Etoiles, disques et planètes

Cours de Master 2

Tristan Guillot
guillot@obs-nice.fr
http://www.obs-nice.fr/guillot/DEA/

Plan du cours

1. Hydro-statique et dynamique, gravitation
2. L'évolution stellaire en deux mots
3. Moment cinétique & disques protoplanétaires
4. Structure des disques protoplanétaires
5. Vers la formation planétaire

Etoiles, disques et planètes: pourquoi?

- **Il s'agit de comprendre nos origines**
  - Comment s'est formé le Système Solaire, la Terre?
  - Comment se forment les étoiles, les planètes
  - Peut-on analyser et prédire l'existence de systèmes planétaires?
- **On observe des étoiles en formation!**
  - Nuages moléculaires -> disques circumstellaires -> étoiles T-Tauri
- **Les exoplanètes existent!**
  - Plus de 300 connues à ce jour, plus de 40 caractérisées (masse, rayon connus)

Le recyclage de la matière

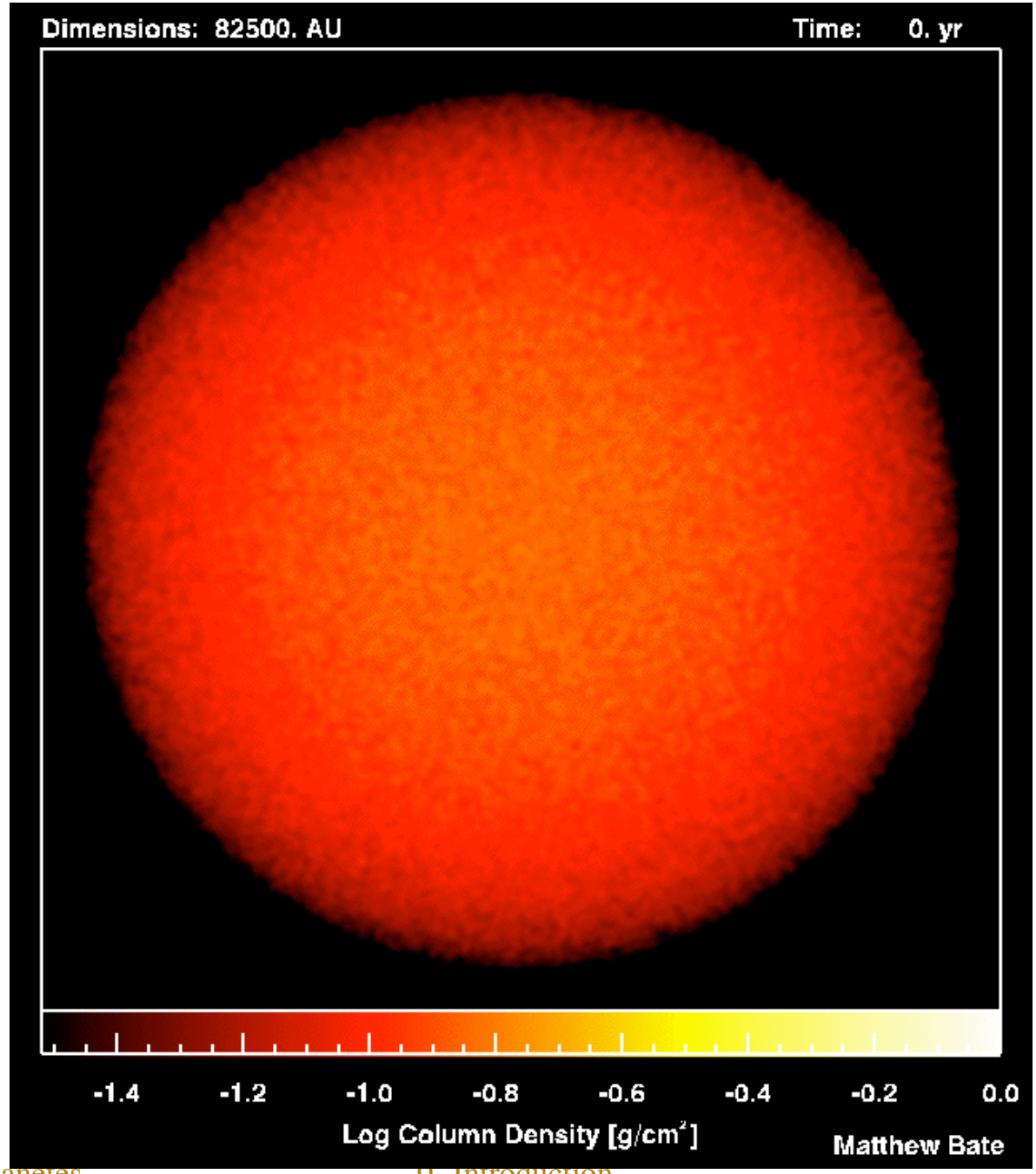
Les étapes clés

1. Une pouponnière d'étoiles

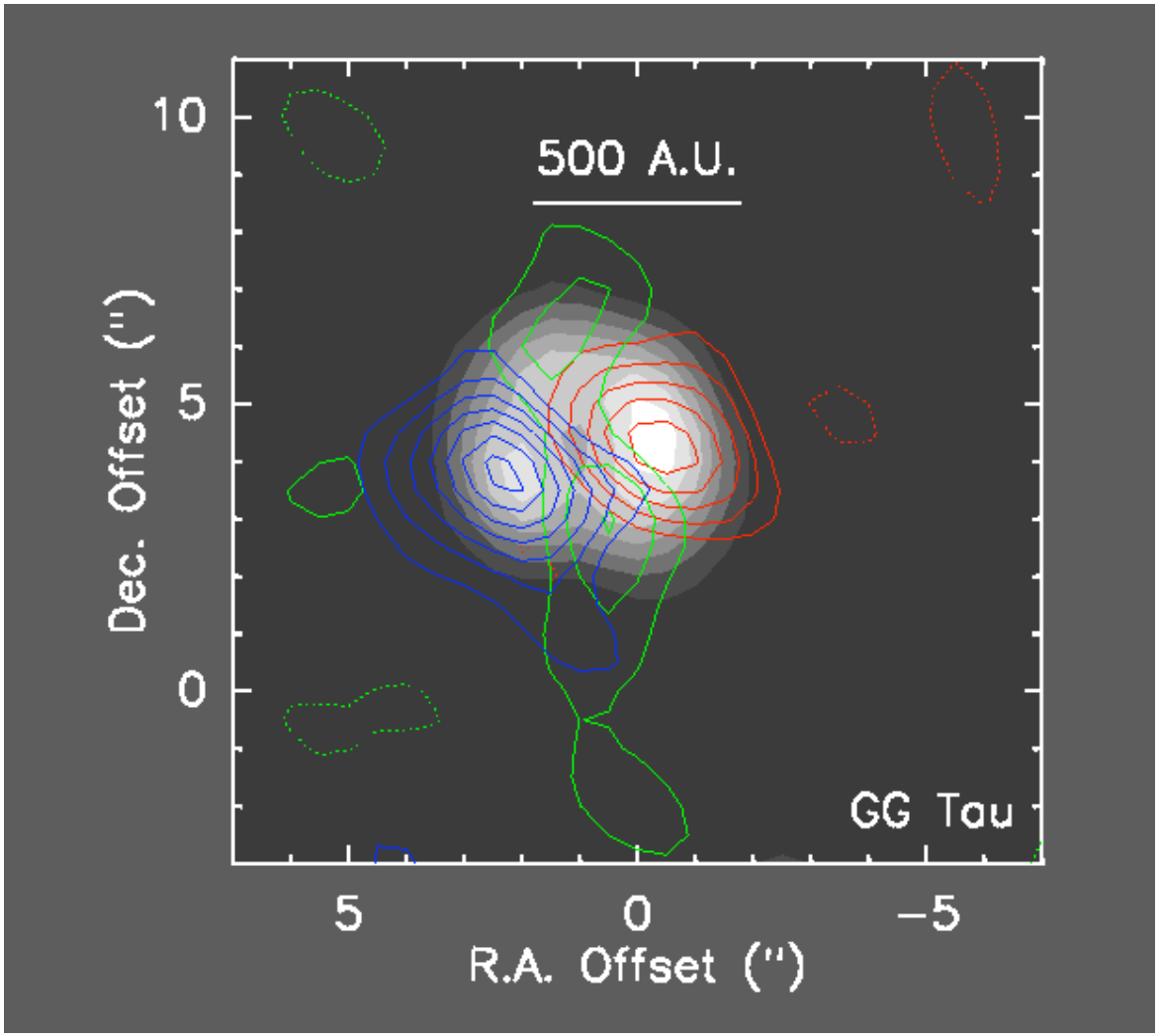
Keyhole Nebula

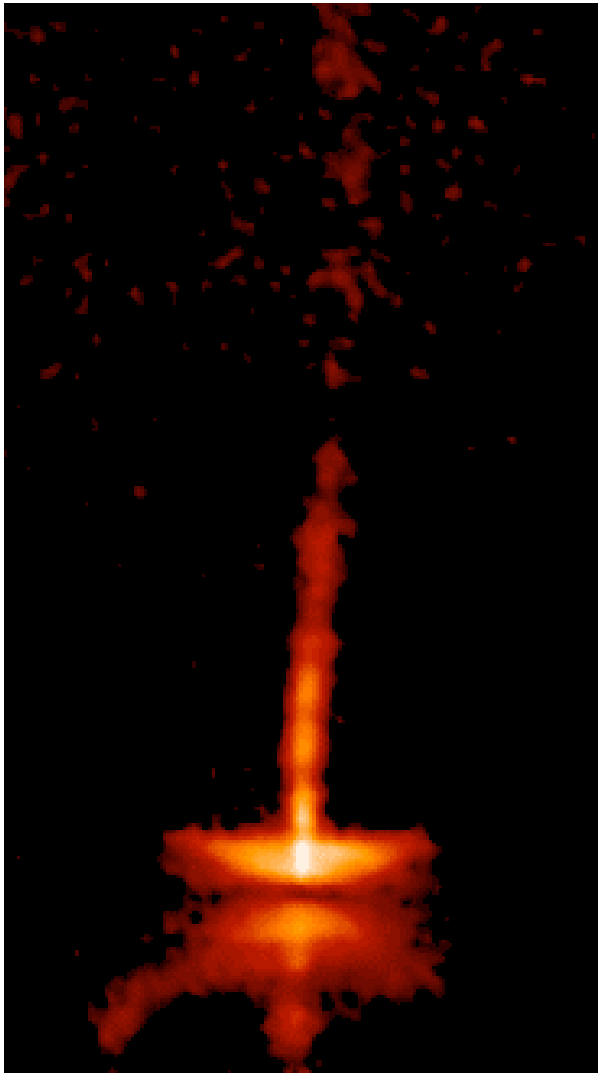


Hubble Heritage

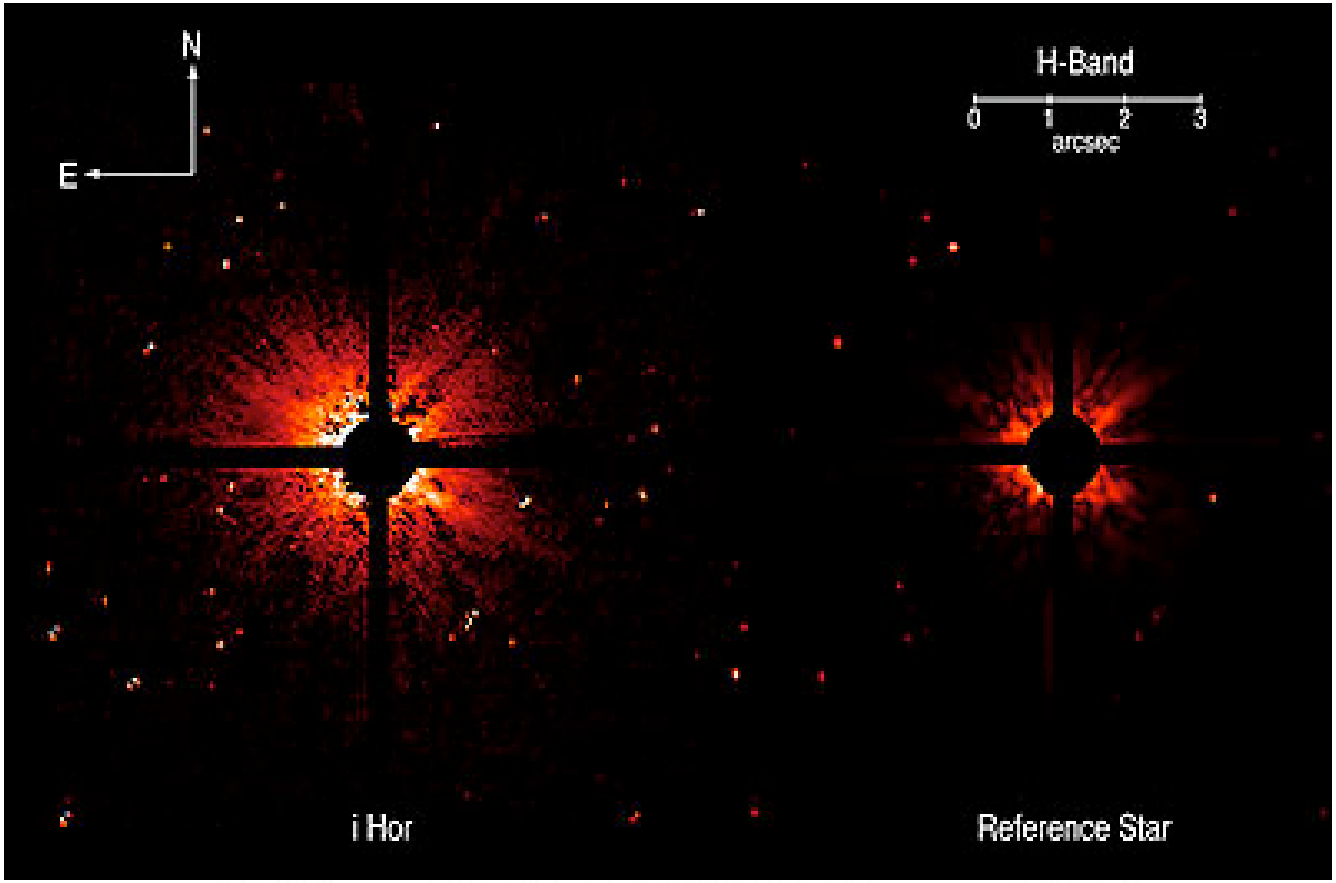

Dimensions: 82500. AU
Time: 0. yr
-1.4
-1.2
-1.0
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0.0
Log Column Density [g/cm^2]
Matthew Bate

