

L'activité en rayons X des jeunes étoiles

Nicolas Grosso



Festival d'Astronomie de Fleurance, mercredi 16 aout 2006

Séquence évolutive des étoiles jeunes de type solaire

(Lada 1991, André 1994)

Protoétoiles

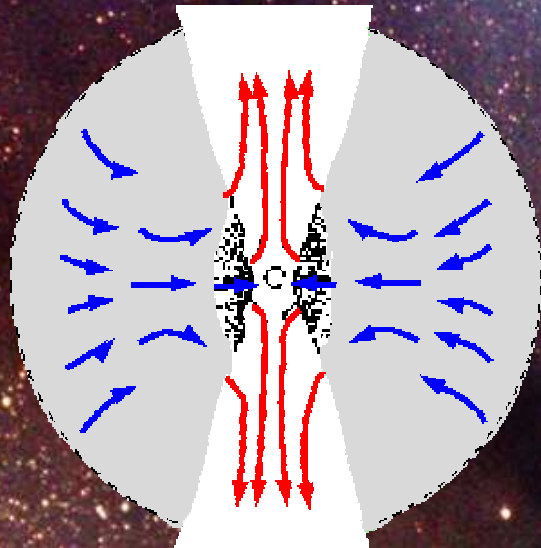
Étoiles T Tauri

< 10 000 ans

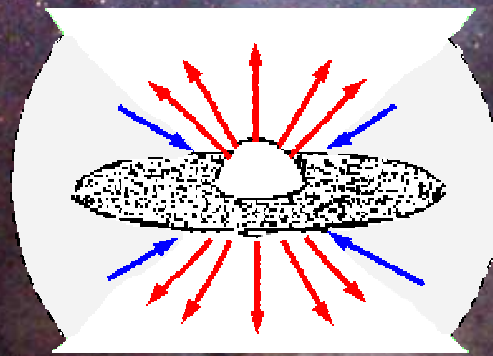
~ 100 000 ans

~ 1-10 millions d'années

temps



protoétoile jeune



protoétoile évolué



avec disque d'accrétion
(protoplanétaire ?)

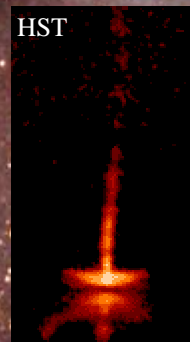
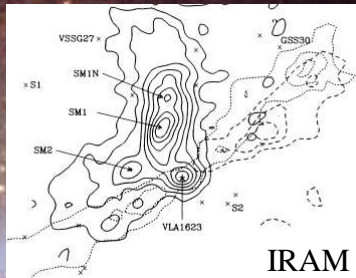


sans disque ou optiquement mince
(planètes en formation ?)

maximum
d'émission (sub)millimétrique

infrarouge

optique

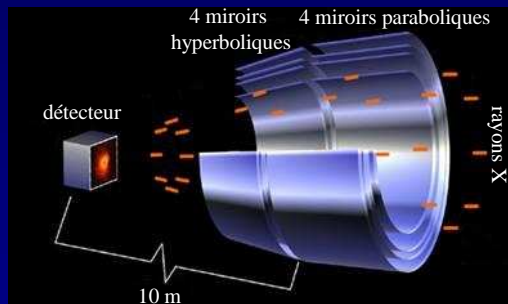


Les satellites d'observations en rayons X lancés en 1999

Chandra (NASA)



1 télescope avec 4 miroirs en incidence rasante de type Wolter I



XMM-Newton (ESA)

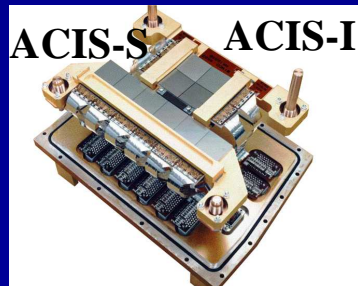


3 télescopes de 58 miroirs



Détecteurs CCD: spectro-imagerie (mesure de la position, du temps d'arrivée, et de l'énergie du photon X).

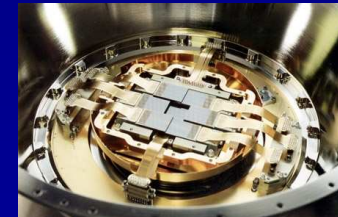
ACIS



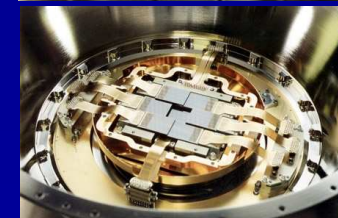
EPIC



pn



MOS1



MOS2

La nébuleuse d'Orion (M42)
distance ~ 450 pc ~ 1500 a.l.

