est suivi par de nombreux auditeurs.

"LES GRANDES MISSIONS SPATIALES POUR L'ASTROPHYSIQUE"

Saison 3

Année 2022 semestre d'automne,
le mardi, du 20 septembre au 20 décembre 2022,
de 17h45 à 18h30, Auditoire A300 - Sciences II,
30, quai Ernest-Ansermet, Genève
par Corinne Charbonnel, Professeure au Département d'Astronomie

le mardi, du 20 septembre au 20 décembre 2022
de 17h45 à 18h45
Auditoire A300 - Sciences II, 30 quai Ernest-Ansermet, Genève

Description du cours sur [docus](#) le 20 septembre
Renseignements : 1051@unige.ch

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

UNIVERSITÉ FACULTÉS ETUDES COLLABORATEURS

DÉPARTEMENT D'ASTRONOMIE

Actualités Recherche Projets Enseignement Séminaires, Colloques Astronomie & Cité

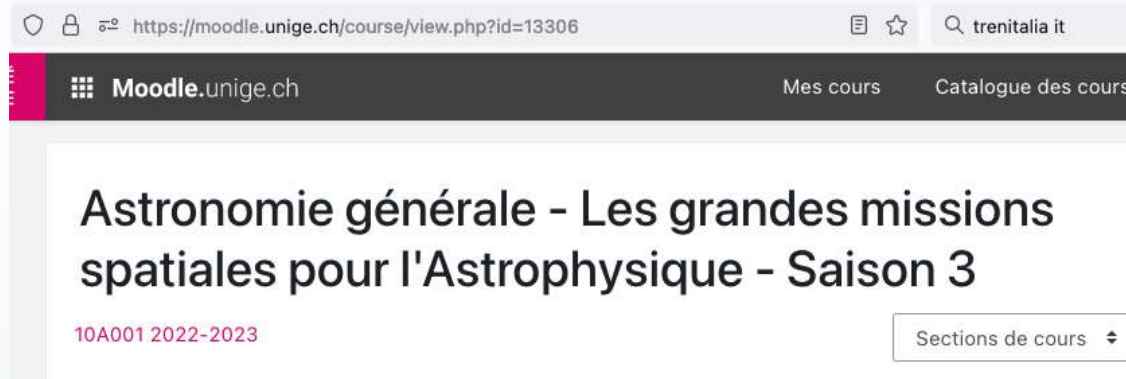
Cours ouvert au public
Année Académique 2022

1051	Les grandes missions spatiales pour l'Astrophysique	Professeure C.Charbonnel,	CR	H	1h	Mardi 17h45 - 18h30	Sciences II salle A300
Remarques :							
Affiche et description du cours :							
Support du cours :							
Séance d'information et inscriptions :		le premier jour du cours : 20 septembre 2022 de 17h45 à 18h30 à Sciences II, salle A300					
Renseignements :		tél. 022 379 22 00					
Cours :		du 20 septembre 2022 au 20 décembre 2022					

Mendeleiev'

- 2018-2019 "Dessins aux galaxies primaires"
- 2017-2018 "Origin of life"
- 2016-2017 "Merveilles de l'Univers"
- 2015-2016 "L'Univers"
- 2014-2015 "Dernières nouvelles de l'Univers"
- 2013-2014 "Petite chimie de l'Univers"
- 2012-2013 "L'Astronomie des étoiles"

login: cours-astro
mot de passe: archimede



**Ce cours est enregistré et mis en ligne
sur les plateformes UNIGE.**

*This course is recorded and made
available online on UNIGE platforms.*



<https://mediaserver.unige.ch/>

Utilisateur: **10A001_2022**

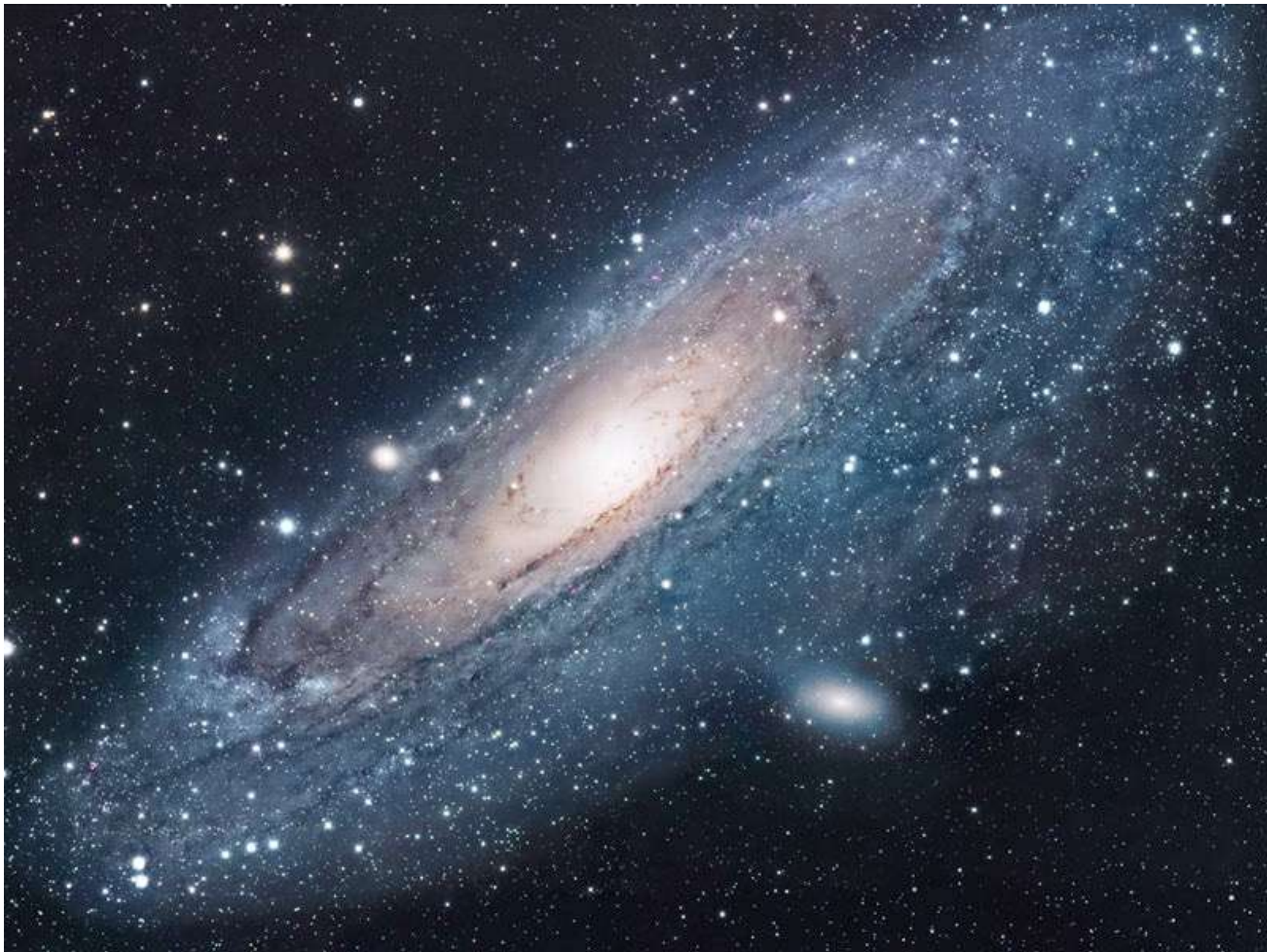
Mot de masse: **astro2022**

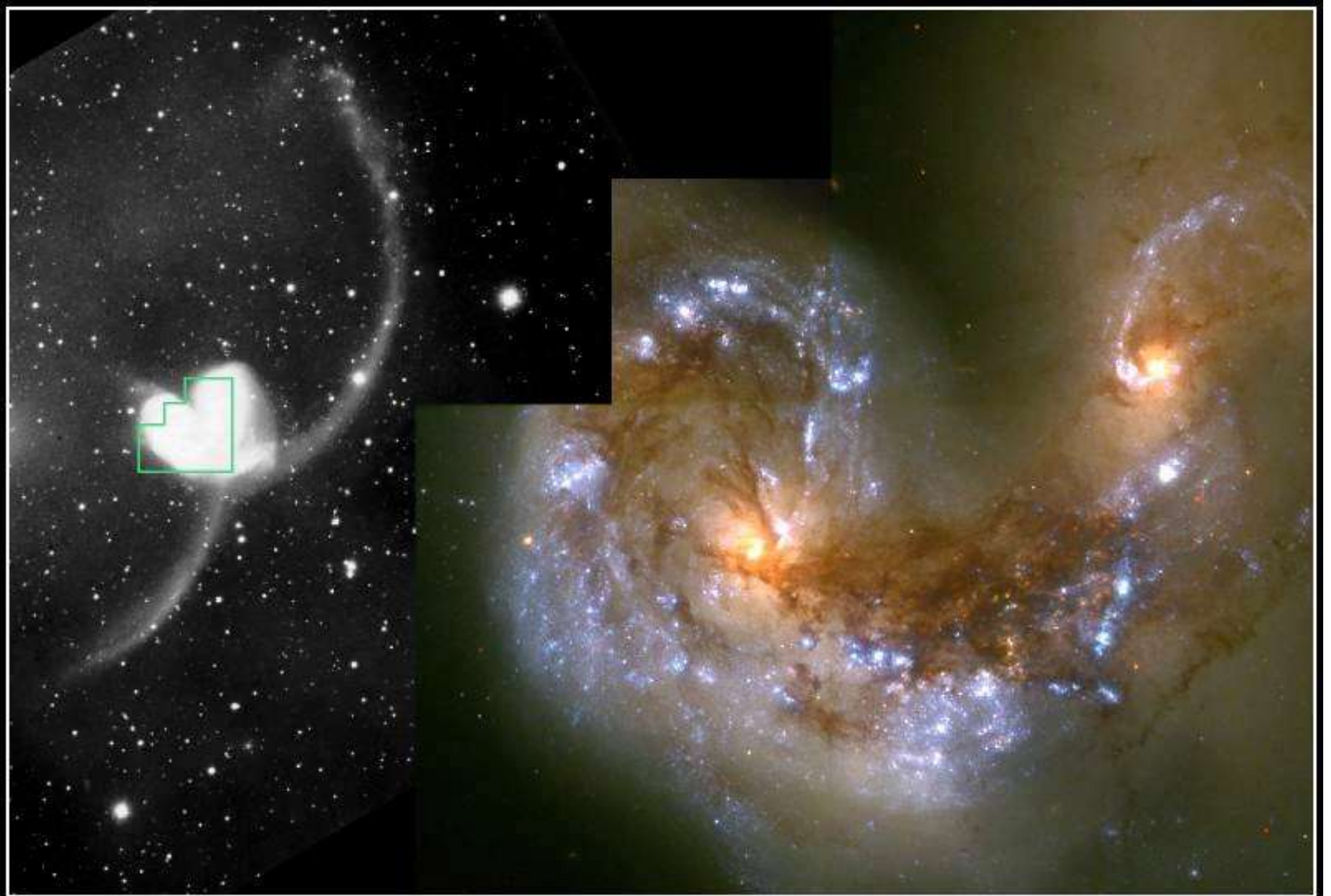
Des nuages moléculaires aux jeunes étoiles:
observations multi-longueur d'ondes au moyen
de télescopes spatiaux et sur Terre

Dr Marc Audard
Université de Genève



Cours Grand Public, 25.10.2022



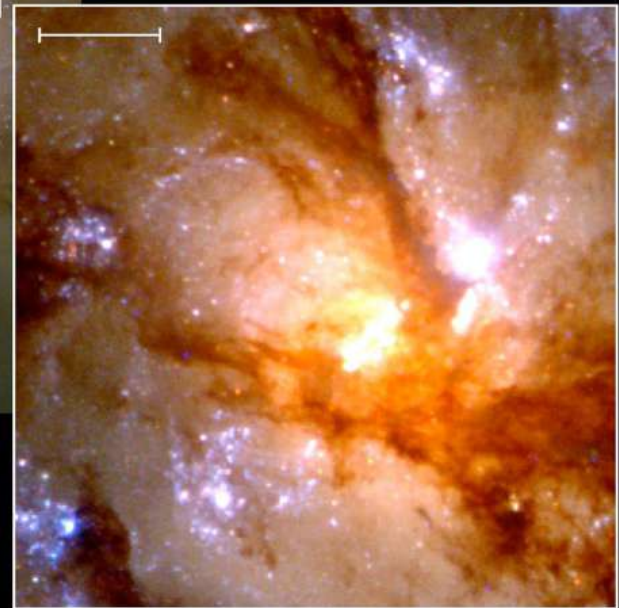
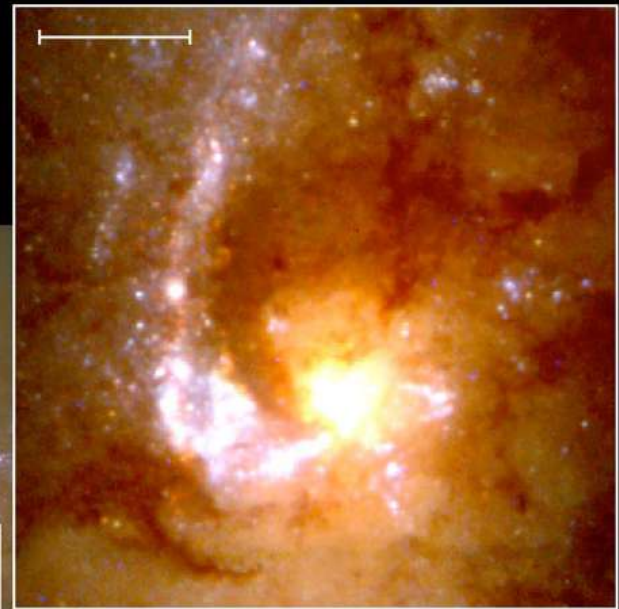
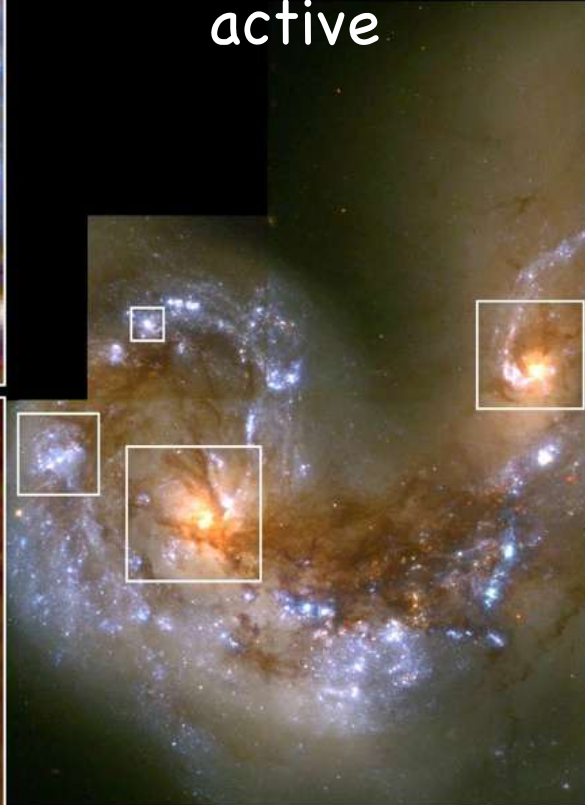
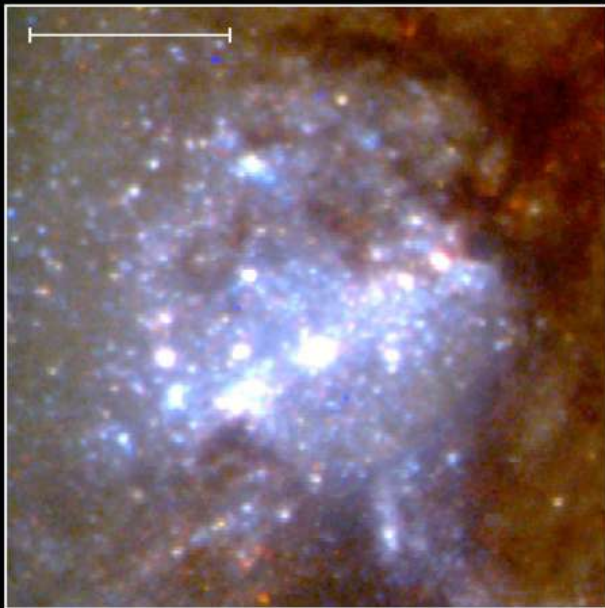
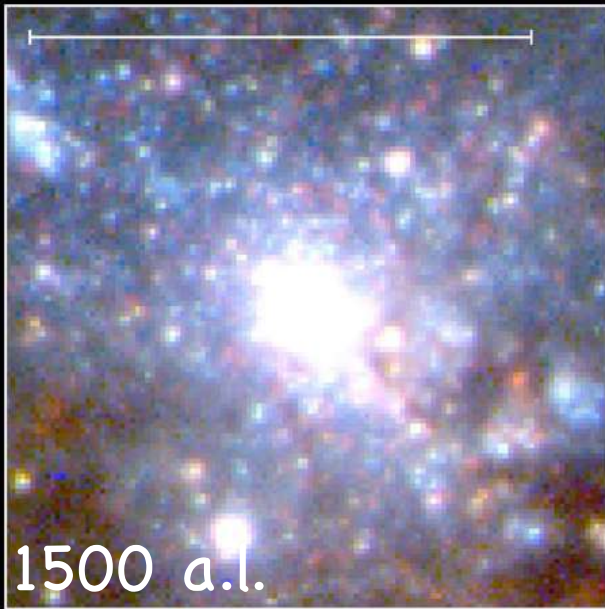