2. Protoétoiles, disques & jets





3. Les disques de débris

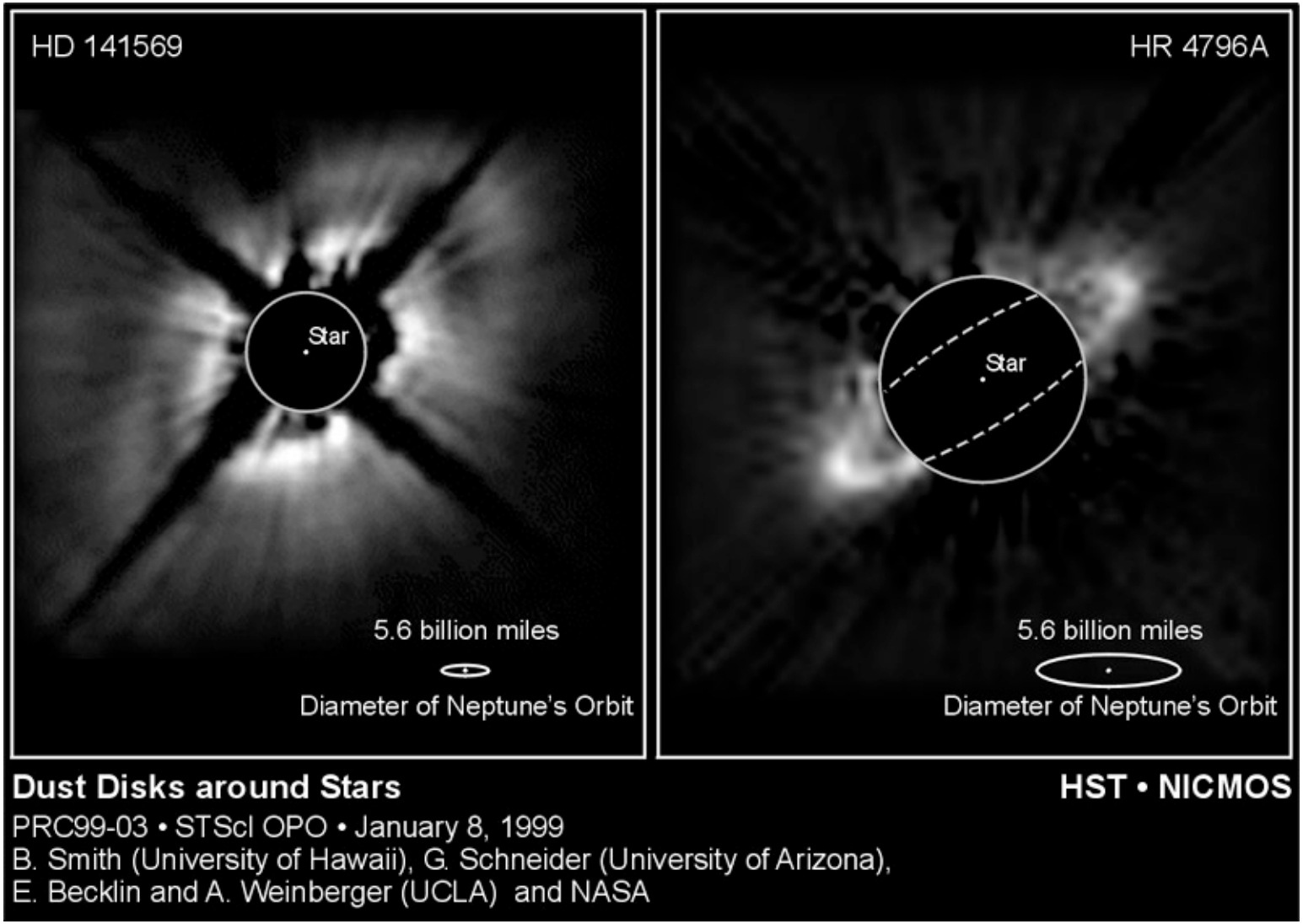


The Disk around Iota Horologii (ESO 3.6-m Telescope + ADONIS)