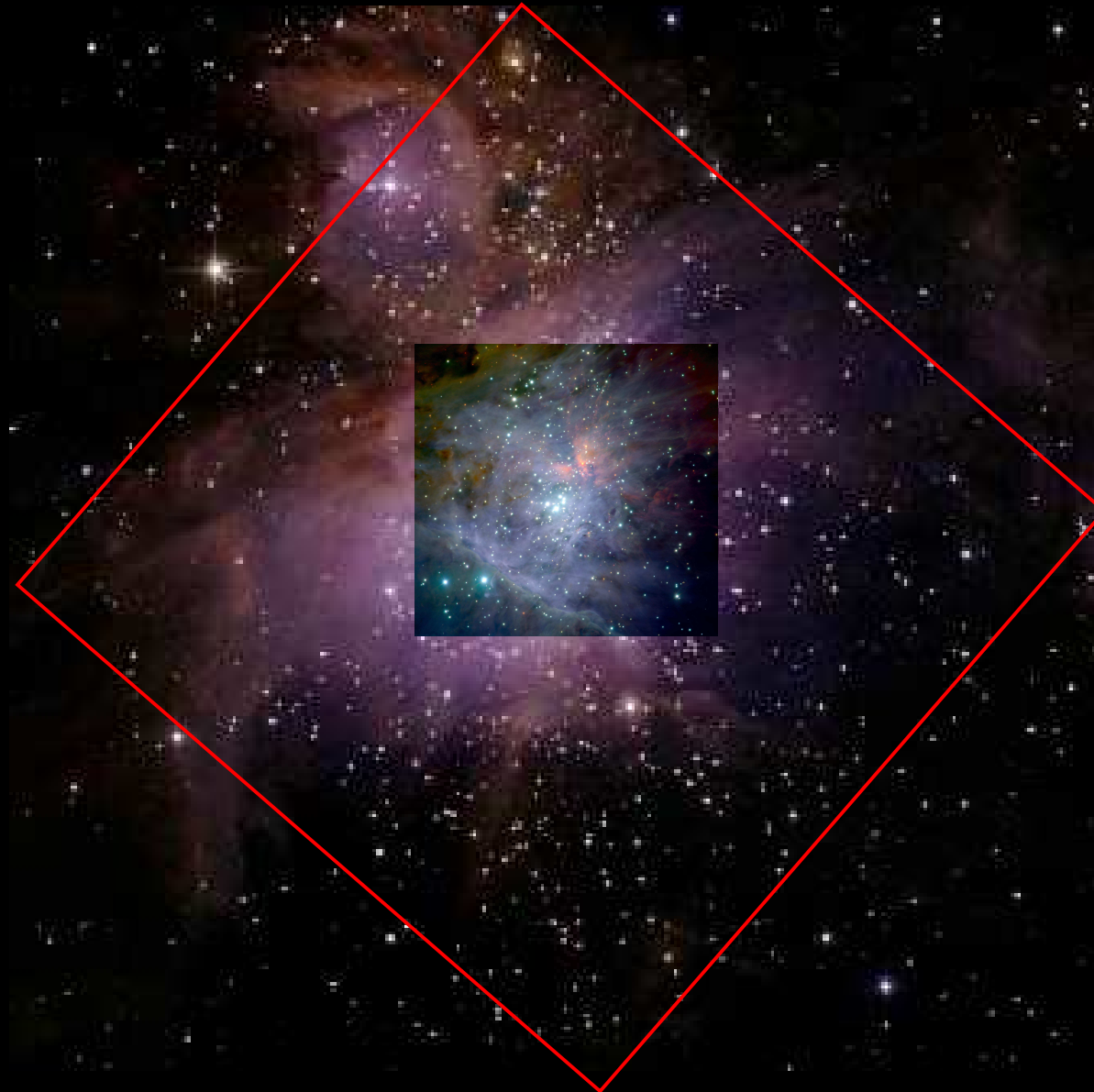
HST/ACS optique
Robberto et al. (2005)



17'

L'amas d'étoiles de la nébuleuse d'Orion

2MASS infrarouge (JHK_s)



projet clé du VLT
infrarouge (JHK_s)
(McCaughrean, PI)

Champ de vue de Chandra/ACIS-I

Festival d'Astronomie de Fleurance, mercredi 16 aout 2006

L'amas d'étoiles de la nébuleuse d'Orion

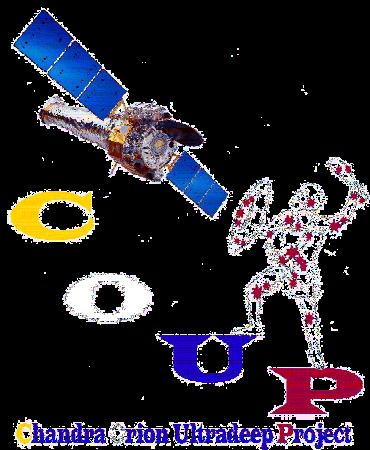
Chandra/ACIS-I
énergies des rayons X :

0.5-1.7 keV,

1.7-2.8 keV,

2.8-8.0 keV.