Colliding Galaxies NGC 4038 and NGC 4039

HST • WFPC2

PRC97-34a • ST ScI OPO • October 21, 1997 • B, Whitmore (ST ScI) and NASA

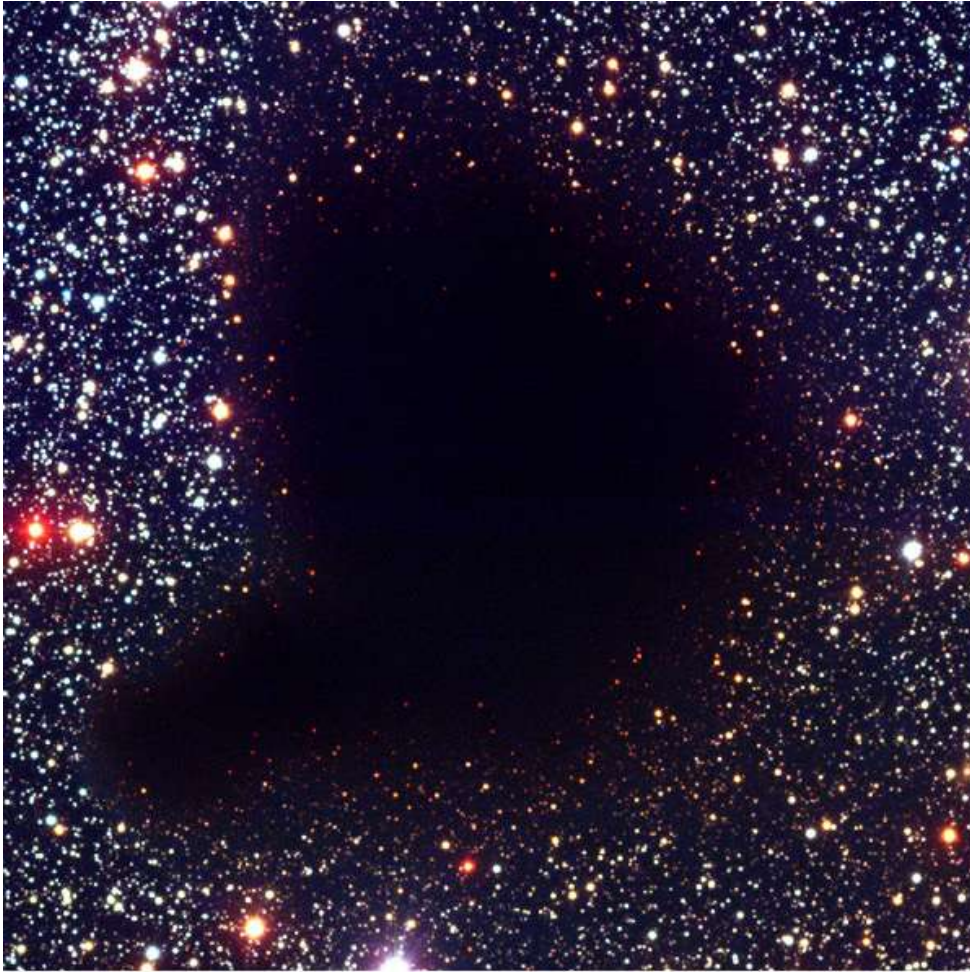
Lieux de
formation stellaire
active



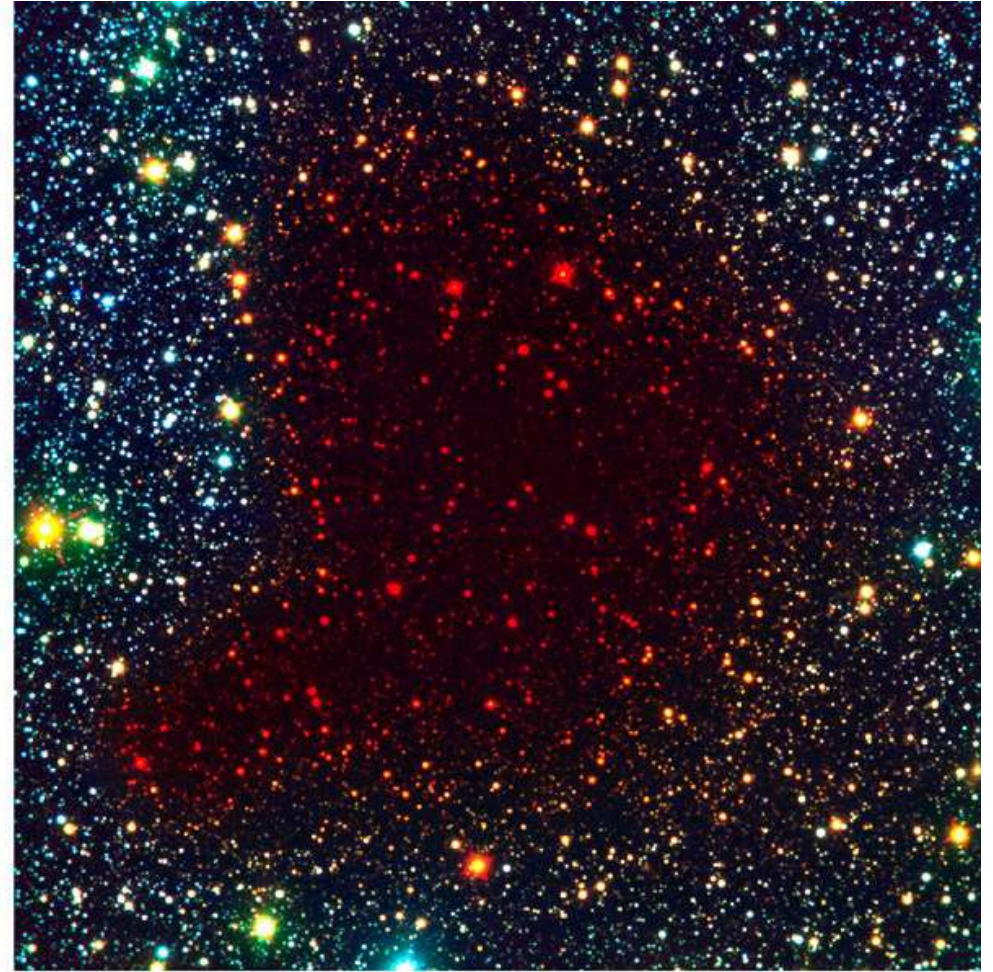
Galaxies NGC 4038 and NGC 4039 • Detail
Hubble Space Telescope • Wide Field Planetary Camera 2



Observer à plusieurs longueurs d'onde



B, V, I

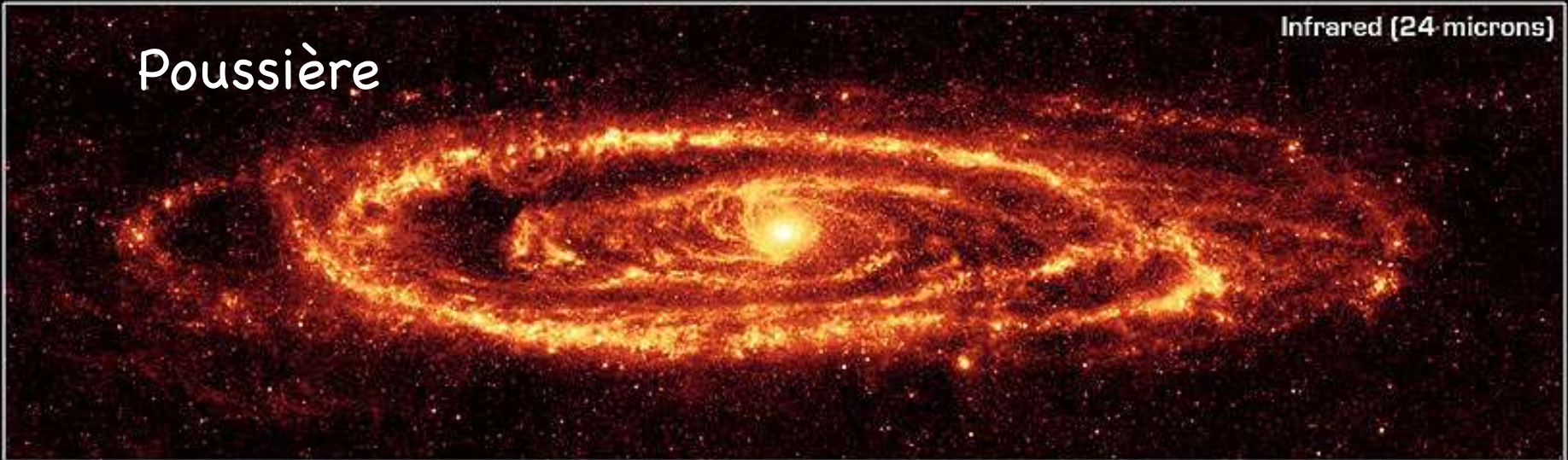


B, I, K

Pre-Collapse Black Cloud B68 (comparison)
(VLT ANTU + FORS 1 - NTT + SOFI)

Poussière

Infrared (24 microns)



Visible

Infrared (24, 70, 160 microns)



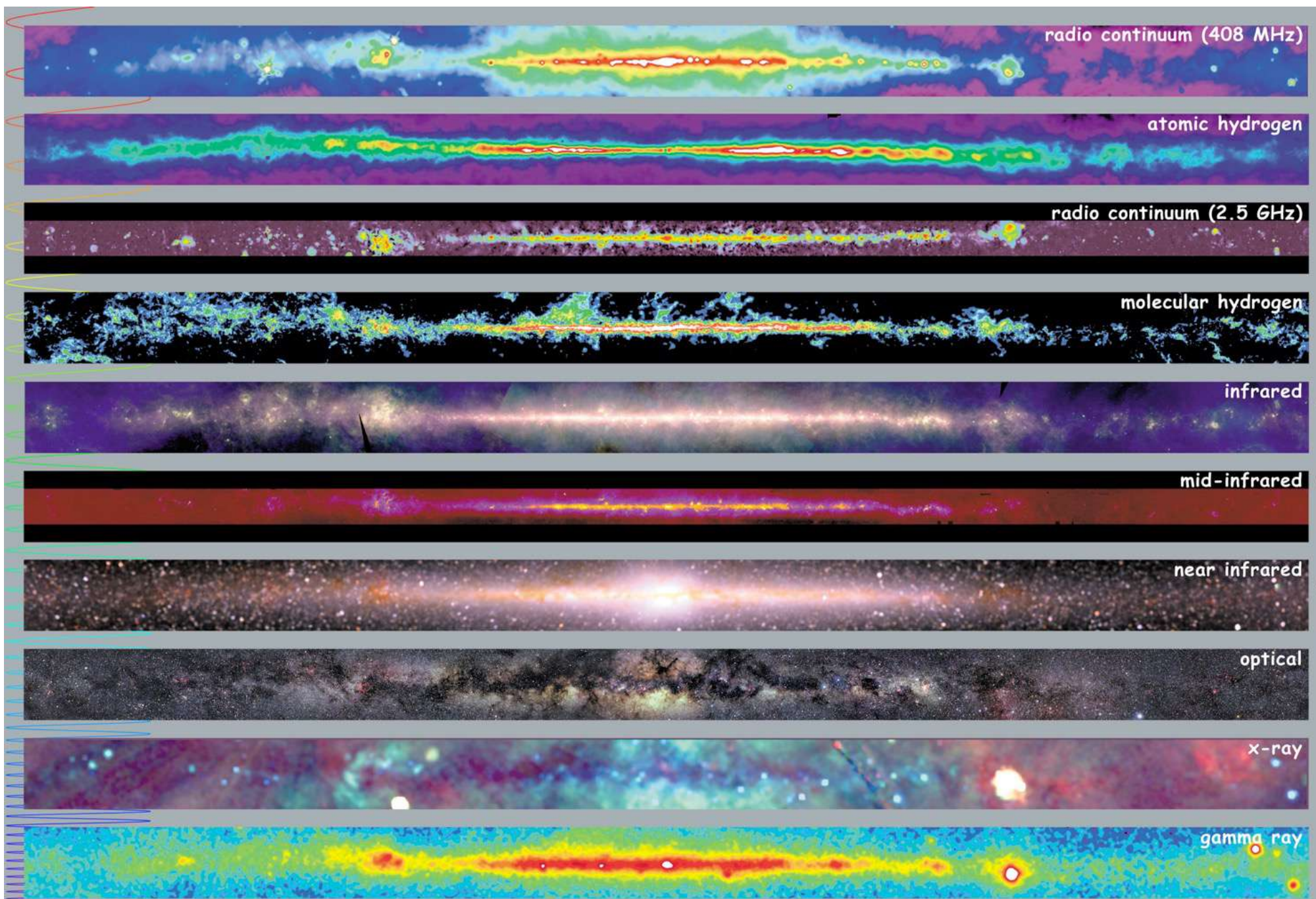
Etoiles



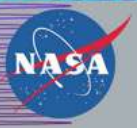
UV (bleu) et IR (rouge)