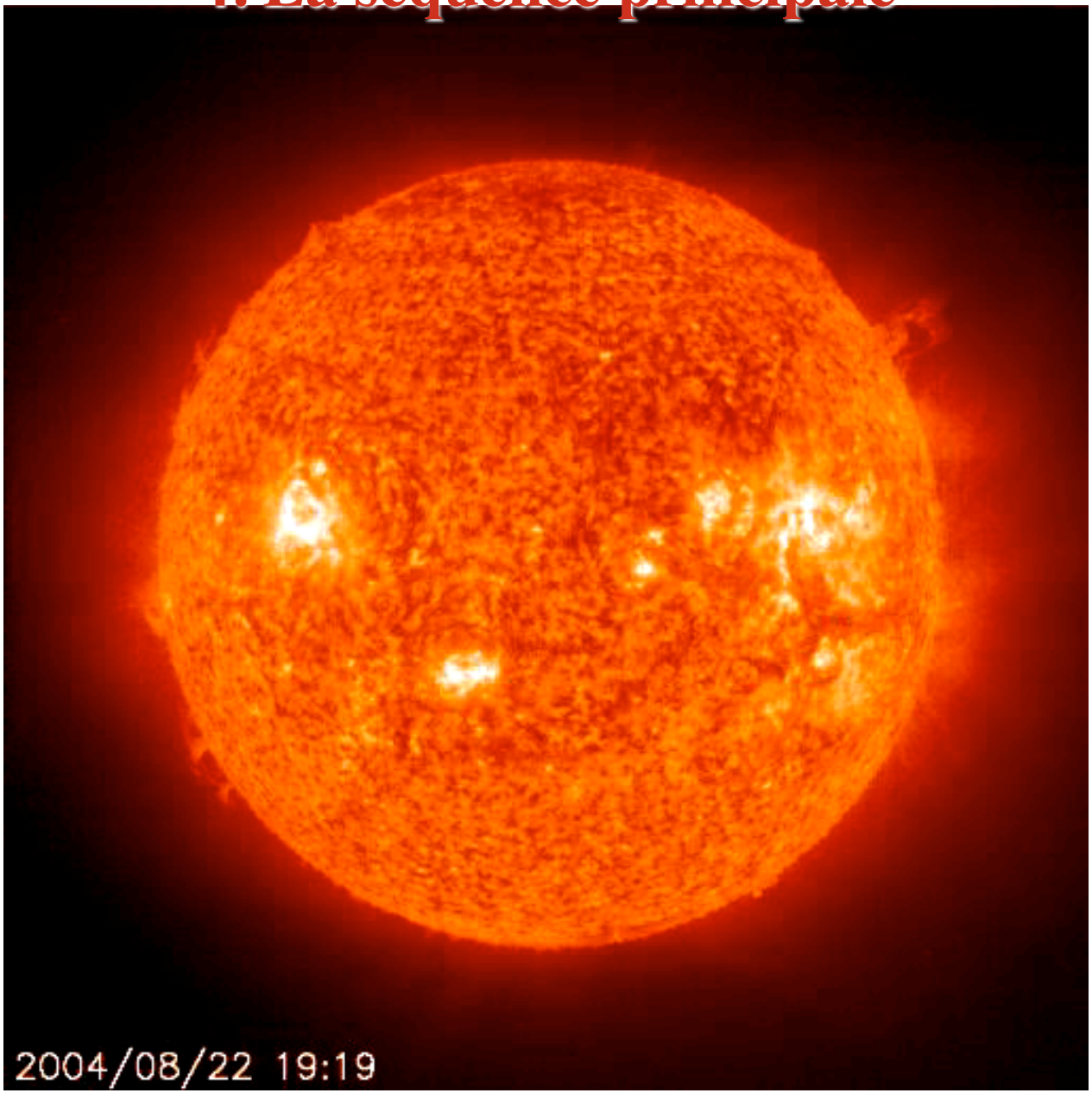
ESO PR Photo 27/00 (13 October 2000)