Getman et al. (2005)

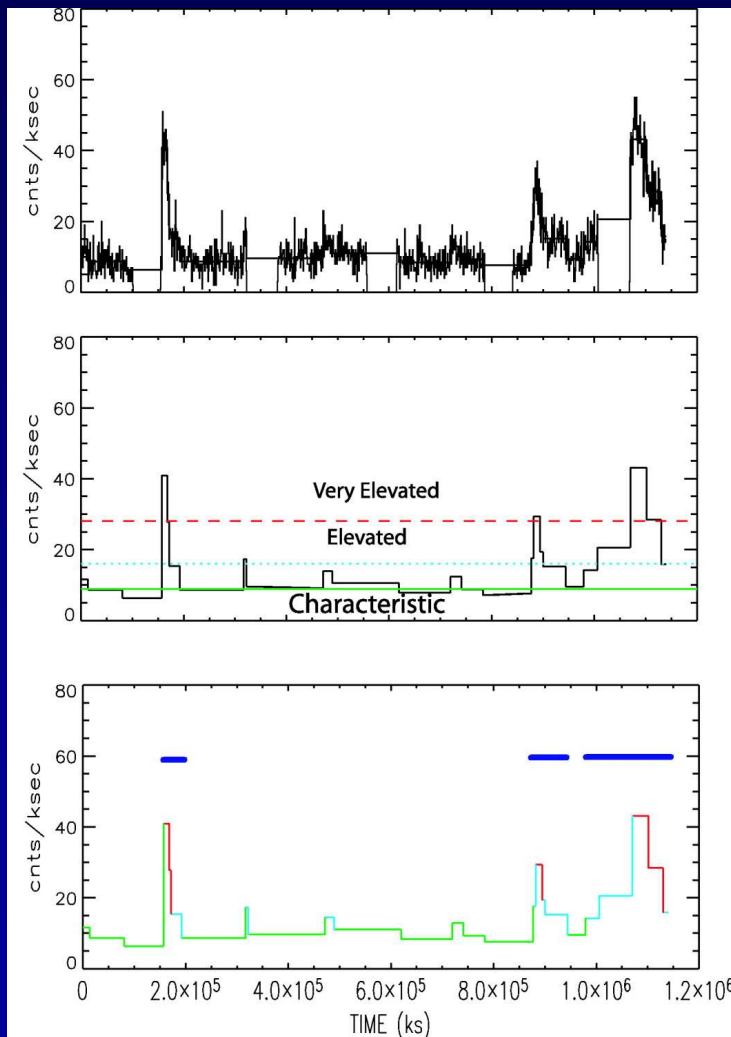


1616 sources X !
1406 objets stellaires jeunes
et 2 objets d'Herbig-Haro.

Les jeunes soleils actifs d'Orion

- 28 étoiles T Tauri, âgées de ~2 millions d'années avec une masse de **0.9 à 1.2 masse solaire**; 2 à 3 fois la taille du Soleil.

Wolk et al. (2005)