UV: étoiles



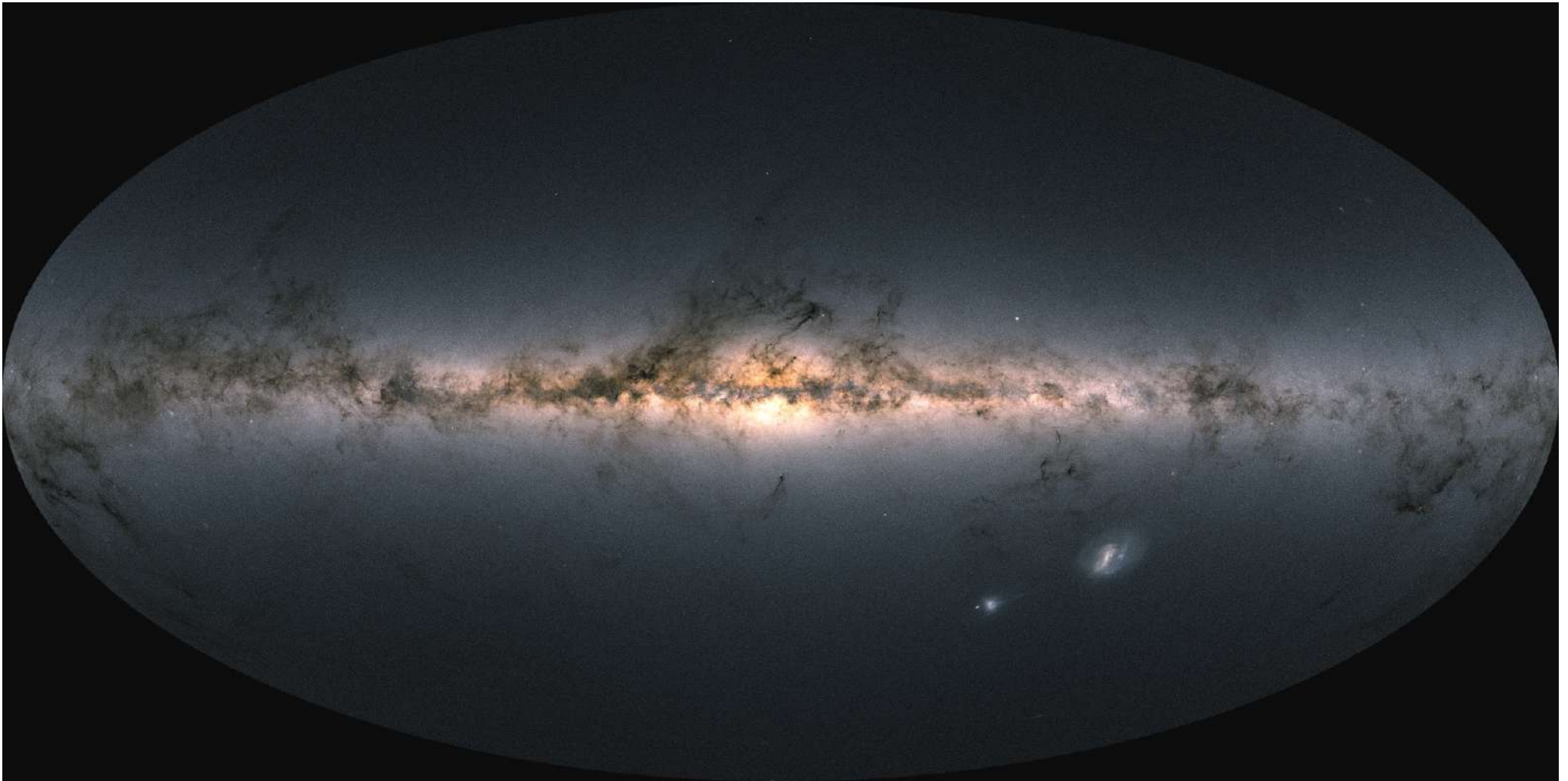


<http://adc.gsfc.nasa.gov/mw>

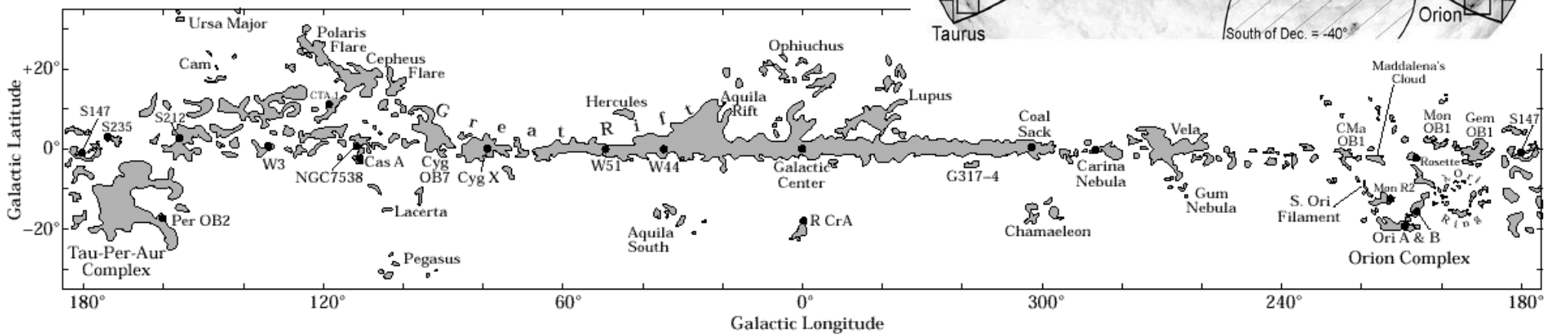
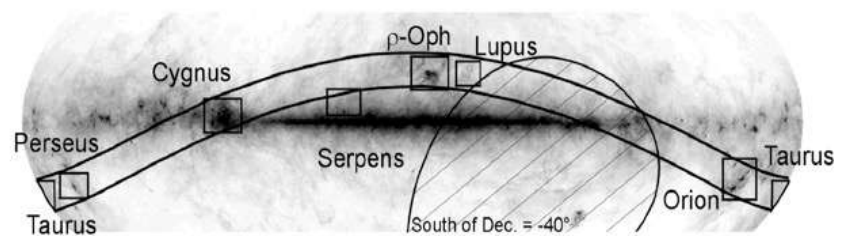
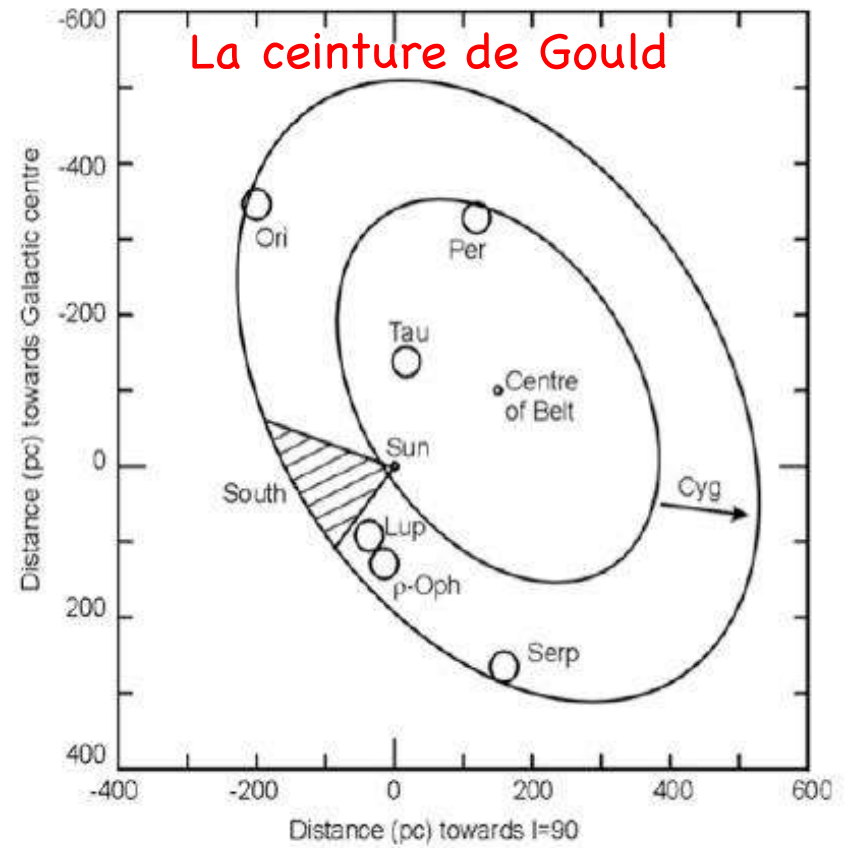
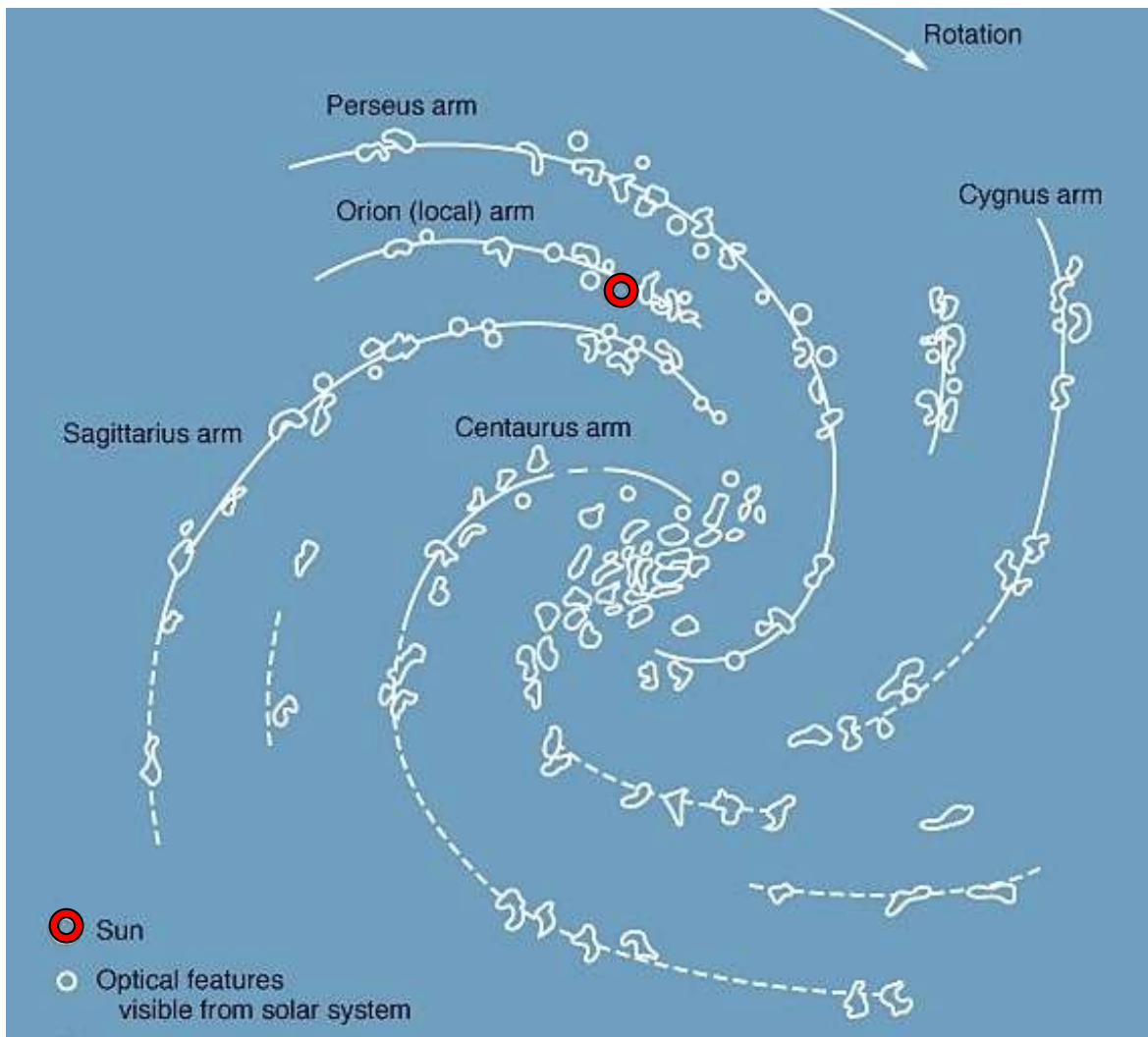


Multiwavelength Milky Way

Gaia EDR3, Notre Galaxie



DR3 le 13 juin 2022!



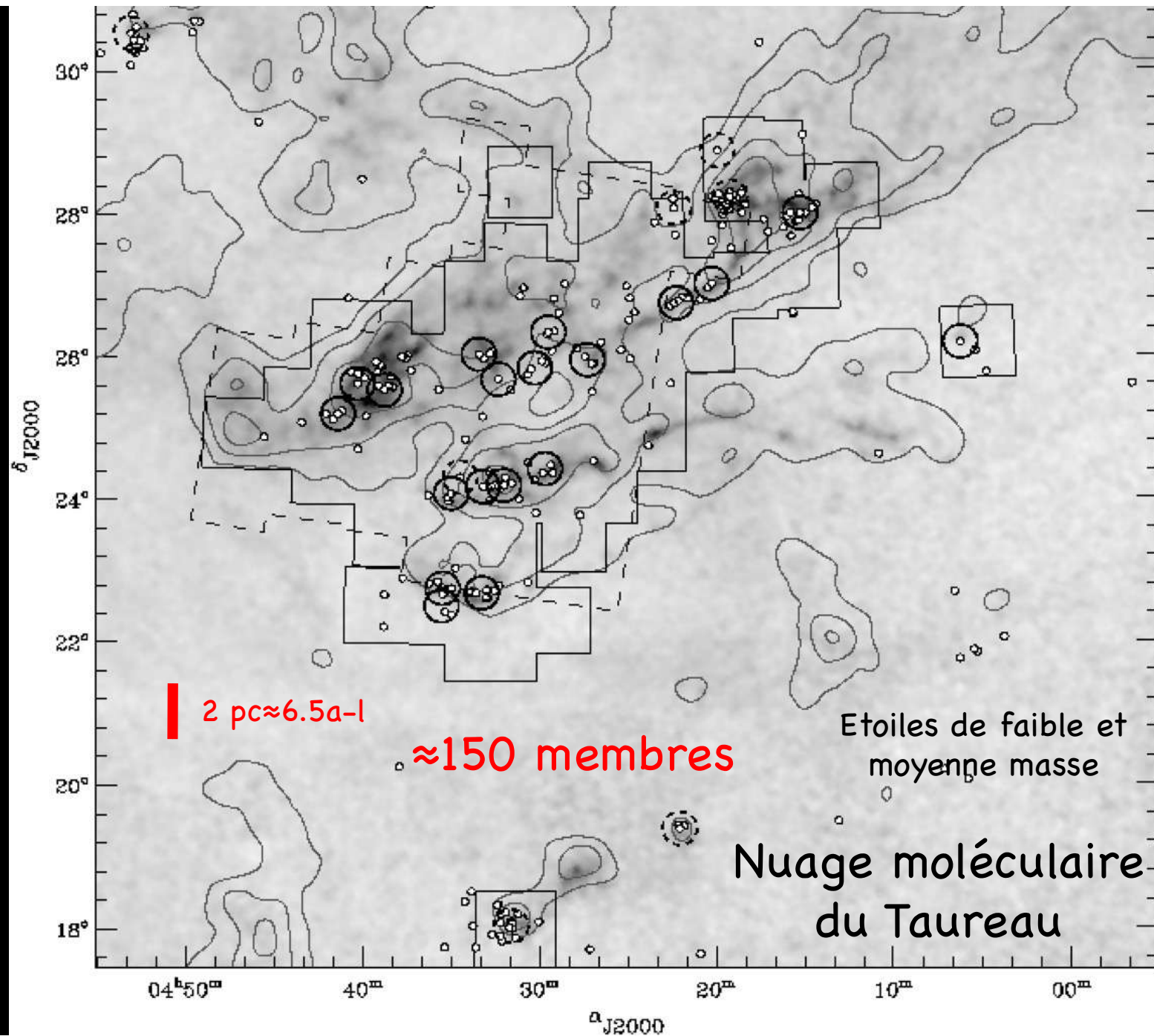
Carina Nebula



Hubble
Heritage

NASA, ESA, N. Smith (University of California, Berkeley), and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)
Hubble Space Telescope ACS/WFC • STScI-PRC07-16a

Formation stellaire "distribuée" en agrégat dans les filaments

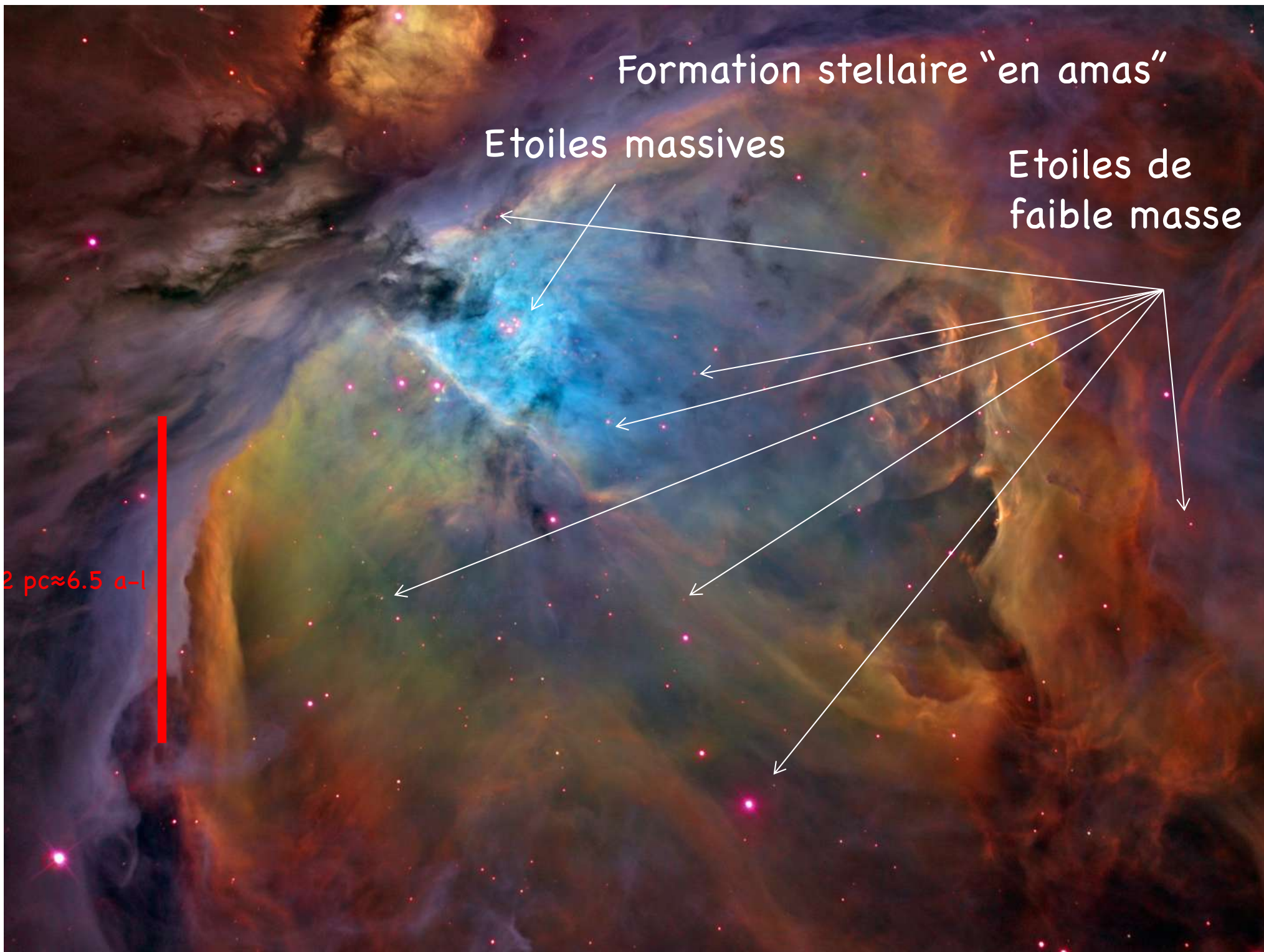


Formation stellaire "en amas"