© European Southern Observatory

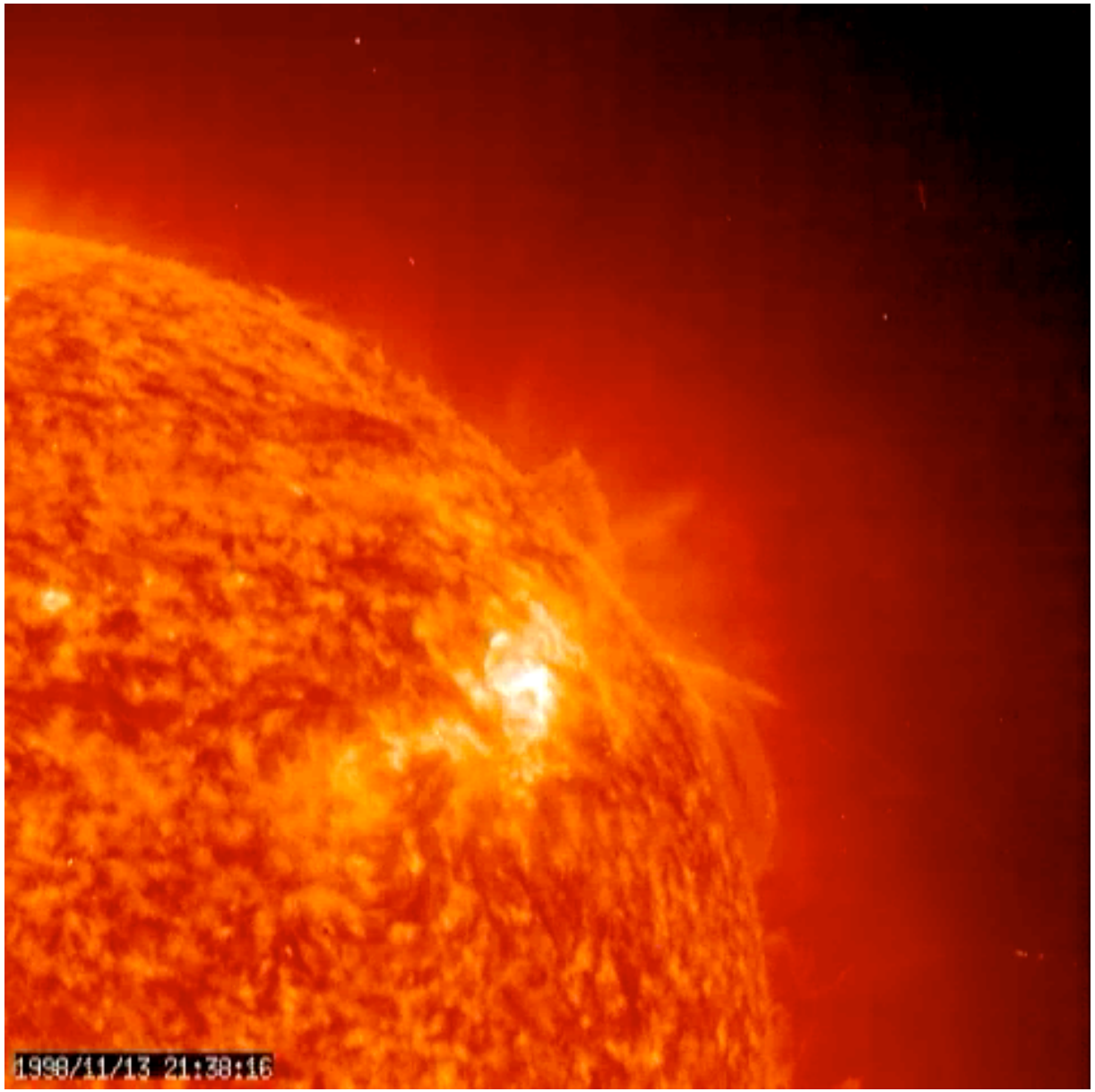
3. Les disques de débris



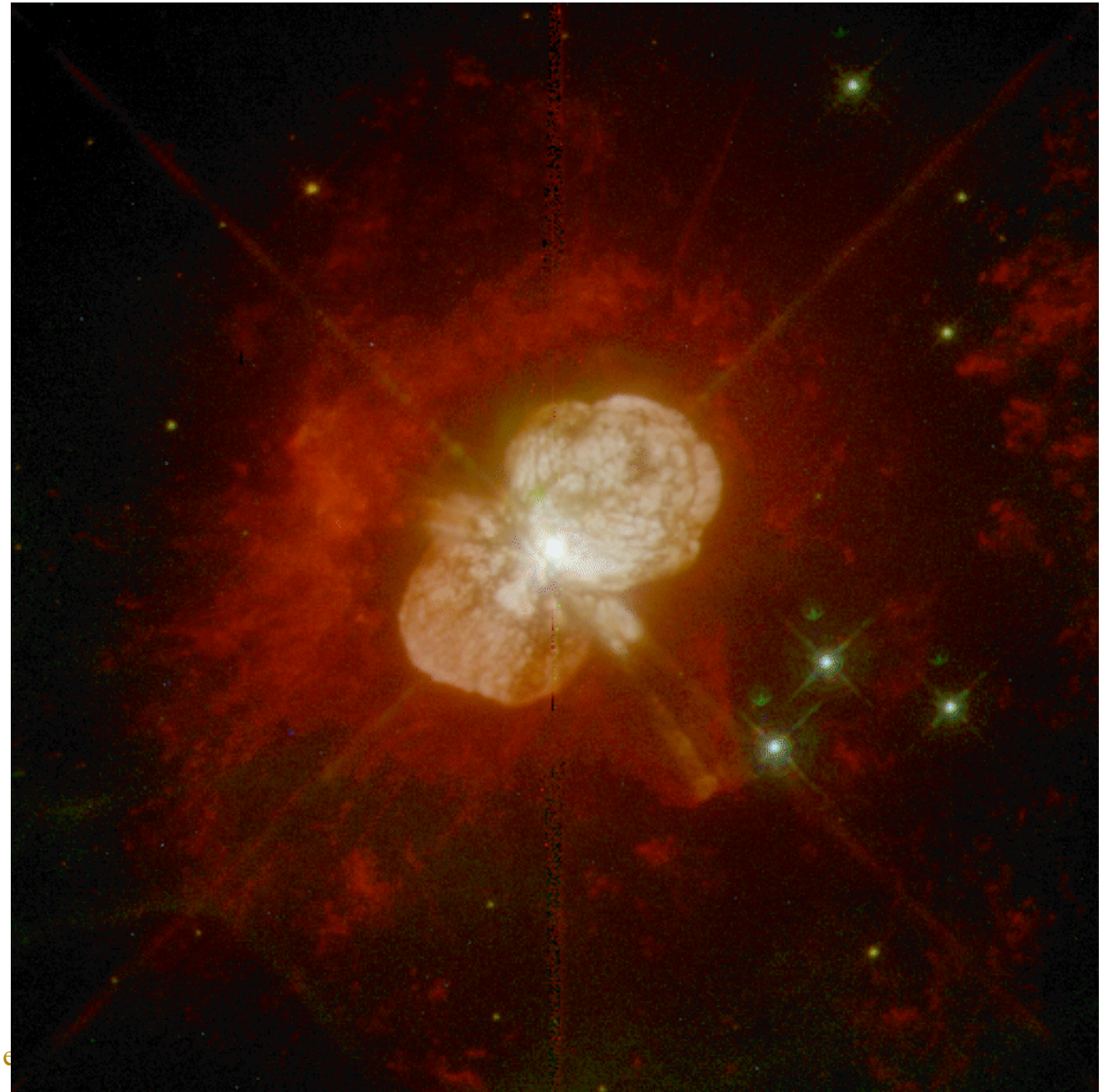
4. La séquence principale



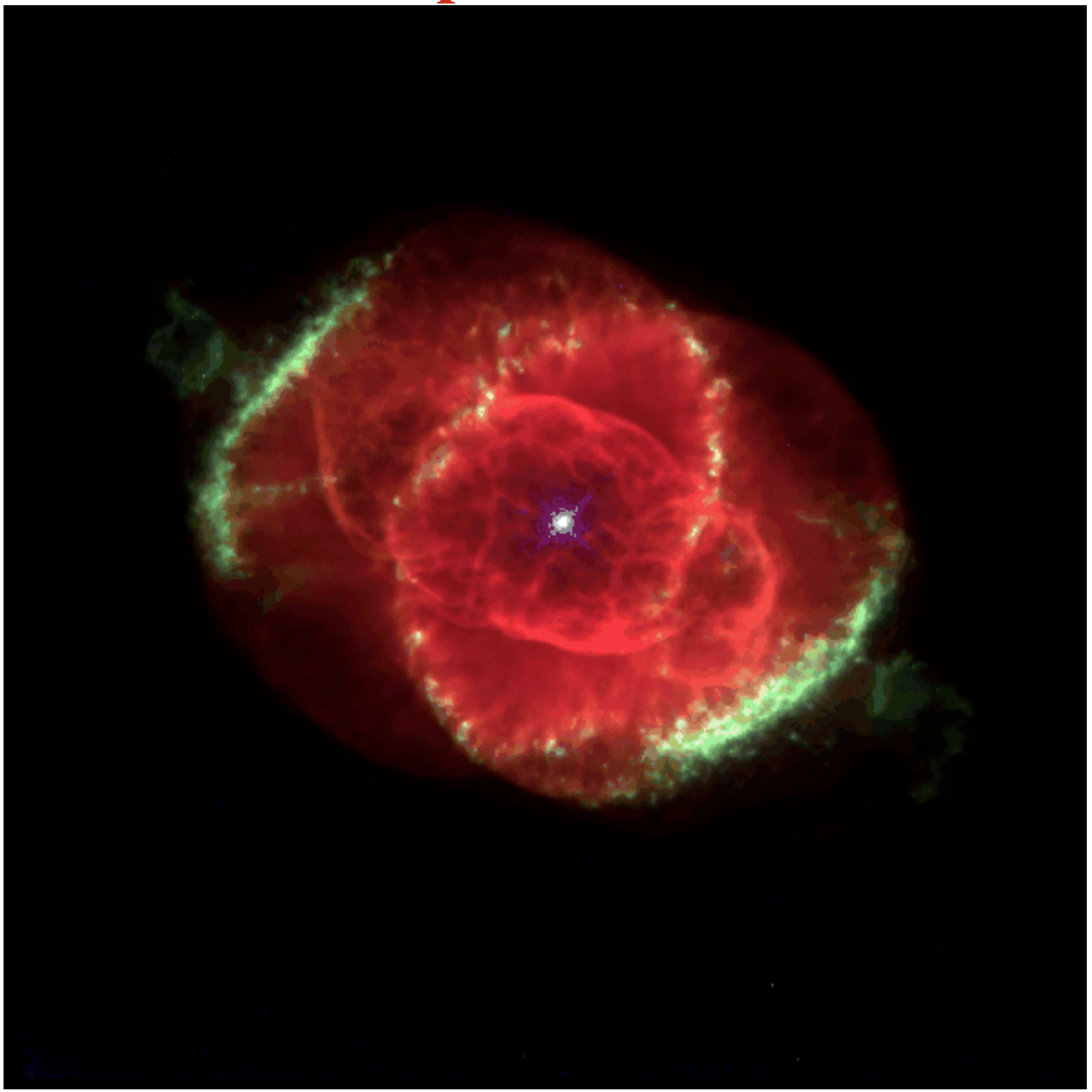
4. La séquence principale



5. Les soubresauts d'une étoile massive: Eta Carinae



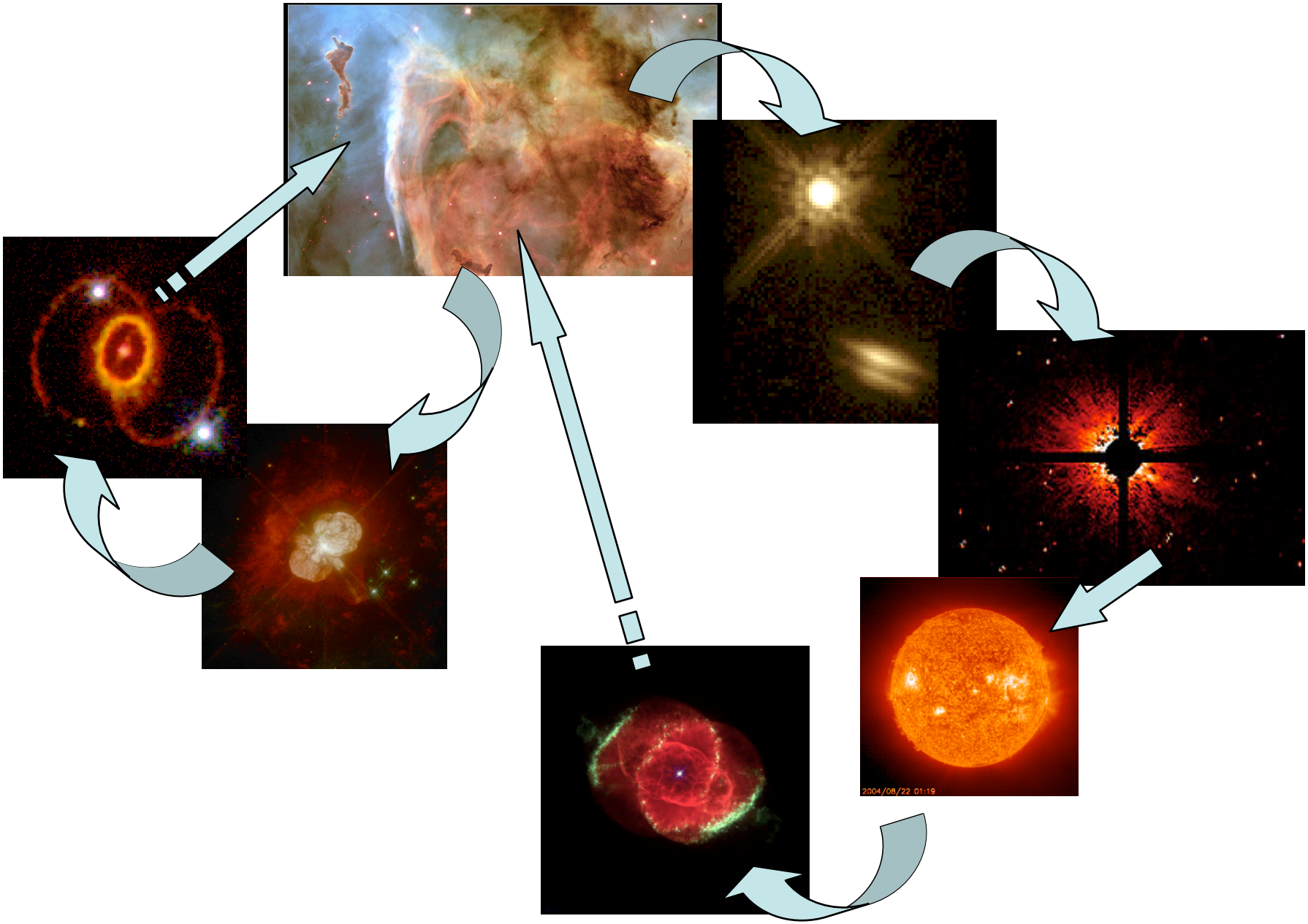
6. Une nébuleuse planétaire: NGC 6543





Etc

La nucléosynthèse des éléments lourds



Quelques grandes questions

- Comment se forment les étoiles (systèmes binaires, fonction de masse...)
- Jusqu'à quelle masse peut-on former des naines brunes? 2, 5, 10, 20 MJup?
- Jusqu'à quelle masse peut-on former des "planètes" (en tant qu'objets formés dans un disque circumstellaire)? 2, 5, 10, 20 MJup?
- Des planètes géantes peuvent-elle se former par instabilité gravitationnelle du gaz?
- Peut-on expliquer l'ensemble des exoplanètes observées? Leurs excentricités orbitales?

Les perspectives

- Les grands télescopes au sol (ELTs…)
- L'interférométrie (VLT-Prima, ALMA…)
- La mesure des vitesses radiales à 1 m/s (HARPS…)
- La photométrie dans l'espace (CoRoT 2006, Kepler 2009)
- L'astrométrie spatiale (GAIA ~2012, SIM?)
- Les télescopes spatiaux (Spitzer, Herschel 2007, JWST ~2013)
- Les missions planétaires (Cassini-Huygens, Rosetta 2004-2015, Juno 2011-2016, Bepi-Colombo 2012-2014…etc.)