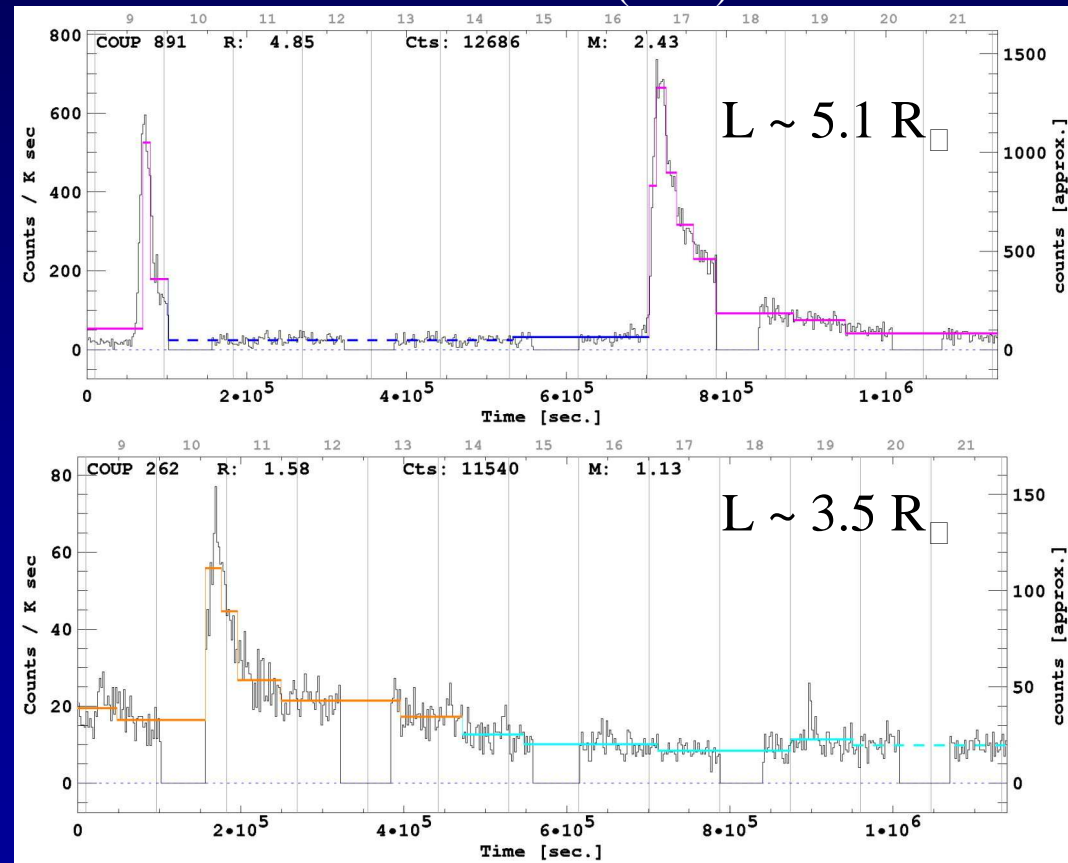
- Emission en rayons X constante pendant 70% du temps:
 - luminosité X ~ 0.03 % de la luminosité de l'étoile (Soleil: ~ 0.0001 %).
 - température: 10 MK et 27 MK. (Soleil: $T_X \sim 2$ MK.)
- Une ou deux éruptions énergétiques par semaine: 27 MK \Rightarrow 80 MK.
- Irradiation du disque autour de l'étoile.

Des éruptions géantes en rayons X

- 32 éruptions brillantes analysées en rayons X.
- Modélisation du volume de la boucle de plasma à partir de la température au pic de l'éruption et du temps de décroissance (modèle d'éruption solaire à deux rubans; les boucles de plasma les plus grandes se refroidissent plus lentement).
- La moitié des éruptions atteignent des températures supérieures à 100 MK.
- Boucles de plasma grandes par rapport à l'étoile.

- Une éruption géante aussi observée chez un jeune soleil.

Favata et al. (2005)

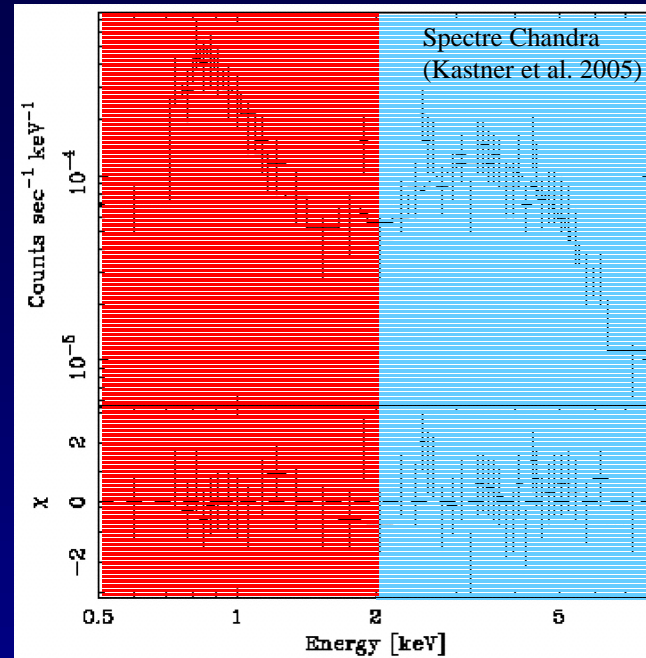
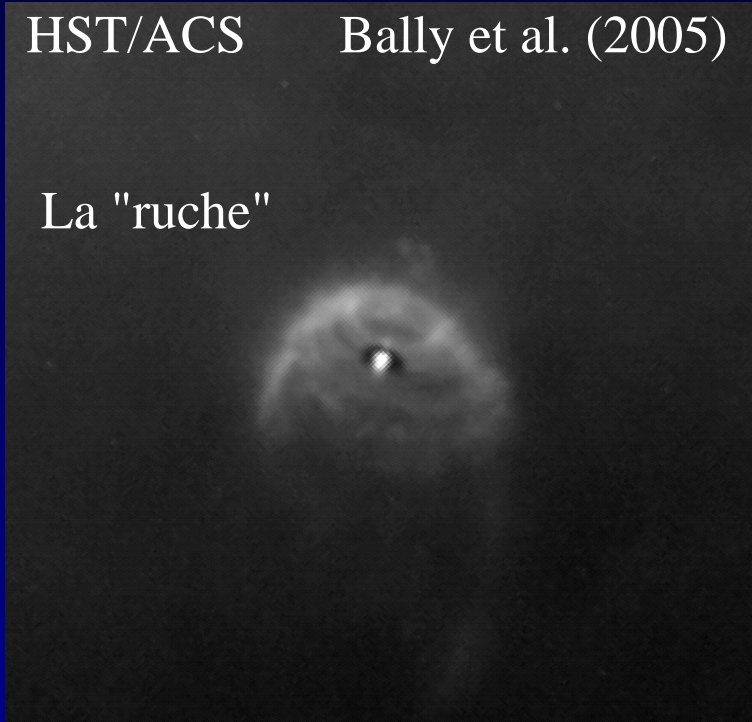