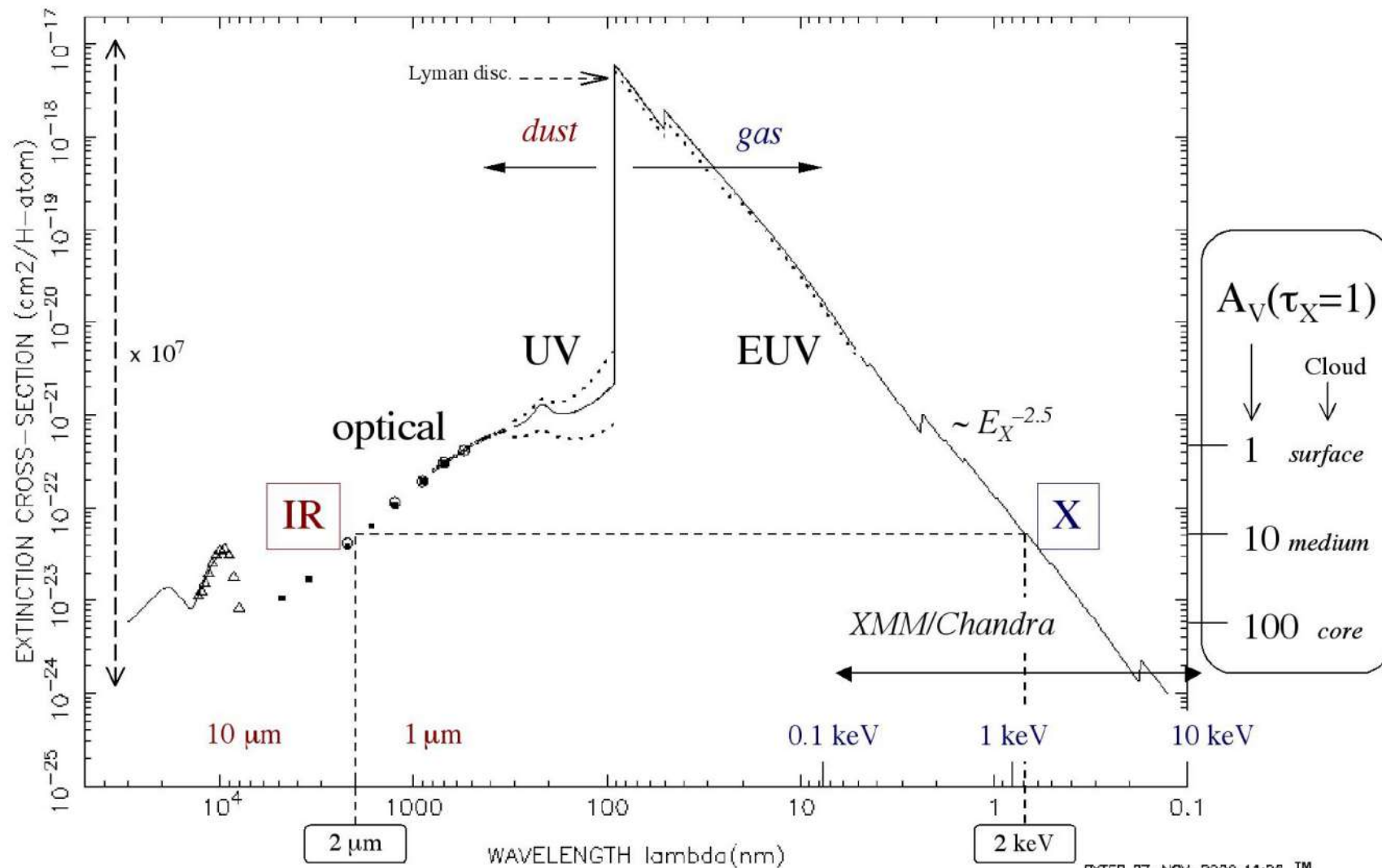
Etoiles massives

Etoiles de faible masse

2 pc \approx 6.5 a-l



Complémentarité: IR et X



Le Trapèze dans la nébuleuse d'Orion: plus de 1000 étoiles



Infrared



Visible



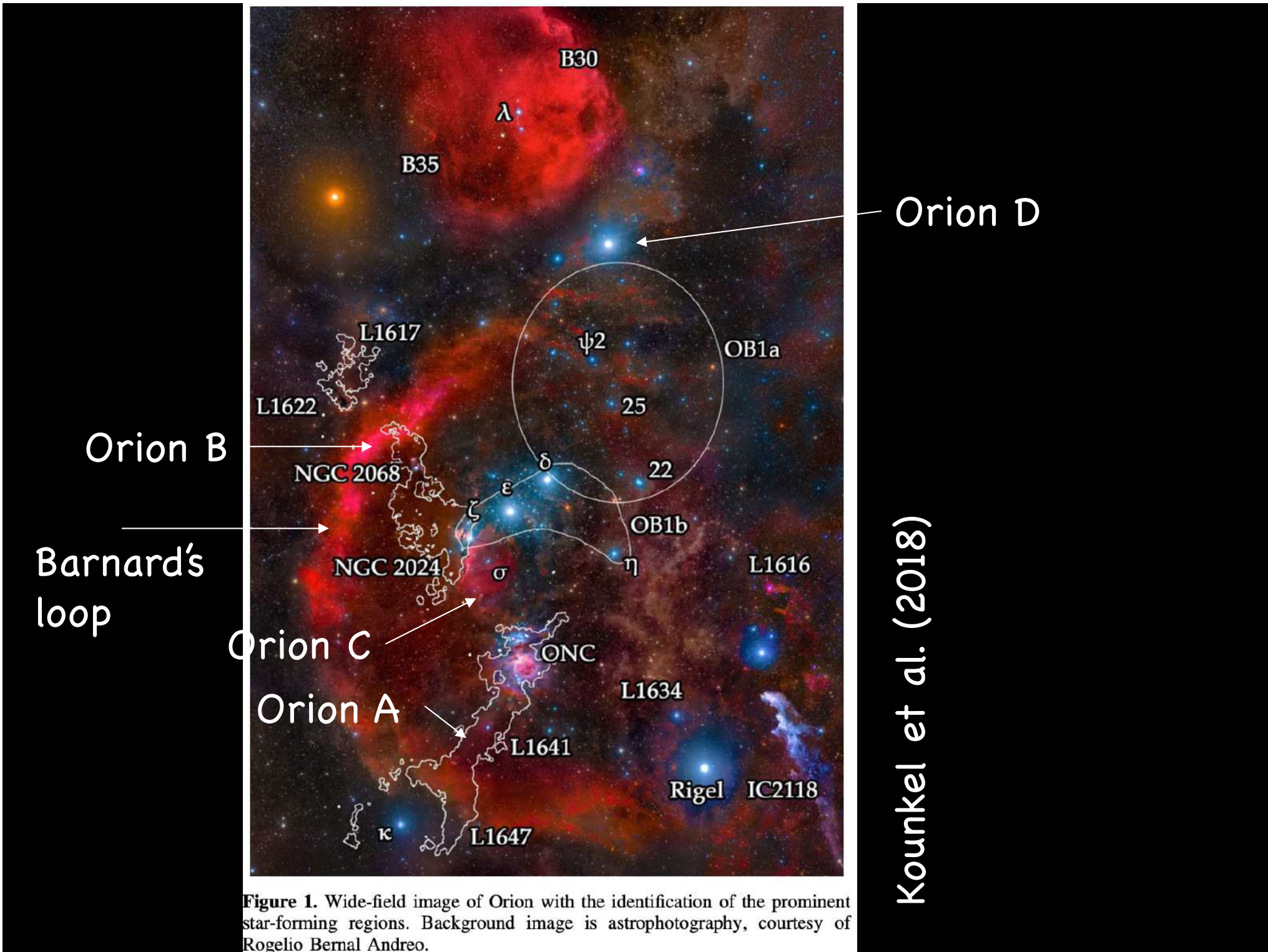
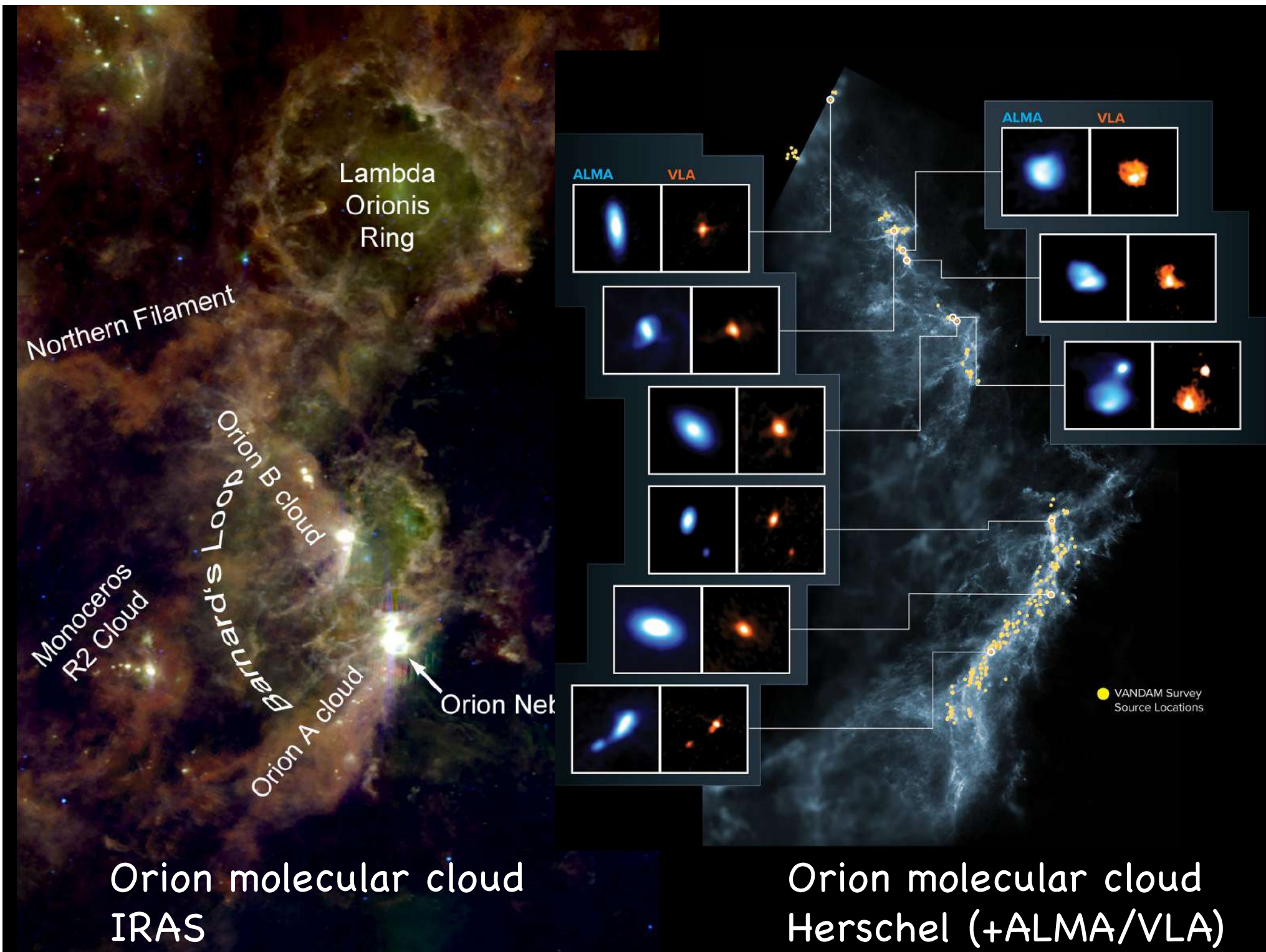
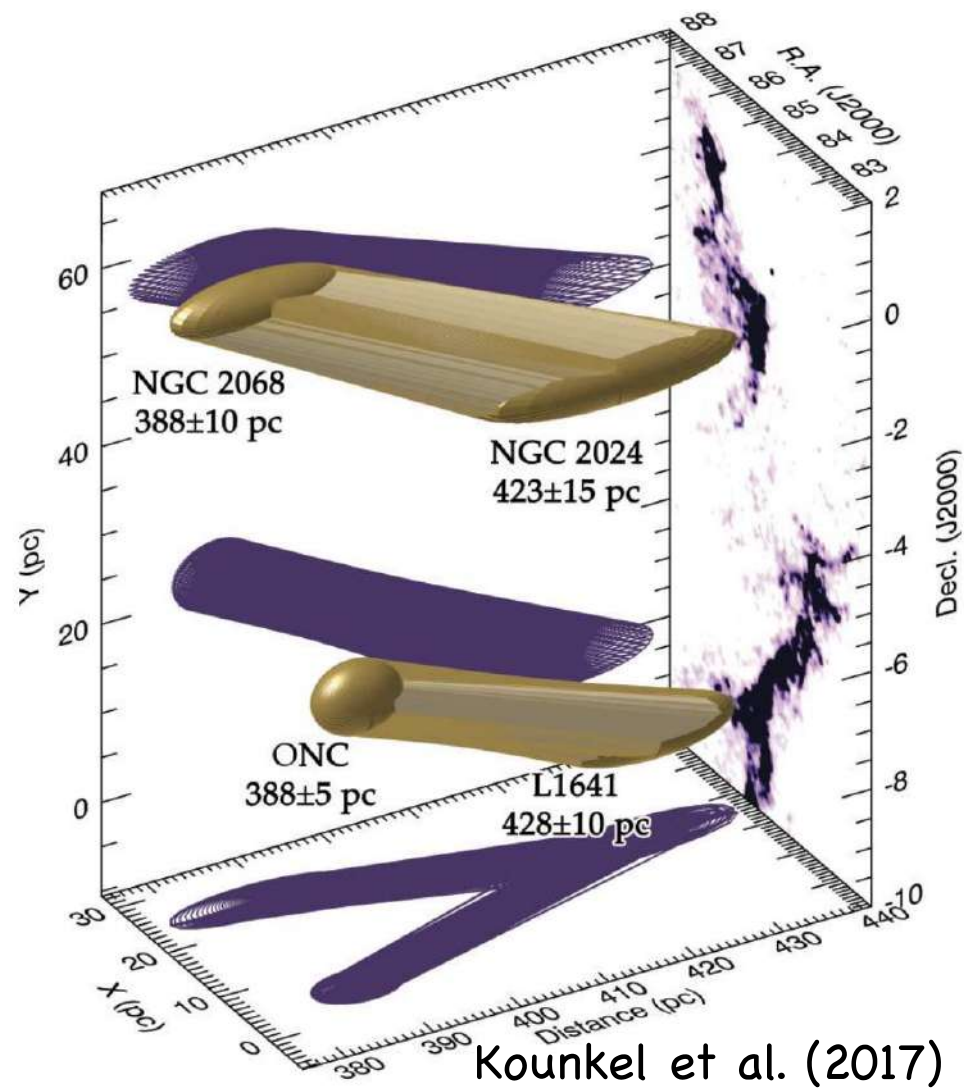
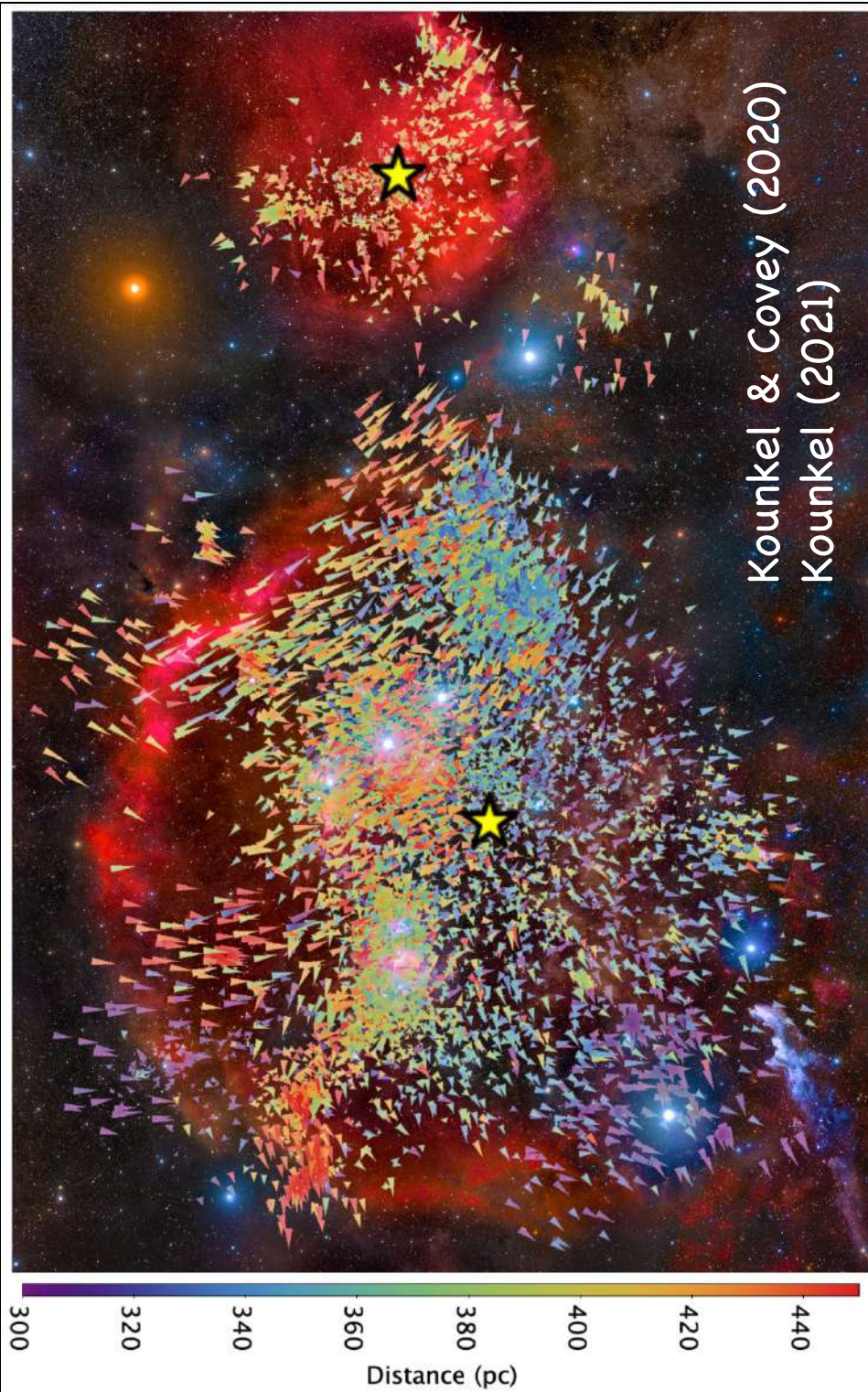


Figure 1. Wide-field image of Orion with the identification of the prominent star-forming regions. Background image is astrophotography, courtesy of Rogelio Bernal Andreo.





Lien aux supernovae



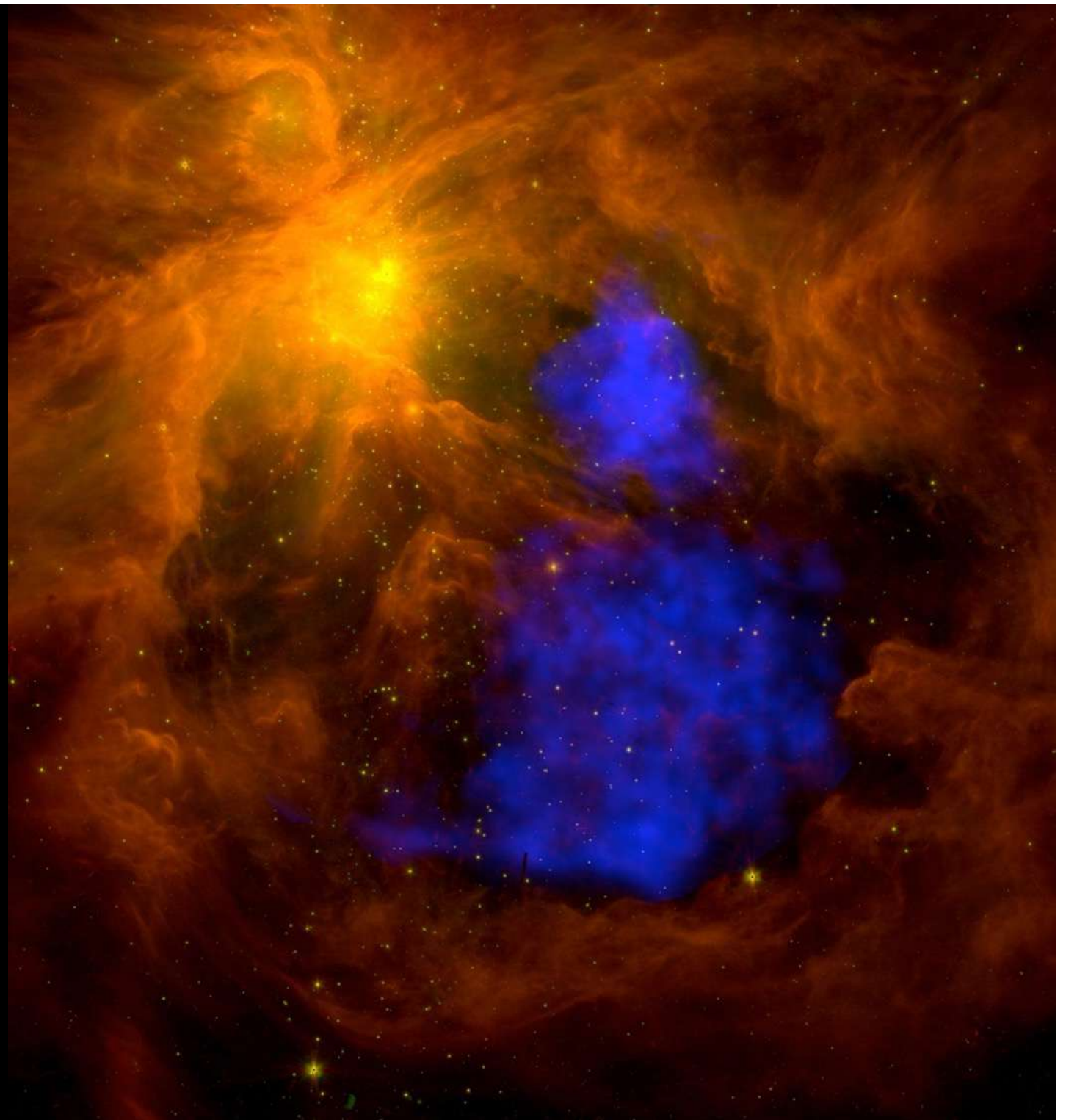
Kounkel (2021)

Infrarouge (orange):
poussière

Rayons X (bleu):
gaz chaud 2 millions K

Les vents des
étoiles massives
du Trapèze
choquent le gaz
dans la nébuleuse
et le **chauffent**.

Le gaz coule
lentement hors
de la nébuleuse
en un **flot** de
champagne



Nébuleuse de l'Aigle



ESA/ISO, CAM & The ISOGAL Team

Nébuleuse de l'Aigle



Herschel

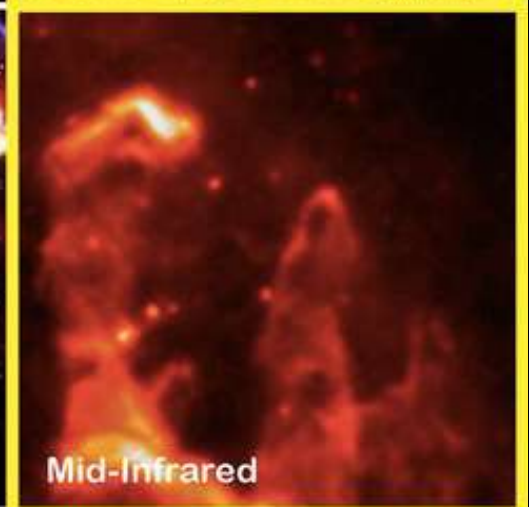
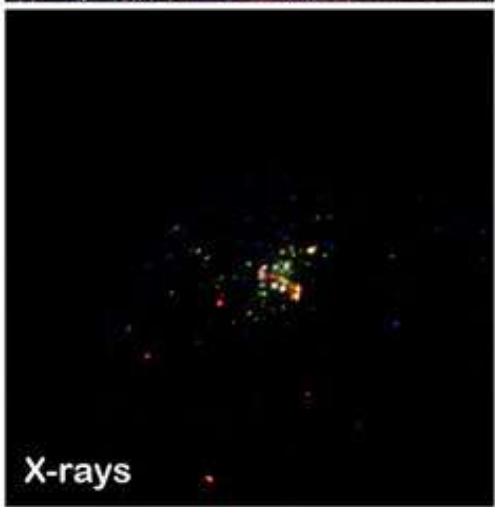
JWST, 19.10.2022!



https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb/Webb_takes_a_stunning_star-filled_portrait_of_the_Pillars_of_Creation

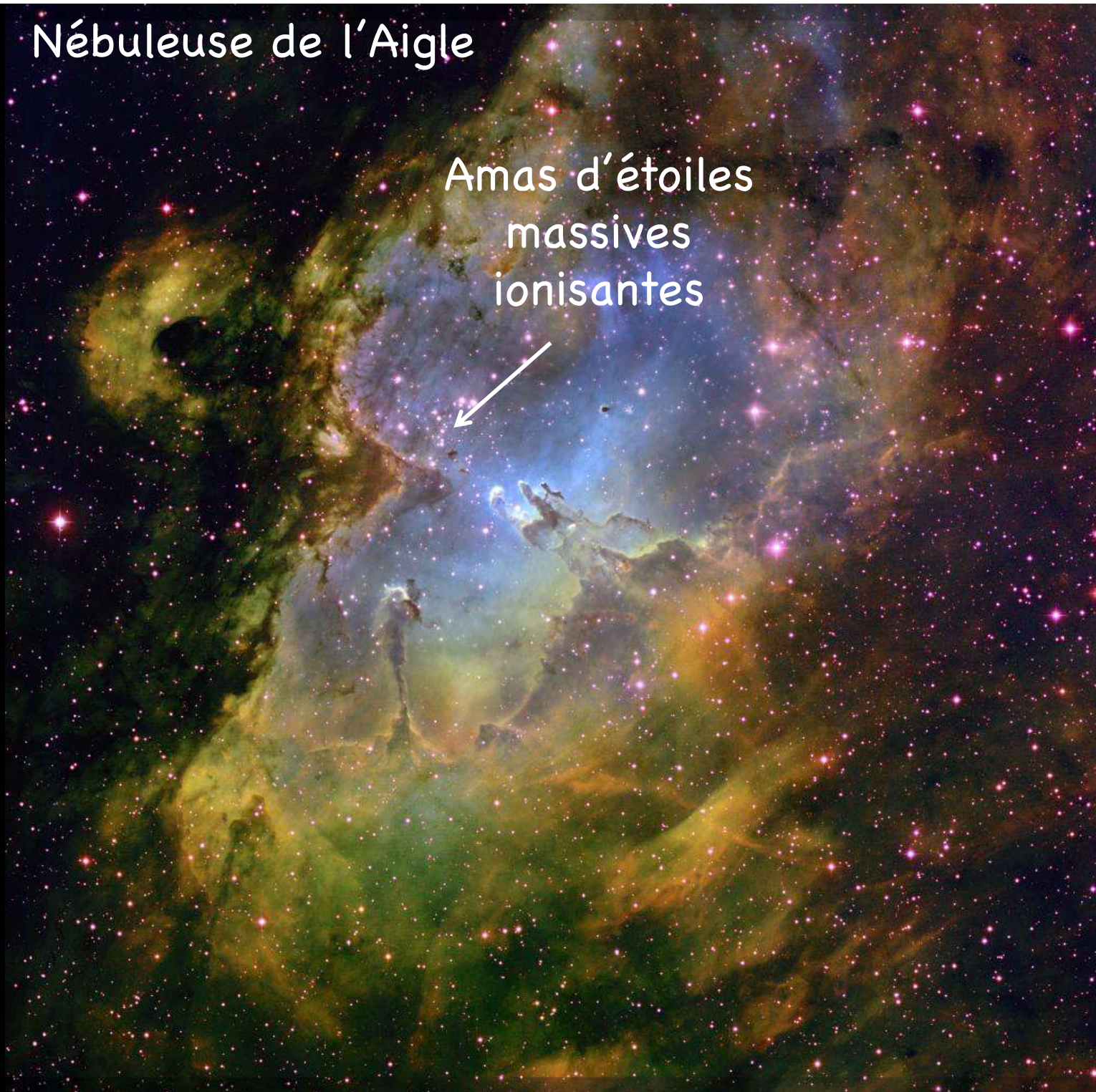


Hubble vs. Webb



Nébuleuse de l'Aigle

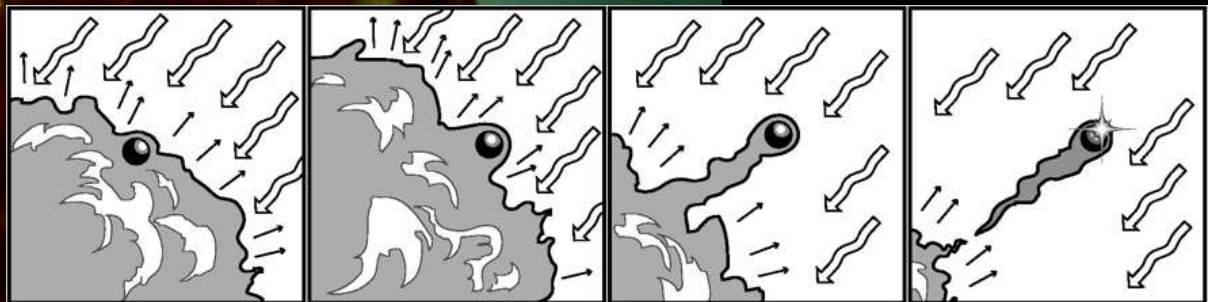
Amas d'étoiles
massives
ionisantes



Les "piliers de la création"

vers les
étoiles
massives

Gaz
moléculaire
froid ($\approx 10\text{K}$)

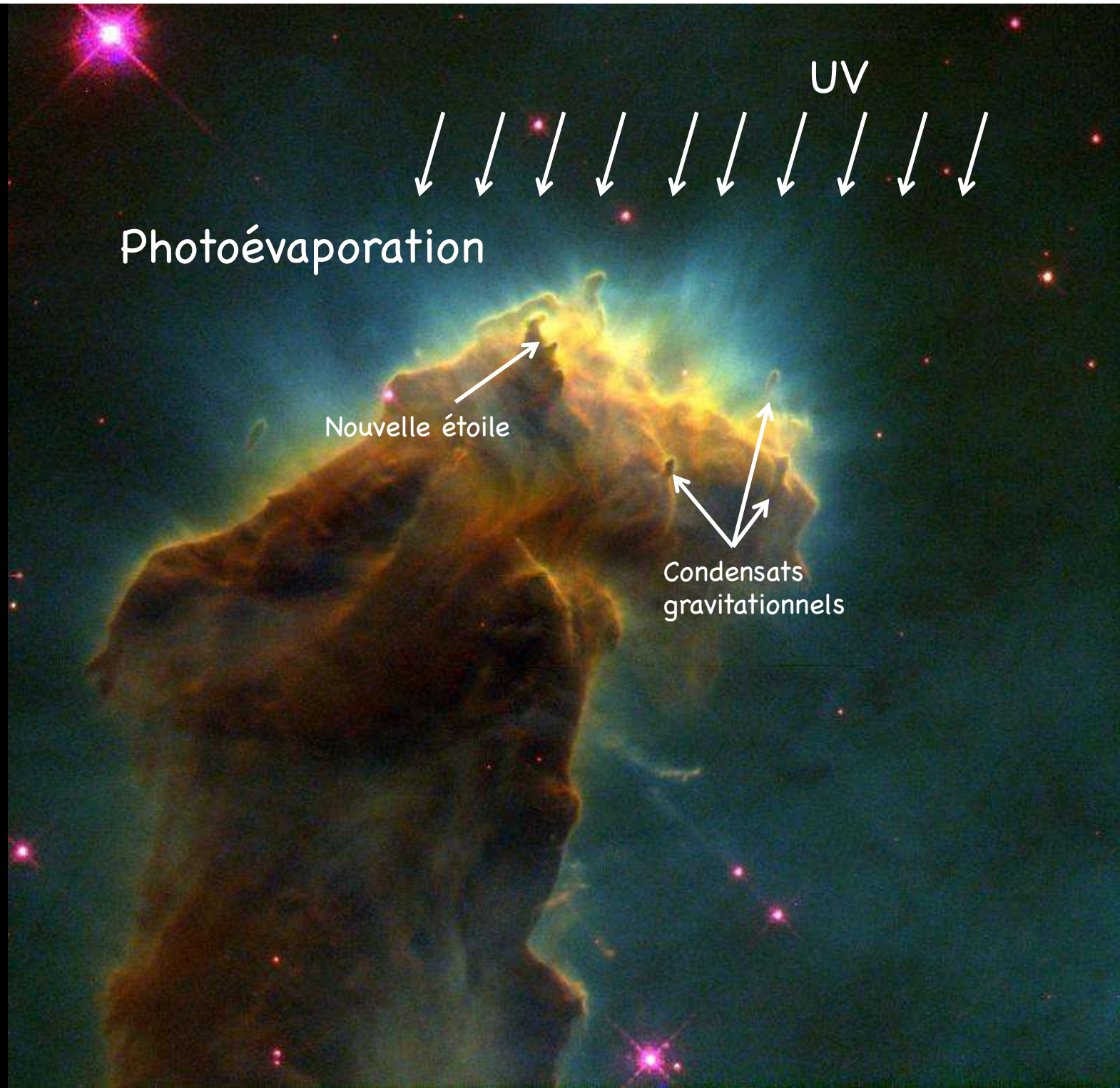


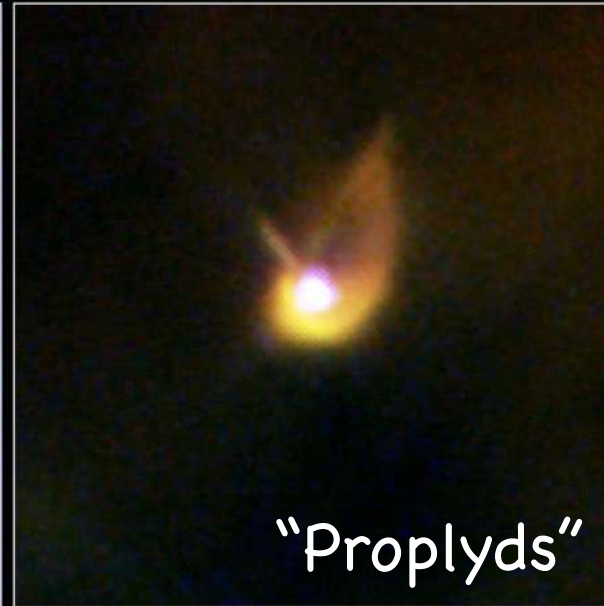
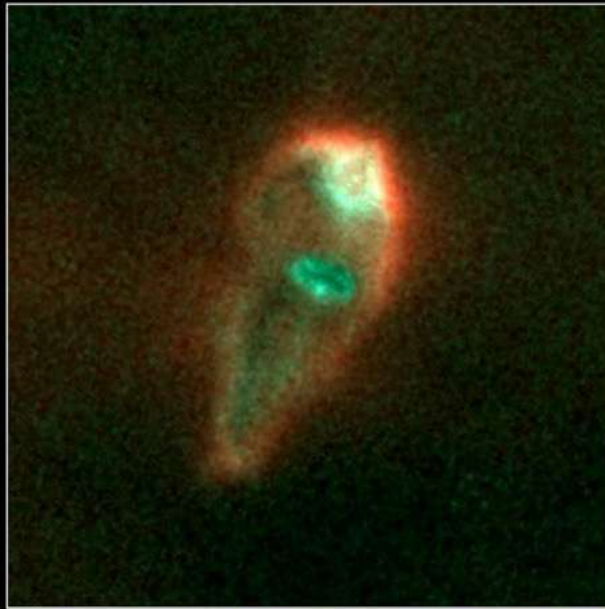
Photoévaporation

UV

Nouvelle étoile

Condensats
gravitationnels



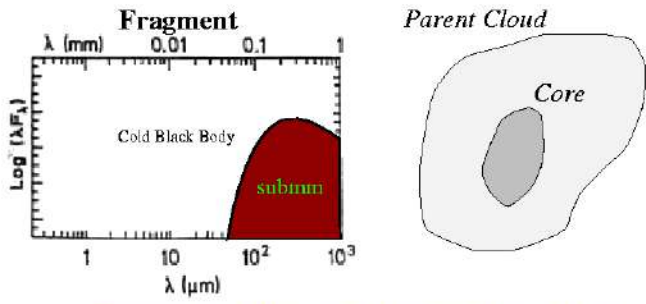


"Proplyds"

**Protoplanetary Disks in the Orion Nebula
Hubble Space Telescope • WFPC2**



Pre-Stellar Phase

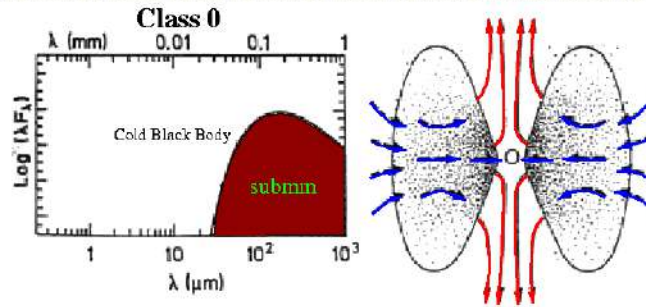


Formation of the central protostellar object

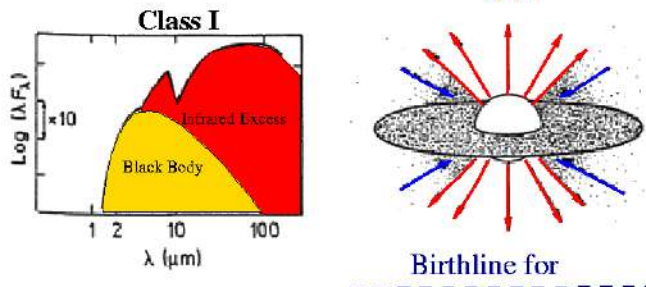
Pre-Stellar Dense Core
 $T_{\text{bol}} \sim 10\text{-}20\text{ K}$, $M_* = 0$
 - 1 000 000 yr

$t \sim 0$ yr

Protostellar Phase



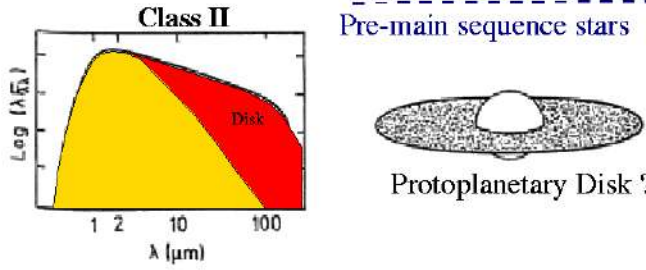
Young Accreting Protostar
 $T_{\text{bol}} < 70\text{ K}$, $M_* \ll M_{\text{env}}$
 < 30 000 yr



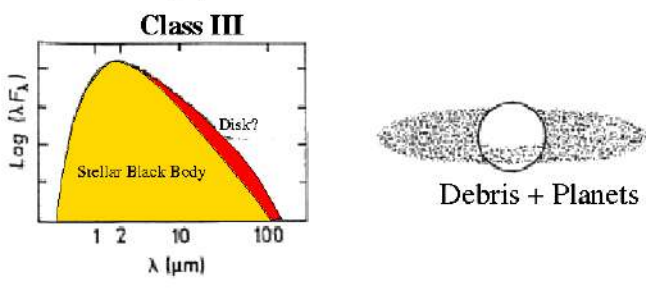
Evolved Accreting Protostar
 $T_{\text{bol}} \sim 70\text{-}650\text{ K}$, $M_* > M_{\text{env}}$
 ~ 200 000 yr

Birthline for Pre-main sequence stars

Pre-Main Sequence Phase



Classical T Tauri Star
 $T_{\text{bol}} \sim 650\text{-}2880\text{ K}$, $M_{\text{Disk}} \sim 0.01 M_{\odot}$
 ~ 1 000 000 yr



Weak T Tauri Star
 $T_{\text{bol}} > 2880\text{ K}$, $M_{\text{Disk}} < M_{\text{Jupiter}}$
 ~ 10 000 000 yr

Time

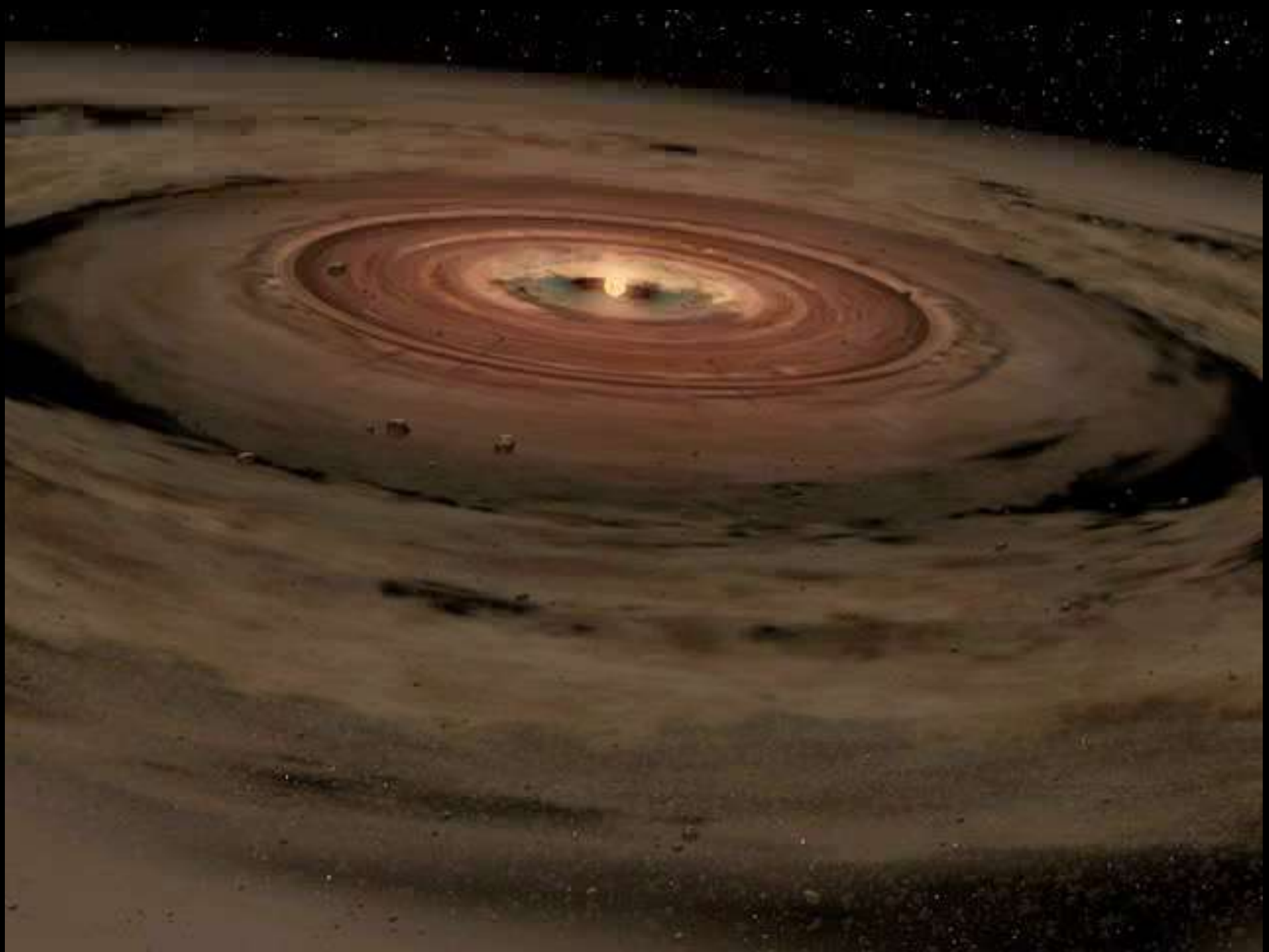
Un coeur pre-stellaire dense est froid ($T \approx 10\text{K}$) et donc visible seulement dans le submm