- Boucle magnétique reliant l'étoile et son disque d'accrétion.

Un excès de rayons X mous dans la "ruche"

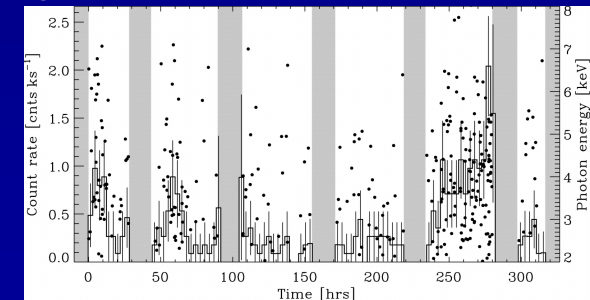
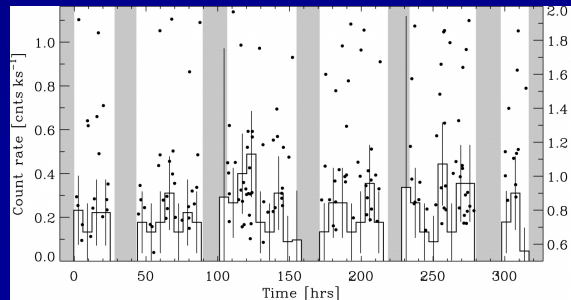
HST/ACS Bally et al. (2005)

La "ruche"



rayons X mous (7 MK),
non enfouis, non variables.

rayons X durs (40 MK), fortement
enfouis (80 fois plus de gaz sur la
ligne visée), et variables.