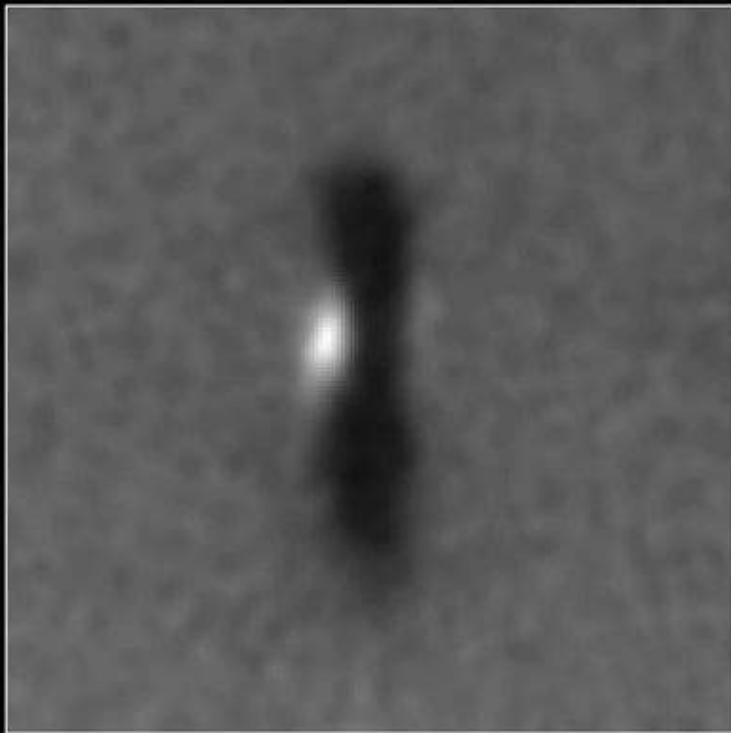
Une protoétoile se forme au centre du coeur, mais sa température est toujours très froide

La protoétoile grossit, l'accrétion par le disque et l'enveloppe est très importante; l'étoile est "cachée"

La masse de l'étoile augmente peu, mais un disque est toujours présent

Le disque a presque disparu et restent des débris de planétésimaux





Protoplanetary Disks

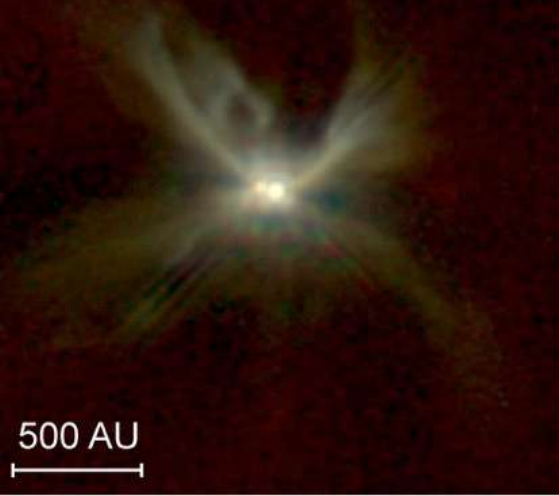
HST · WFPC2

Orion Nebula *Disque détecté en absorption*

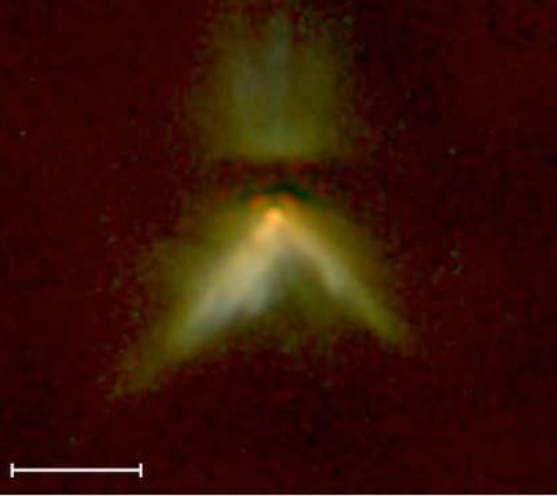
PRC95-45b · ST ScI OPO · November 20, 1995

M. J. McCaughrean (MPIA), C. R. O'Dell (Rice University), NASA

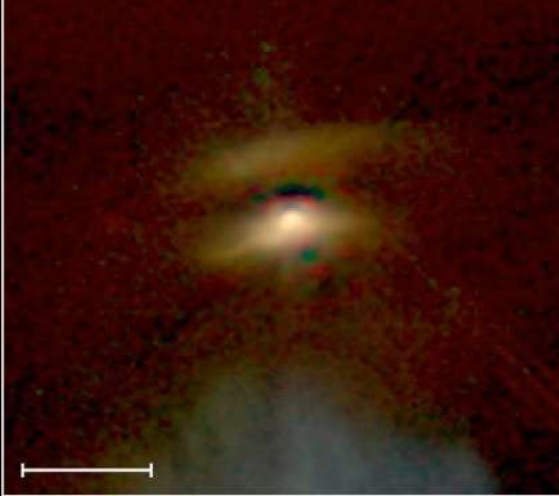
CoKu Tau1



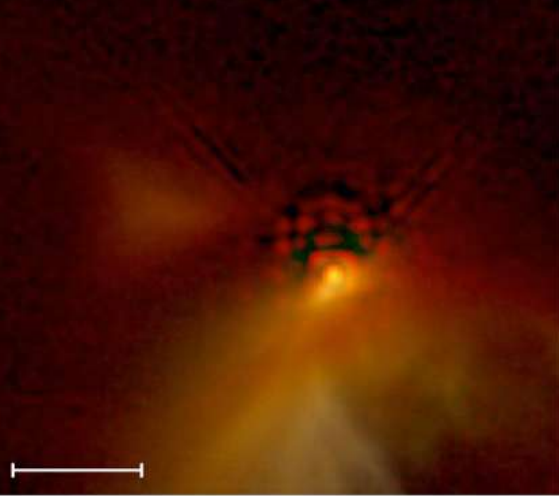
DG Tau B



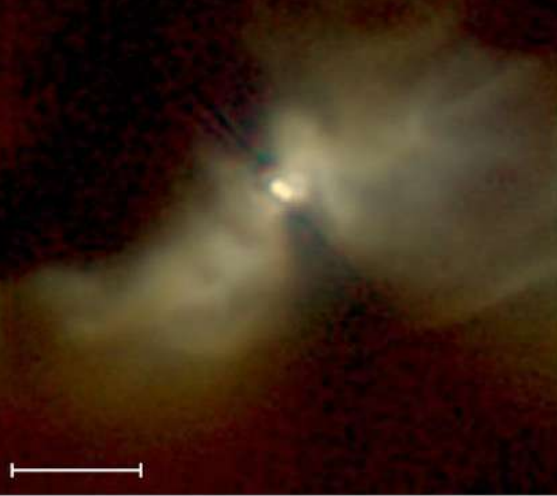
Haro 6-5B



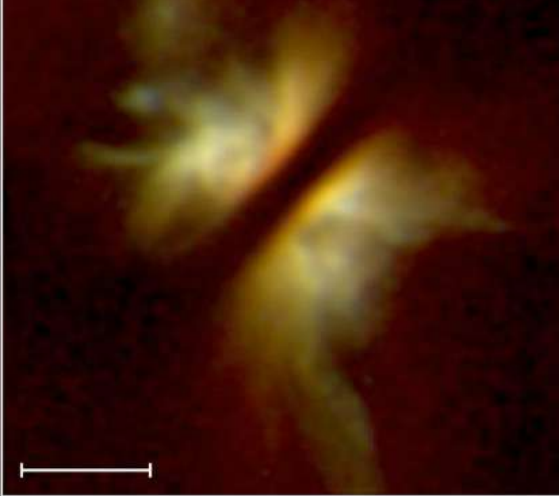
IRAS 04016+2610



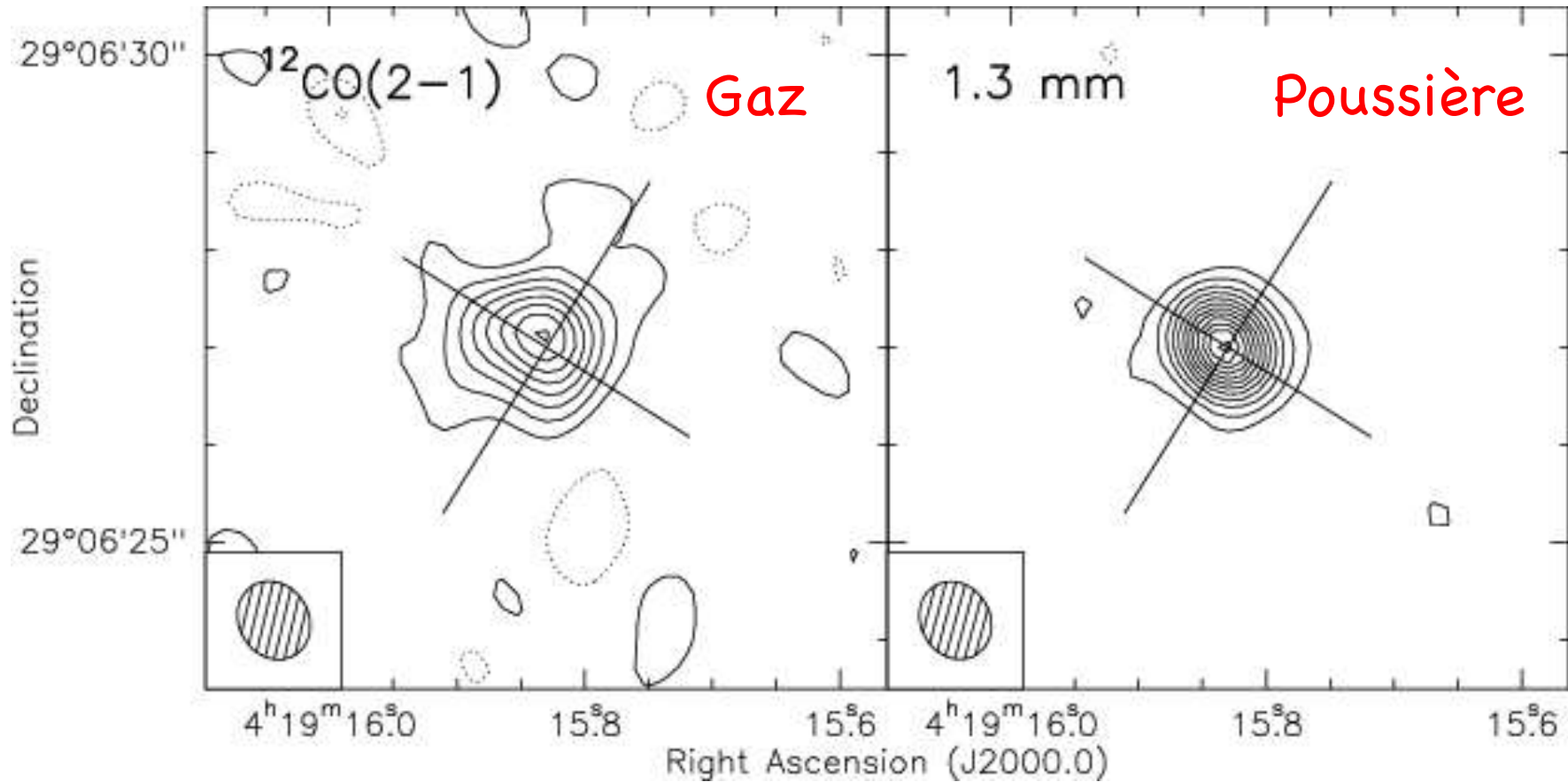
IRAS 04248+2612



IRAS 04302+2247

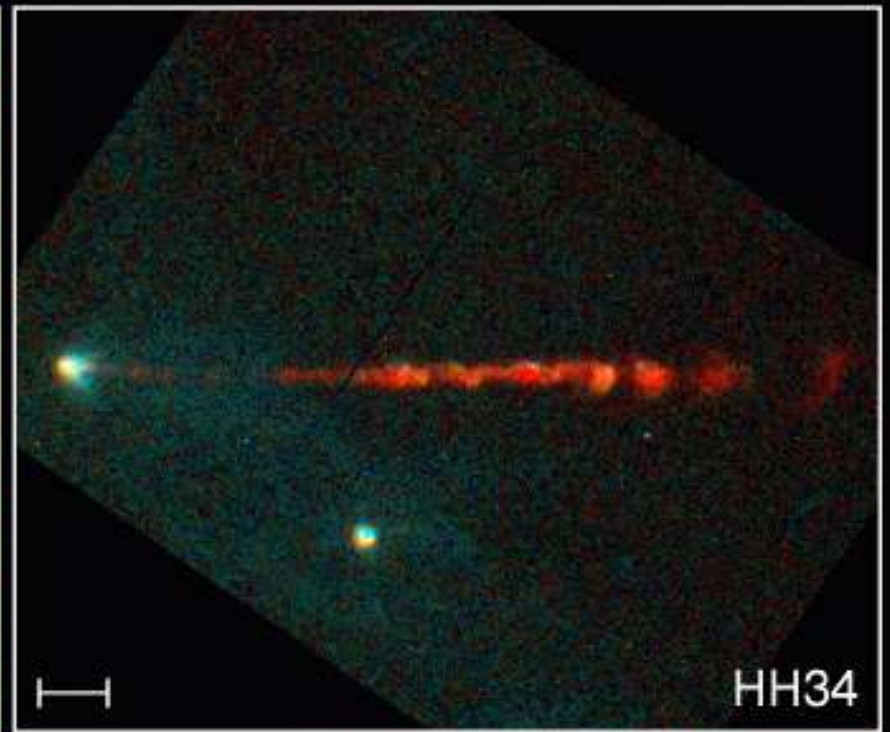
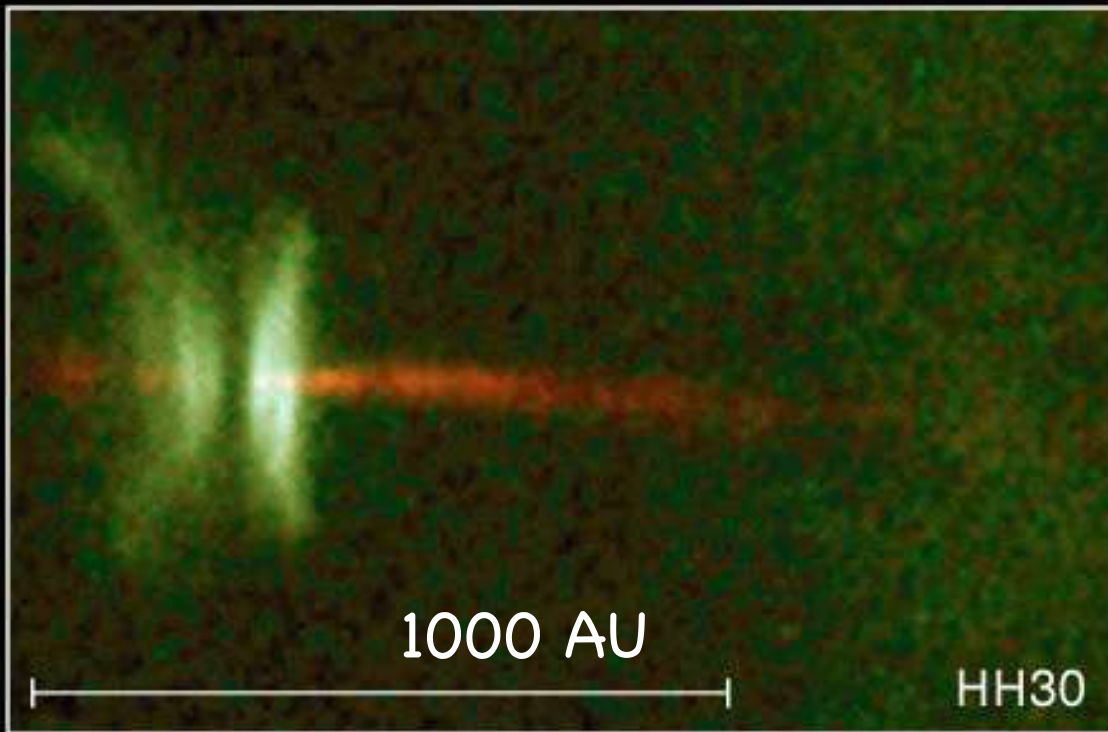


Young Stellar Disks in Infrared **Disque détecté**
Hubble Space Telescope • NICMOS **en diffusion**



Disque en émission

Images faites avec IRAM Interféromètre du Plateau de Bure... cf ALMA!



Jets from Young Stars

HST · WFPC2

PRC95-24a · ST ScI OPO · June 6, 1995

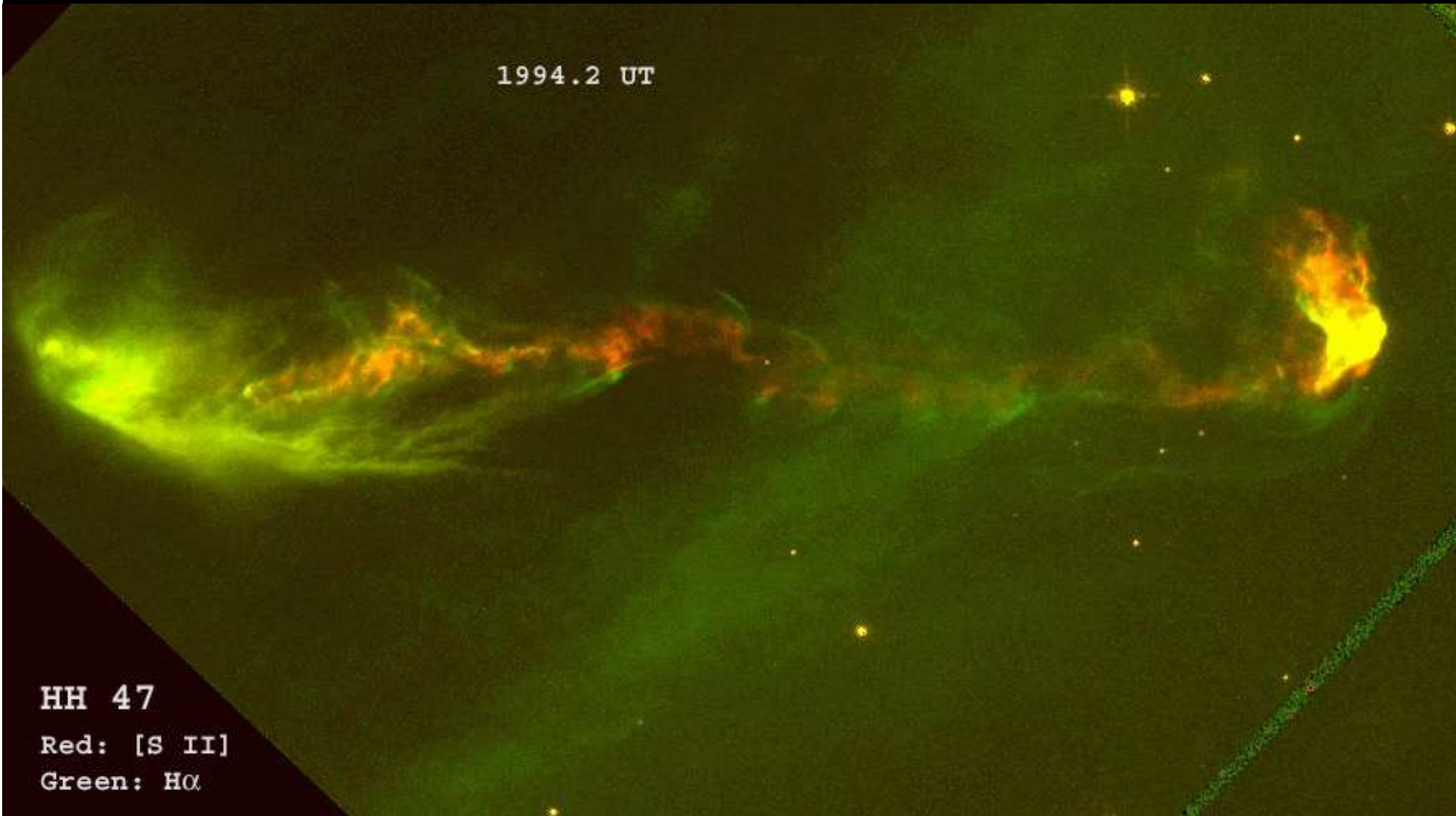
C. Burrows (ST ScI), J. Hester (AZ State U.), J. Morse (ST ScI), NASA

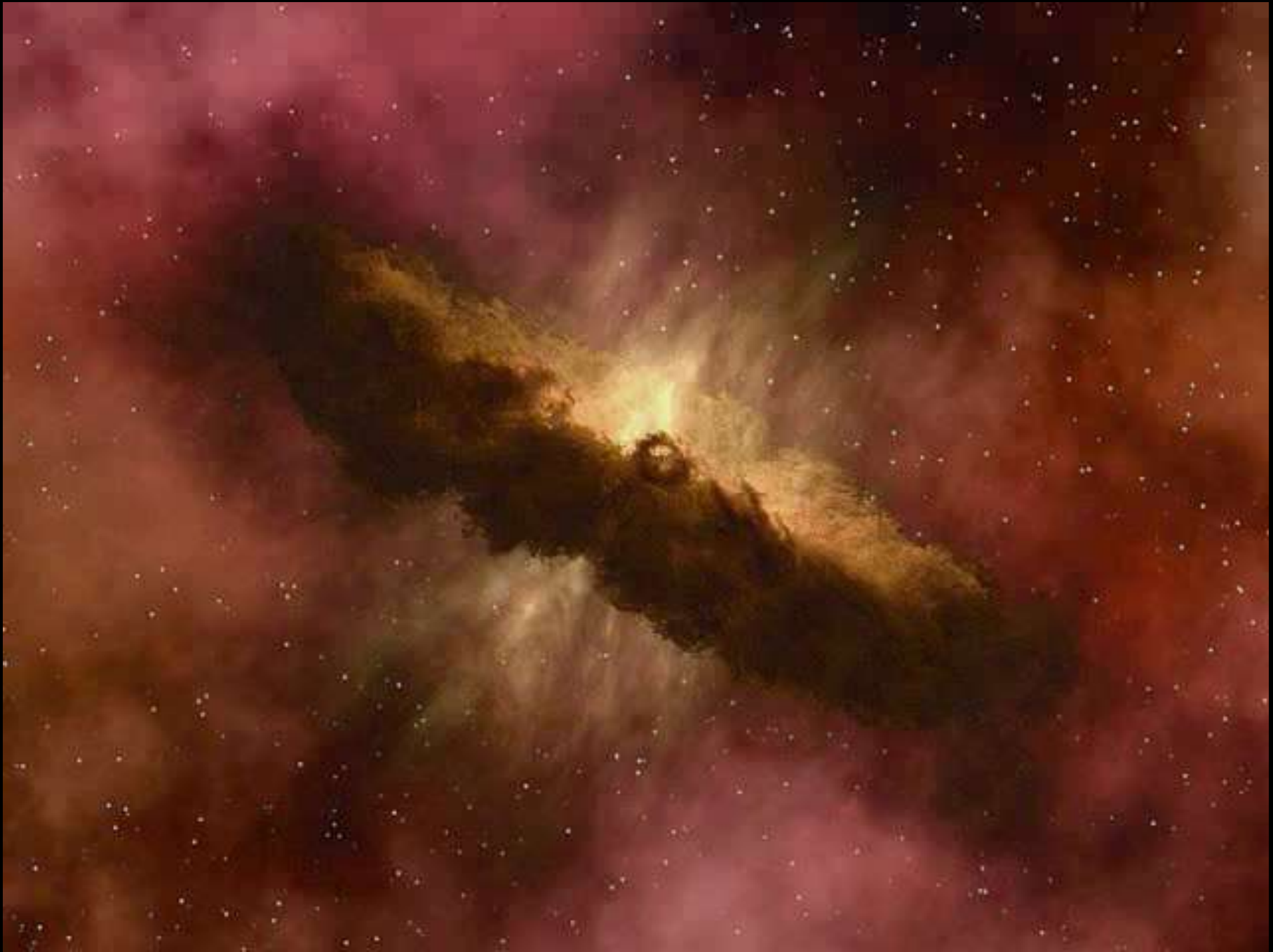
1994.2 UT

HH 47

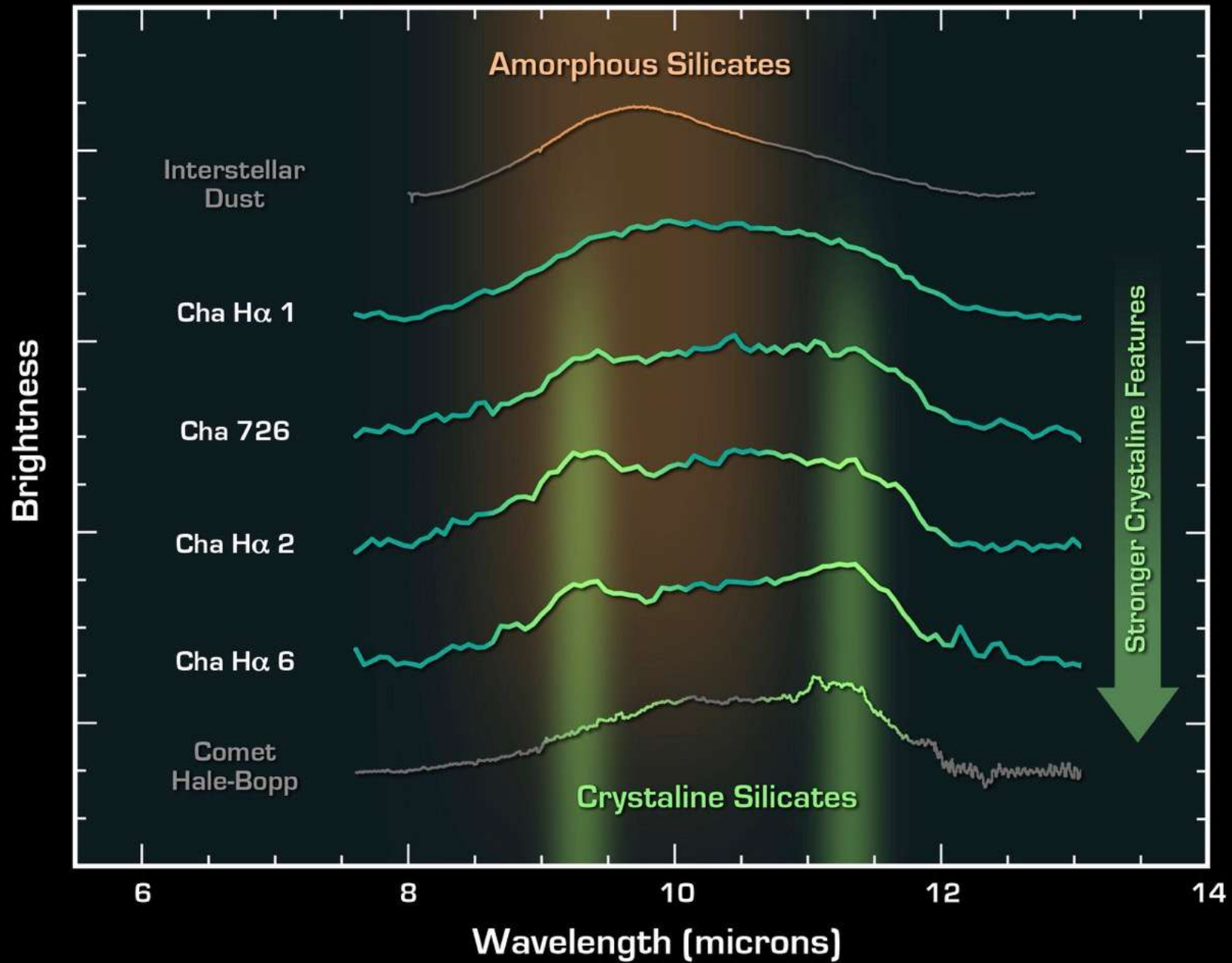
Red: [S II]

Green: H α





NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC-Caltech)



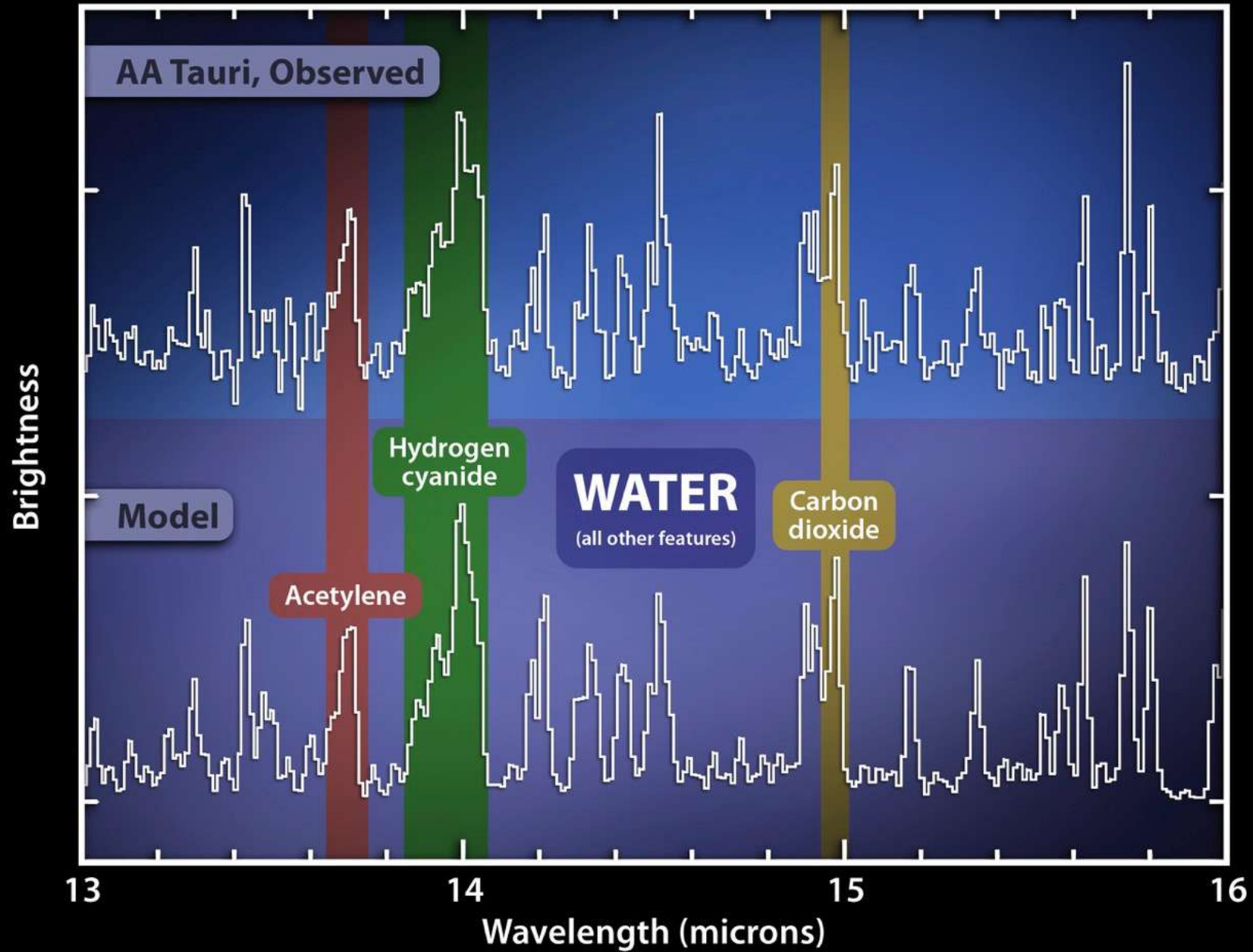
Crystalline Dust in Brown Dwarf Disks

Spitzer Space Telescope • IRS

NASA / JPL-Caltech / D. Apai (University of Arizona)

ssc2005-21a

99% de la masse = gaz (H_2)



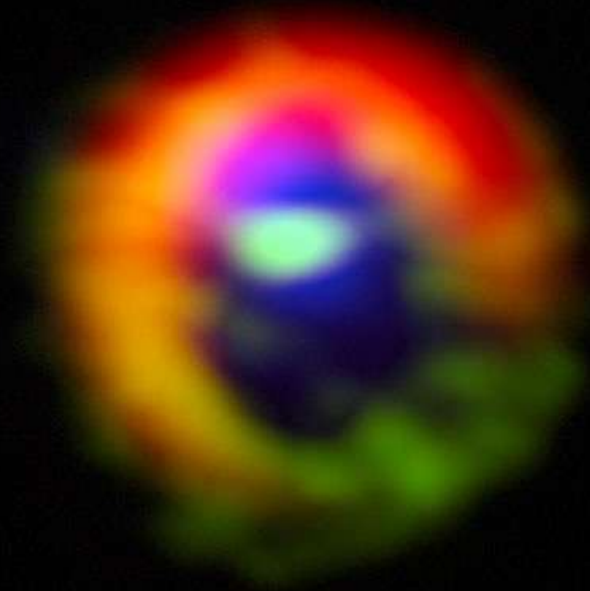
Organic Molecules and Water in a Protoplanetary Disk

Spitzer Space Telescope • IRS

NASA / JPL-Caltech / J. Carr (Naval Research Laboratory)

ssc2008-06a

Observation ALMA de la jeune étoile HD 142527:
transfert de gaz depuis le disque extérieur vers le
disque intérieur via les planètes et le trou



Rouge: poussière
bleu: CO (gaz diffus)
vert: HCO⁺ (gaz dense)



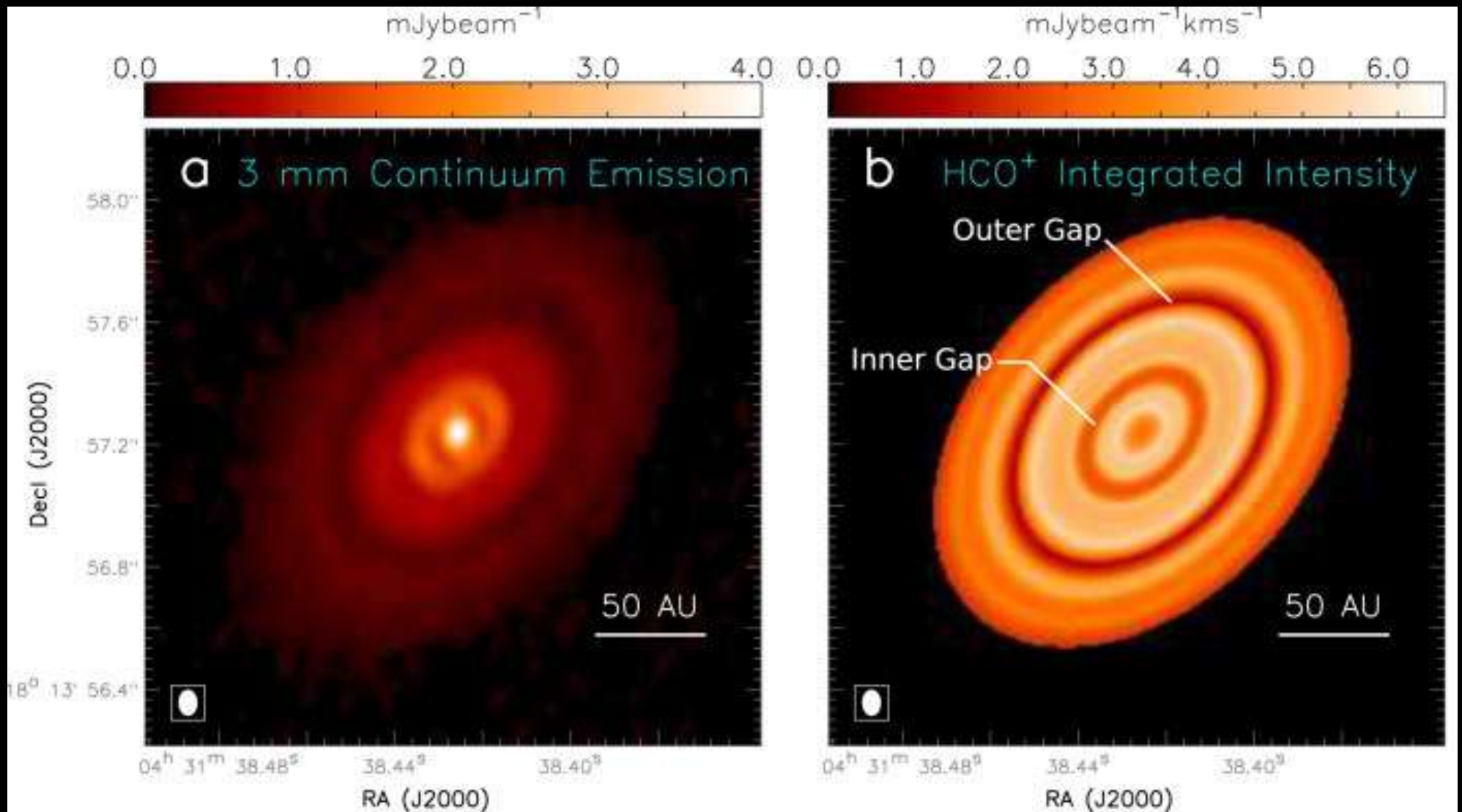
Casassus et al. 2013



Comparaison entre le disque autour de HL Tau
et le Système solaire

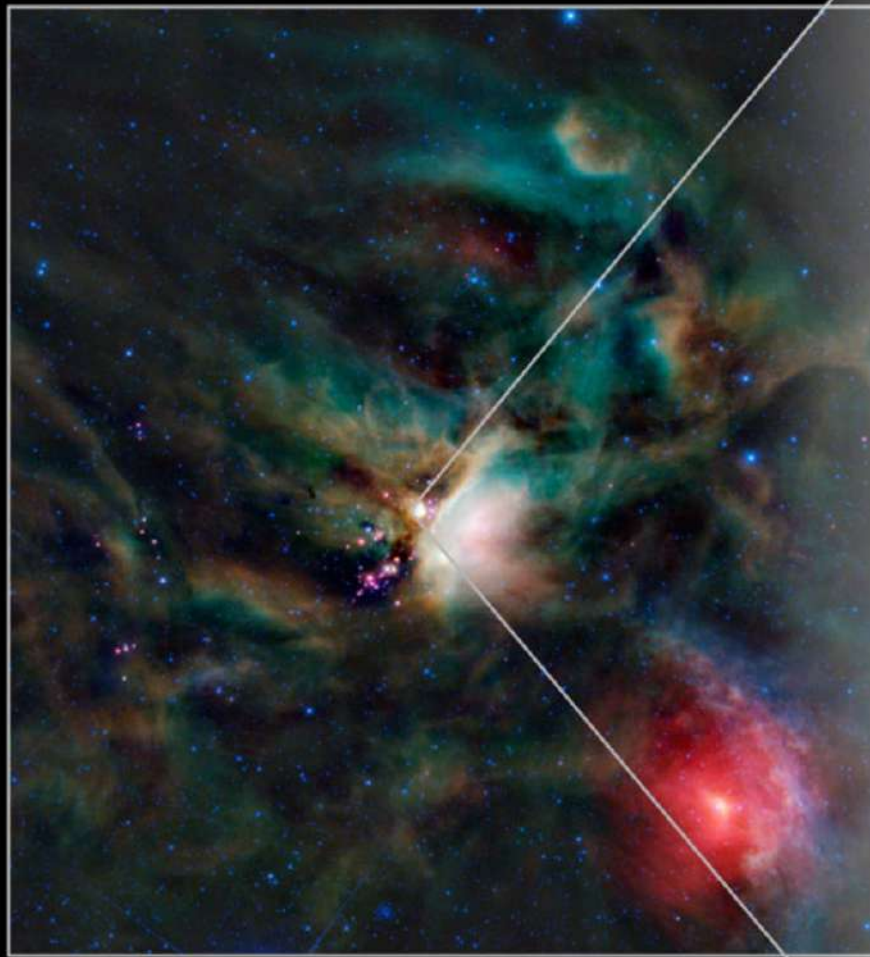
Résolution de 35 mas=4.9 au

ALMA partnership 2014



Yen et al. (2016)

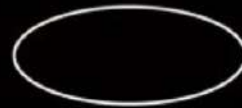
Les "gaps" de poussière sont les mêmes dans le gaz
→ gaps formés par des planètes?