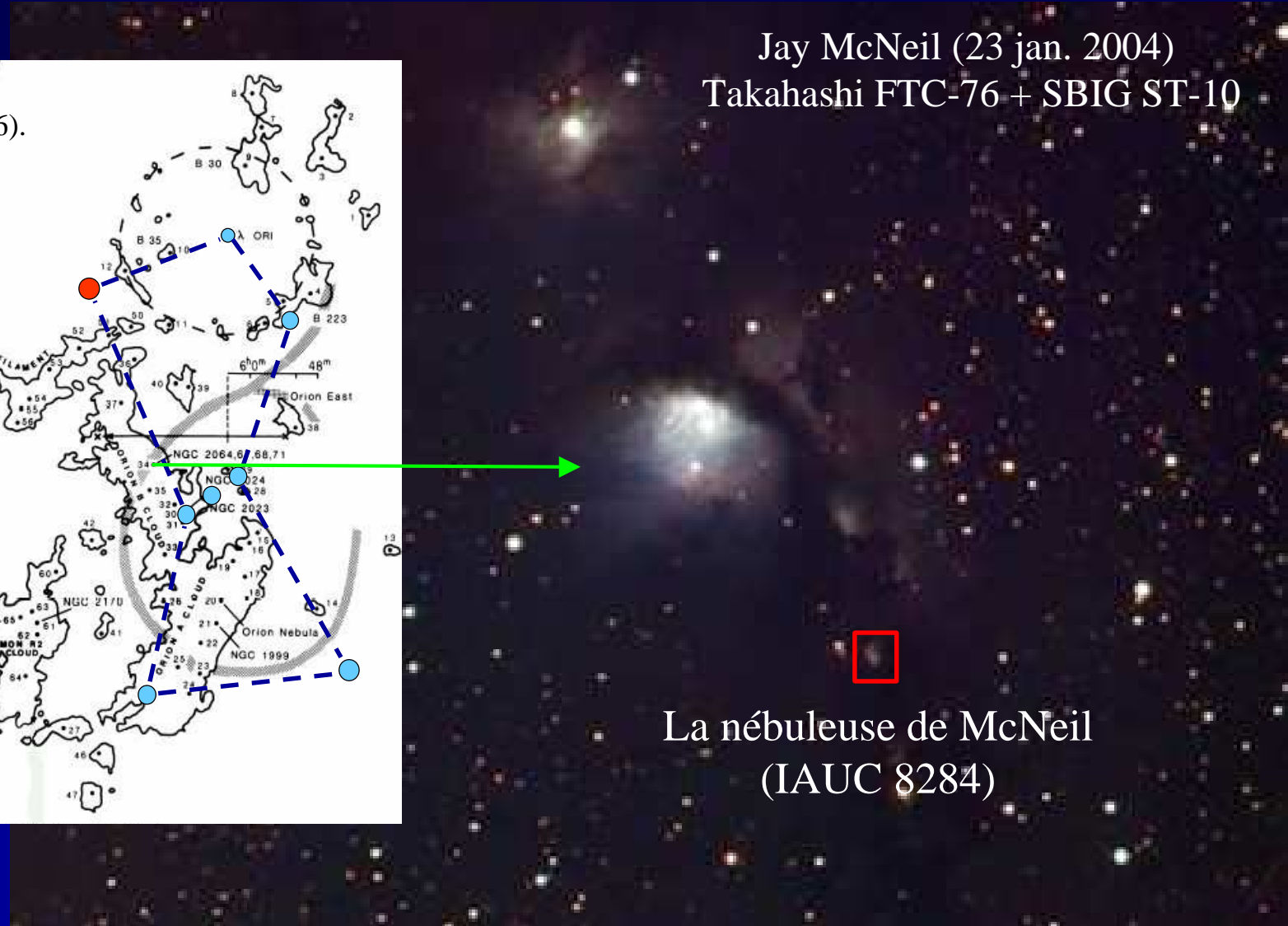
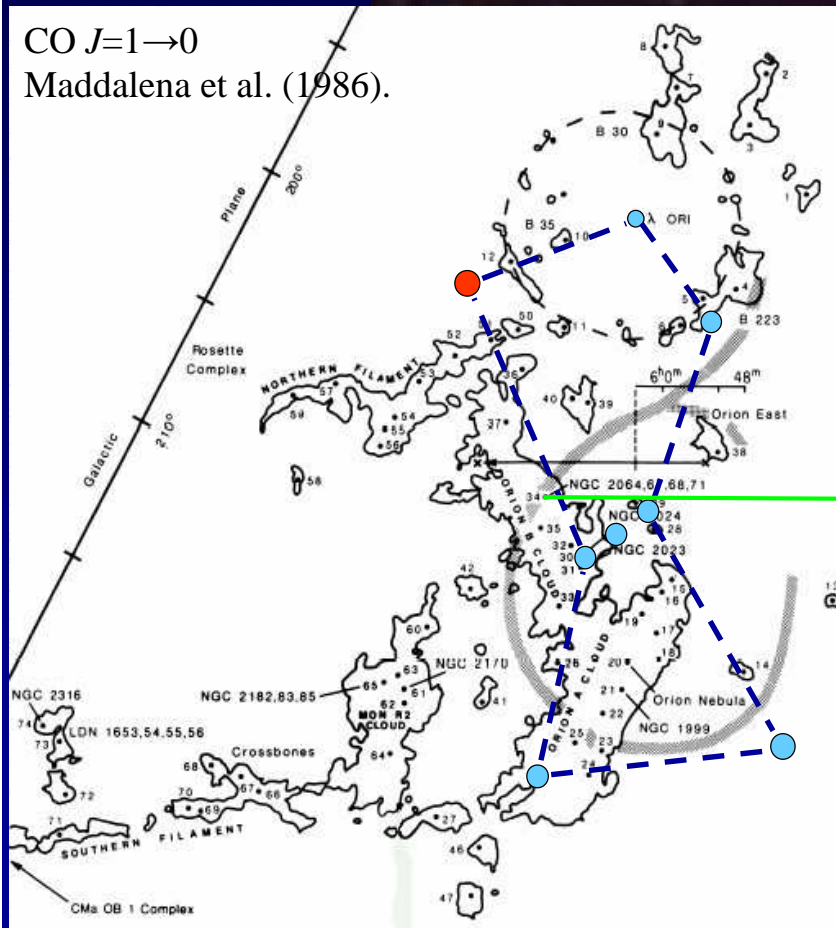


Zone d'interaction entre le disque d'accrétion et le jet ? Activité X de la couronne stellaire.