The Ophiuchus star-forming region

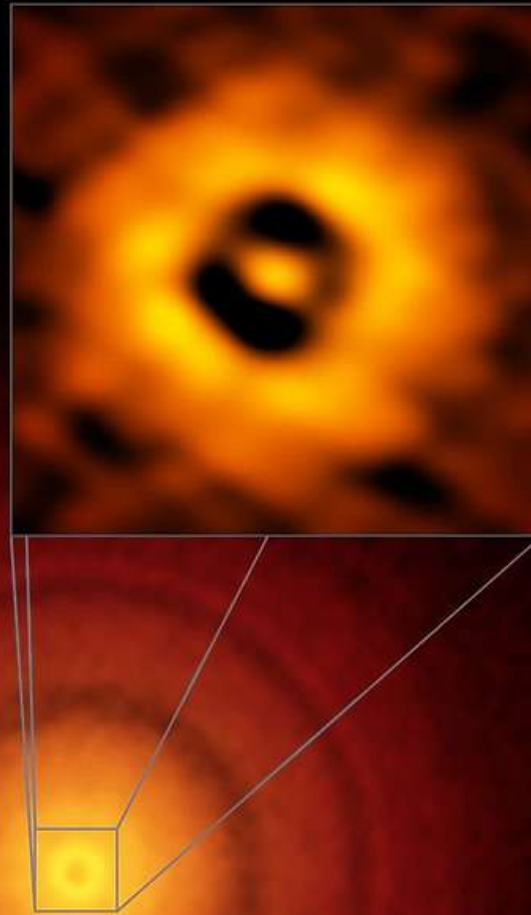
Elias 2-27 as seen by ALMA

Kuiper Belt orbit



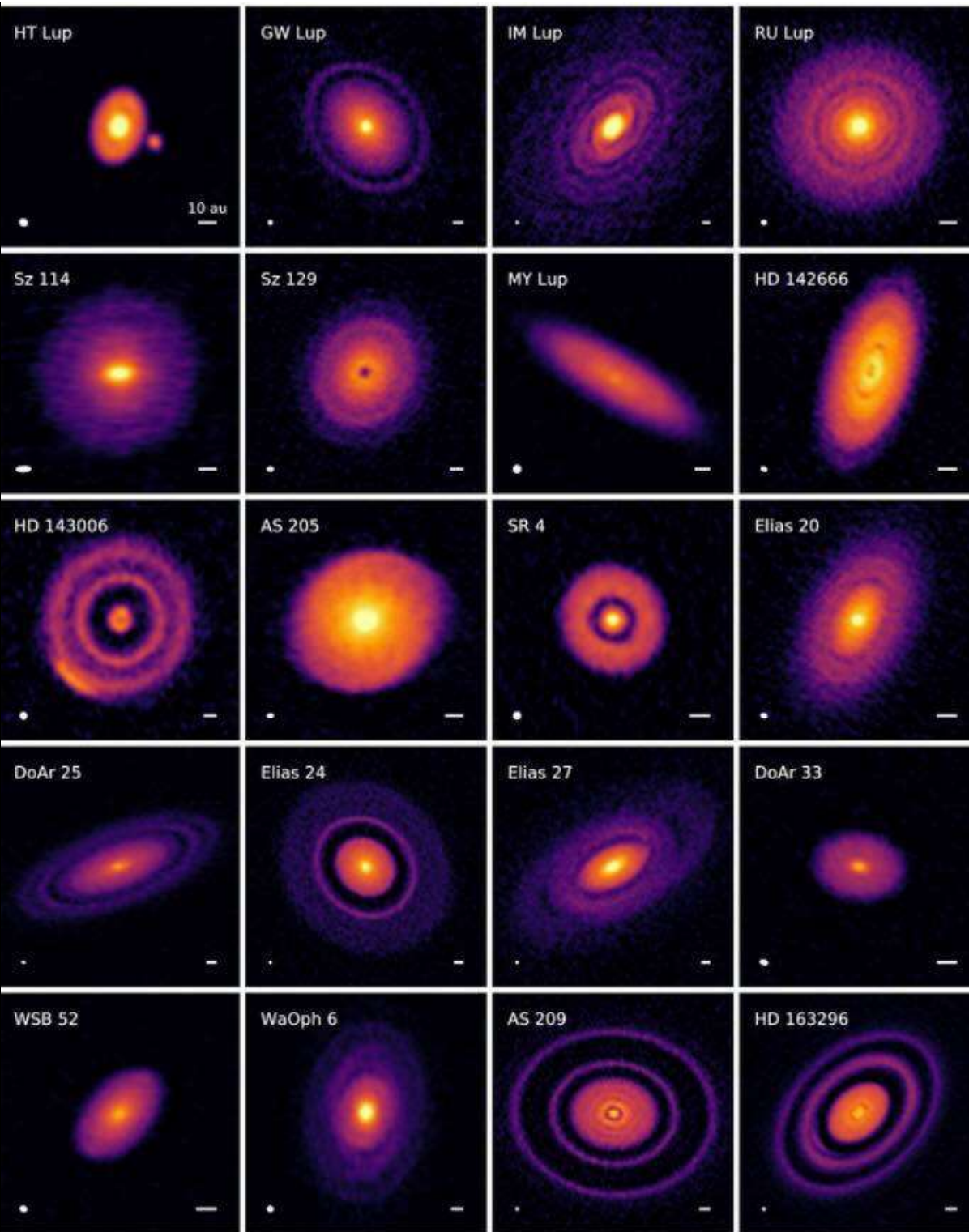
Présence d'ondes de densité gravitationnelles

Image ALMA image du
disque autour de la
jeune étoile TW Hydrae
avec un "trou" à 1 au

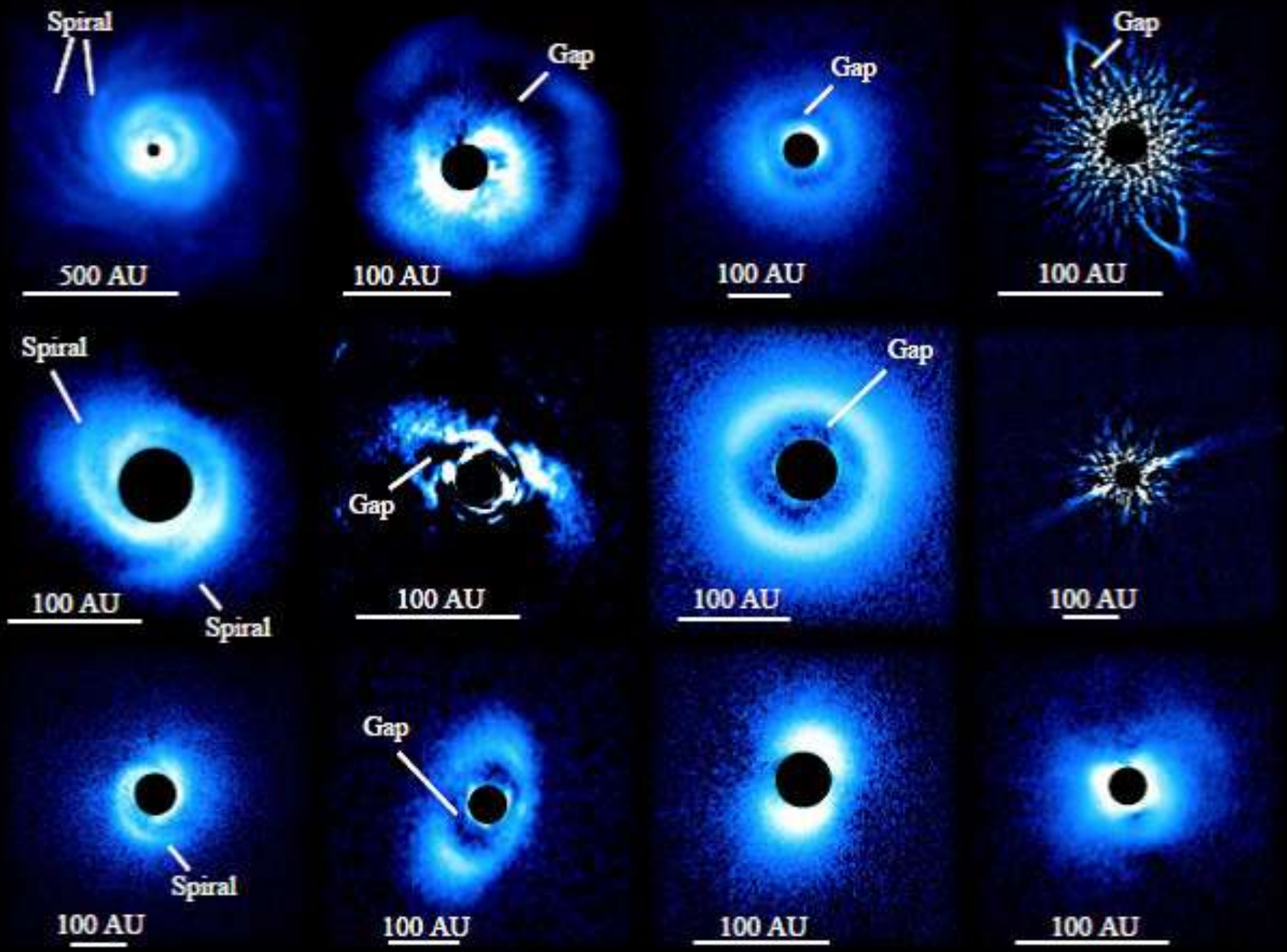


Résolution de ≈ 1 au

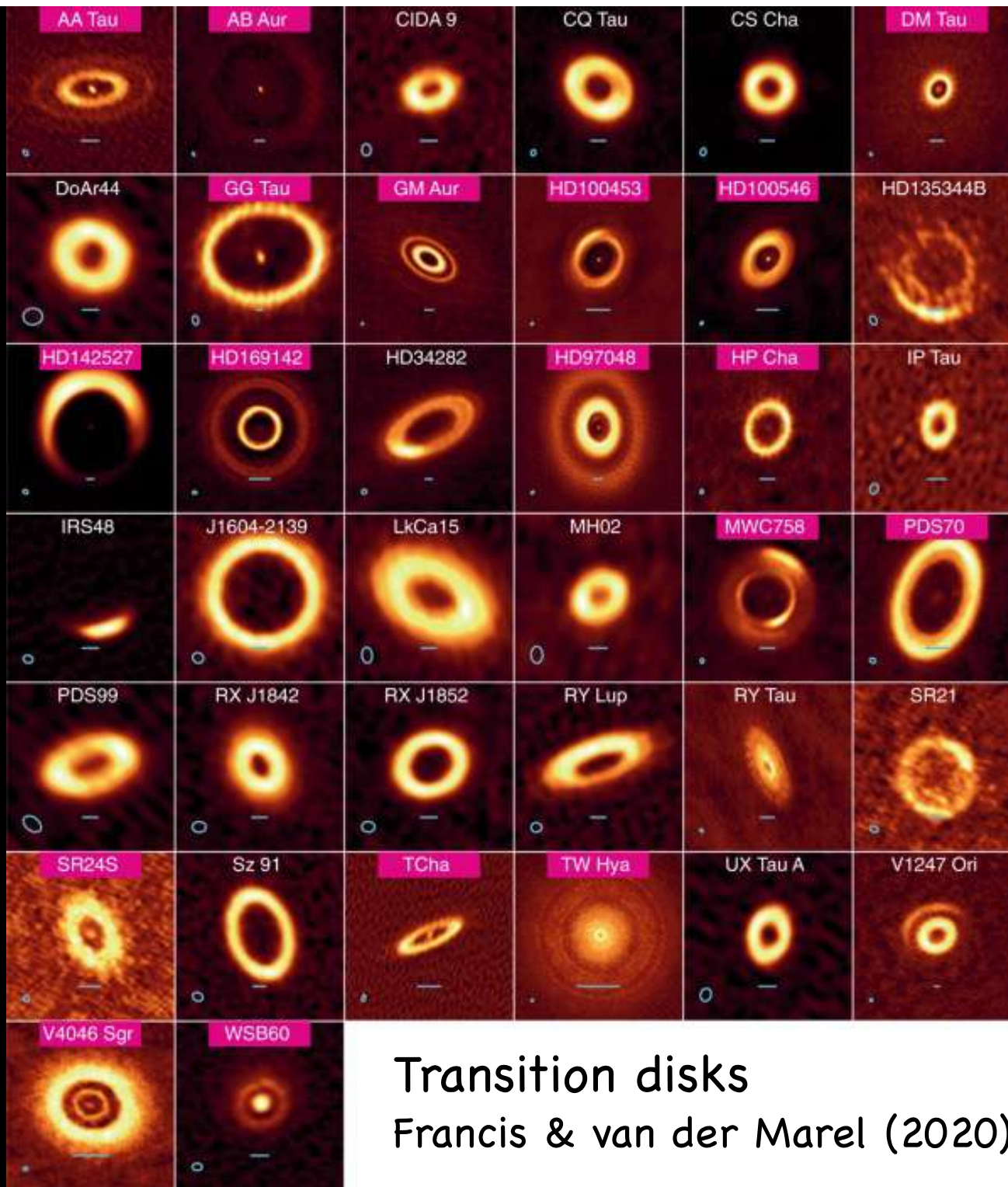
S. Andrews (CfA)+ESO 2016



DSHARP
Dec 2018



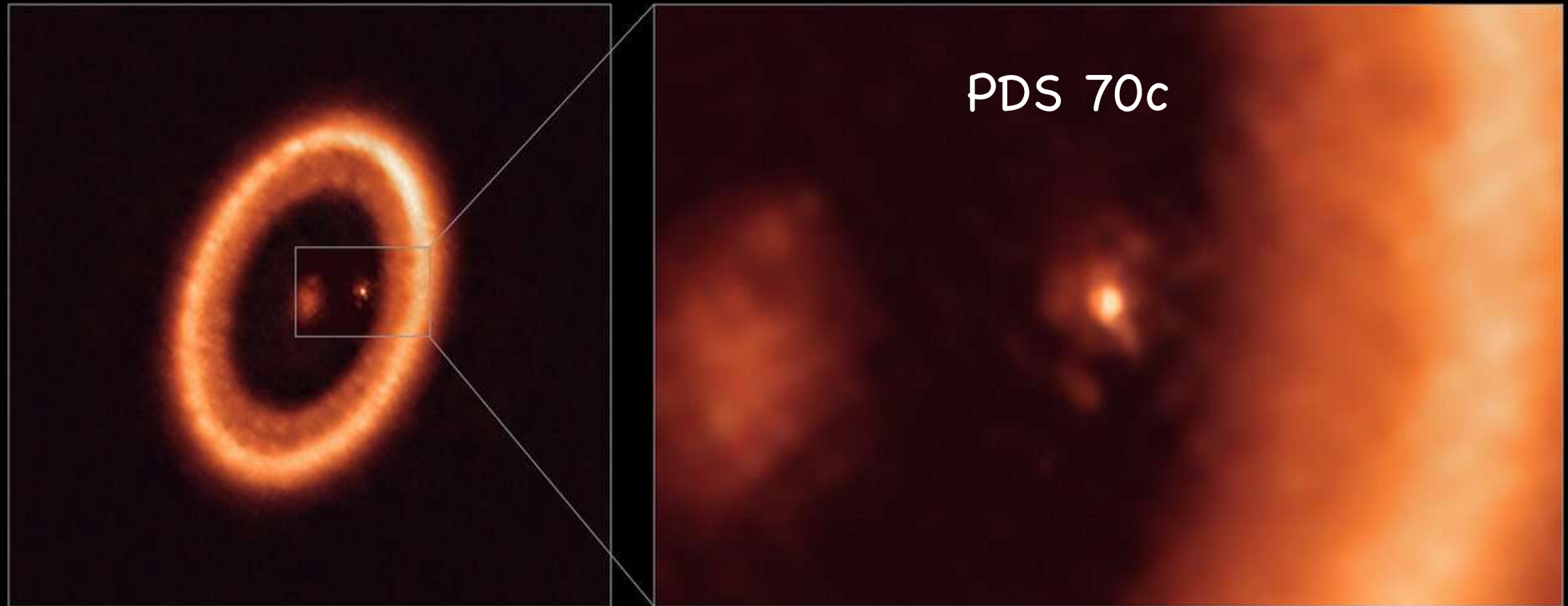
Subaru SEEDS, credit: NAOJ



Transition disks

Francis & van der Marel (2020),

Présence d'un disque autour d'une proto-planète



Credit:ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/Benisty et al.

<https://www.eso.org/public/videos/eso2111b/>

Conclusions

- ◆ Les nuages moléculaires sont les pouponnières d'étoiles
- ◆ Les étoiles naissent en centaines de milliers à millions d'années
- ◆ Elles naissent dans des environnements durs (irradiation, turbulence, chocs, etc) qui change drastiquement la chimie du milieu environnant
- ◆ Elles se forment souvent en amas d'étoiles avec des étoiles massives et des centaines d'étoiles de faible masse, mais parfois la formation stellaire est plus dispersée avec peu/pas d'étoiles massives
- ◆ Les disques de matière autour des étoiles sont les lieux de formations de proto-planètes
- ◆ La poussière s'entrechoque jusqu'à former des planétésimaux, et le gaz est accrété pour former les planètes géantes
- ◆ Toutefois, nombreuses sont les questions restantes!



Comedia finita est
plaudite omnes!