Une nouvelle nébuleuse découverte par un amateur près de M78 dans le nuage moléculaire géant Orion B (d~400 pc ~1300 a.l.)

Jay McNeil (23 jan. 2004)
Takahashi FTC-76 + SBIG ST-10

CO $J=1 \rightarrow 0$
Maddalena et al. (1986).



La nébuleuse de McNeil
(IAUC 8284)

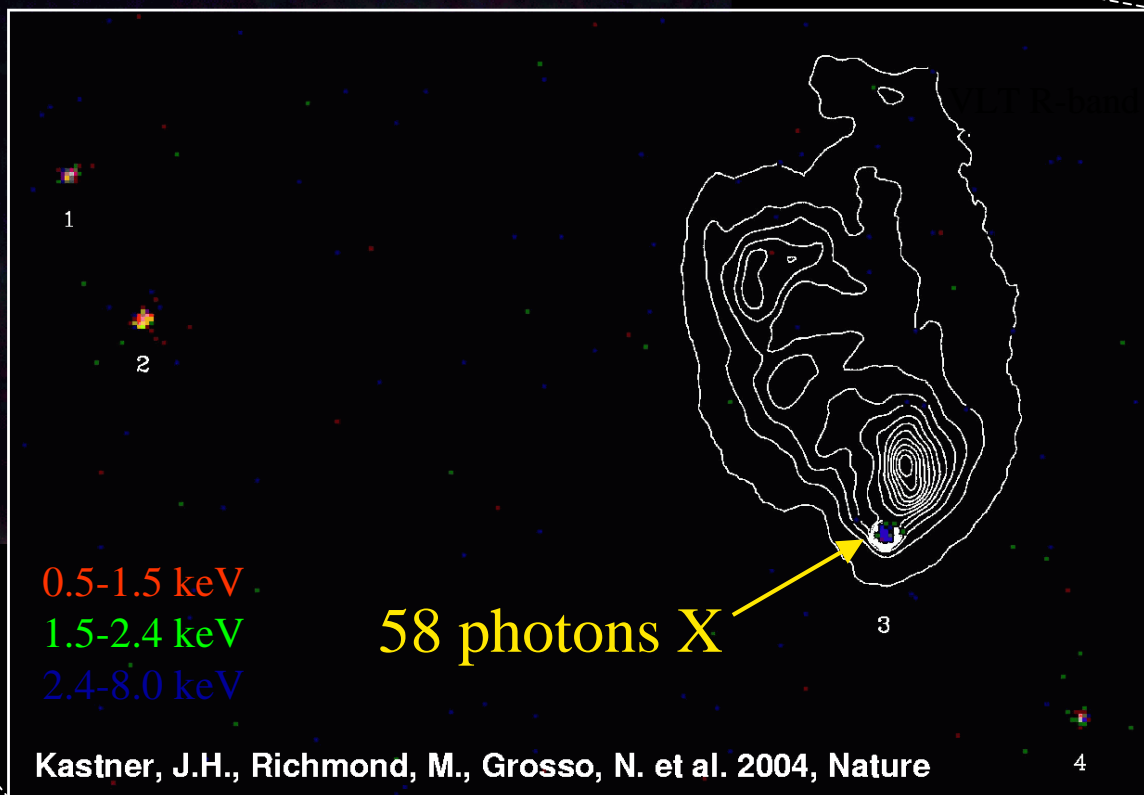
An X-ray outburst from the rapidly accreting young star that illuminates McNeil's nebula

J. H. Kastner¹, M. Richmond¹, N. Grosso², D. A. Weintraub³, T. Simon⁴, A. Frank⁵, K. Hamaguchi⁶, H. Ozawa² & A. Henden⁷

Optique

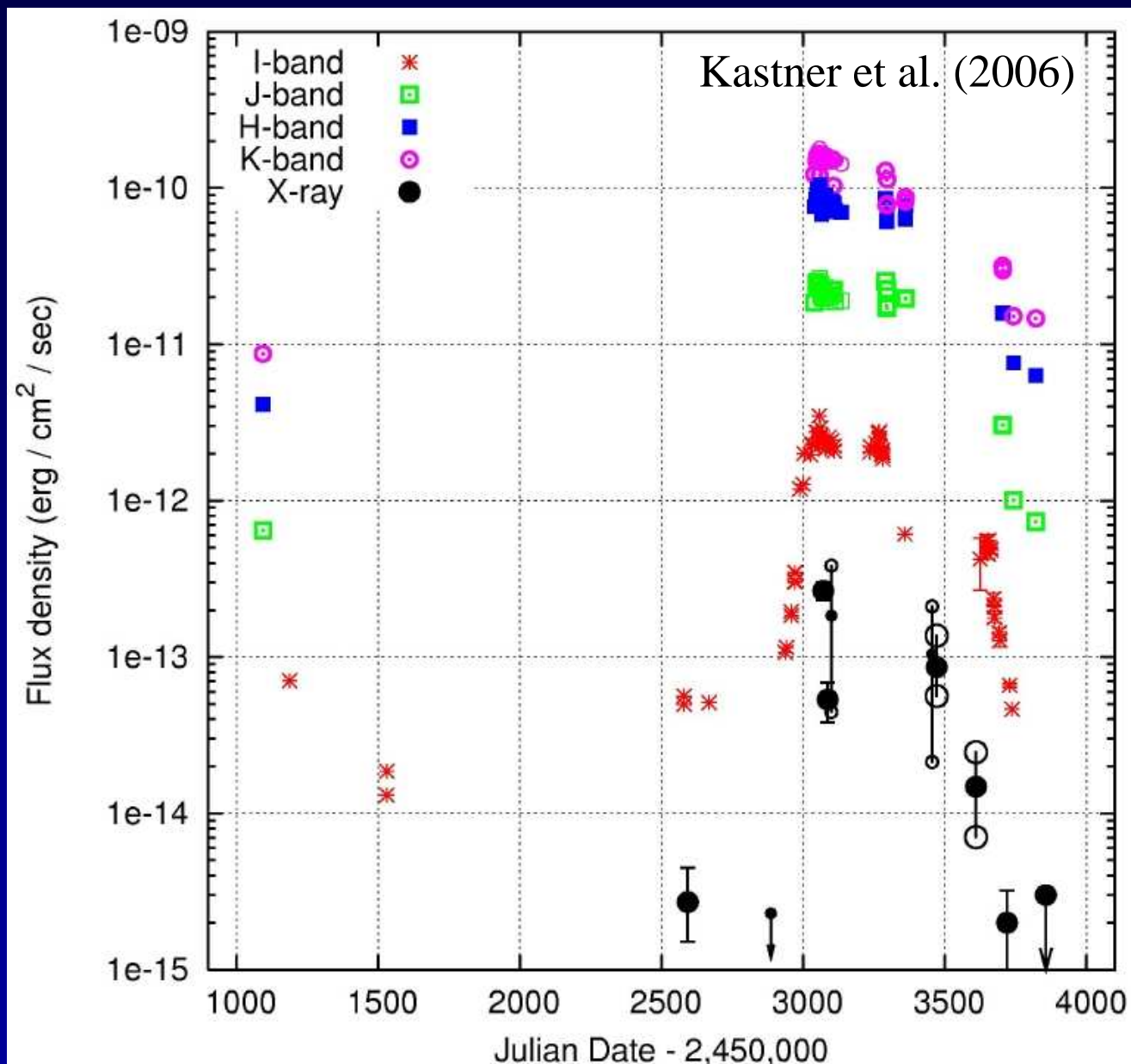


Rayons X Chandra (5.5 ks)



A. Block/NOAO/AURA/NSF

Les courbes de lumière de l'éruption de V1647 Ori en 2003-2005



Bibliographie

★ Articles scientifiques (manuscrits en ligne; voir sites internet):

- Favata et al. 2005, "*Bright X-Ray Flares in Orion Young Stars from COUP: Evidence for Star-Disk Magnetic Fields?*", The Astrophysical Journal Supplement, 160, 469 (arXiv:astro-ph/0506134)
- Getman et al. 2005, "*Chandra Orion Ultradeep Project: Observations and Source Lists*", The Astrophysical Journal Supplement, 160, 319 (arXiv:astro-ph/0410136)
- Grosso et al. 2005, "*Enhanced X-ray variability from V1647 Ori, the young star in outburst illuminating McNeil's Nebula*", Astronomy & Astrophysics, 438, 159 (arXiv:astro-ph/0504111)
- Grosso et al. 2005, "*Chandra Orion Ultradeep Project Census of X-Ray Stars in the BN-KL and OMC-1S Regions*", The Astrophysical Journal Supplement, 160, 530 (arXiv:astro-ph/0504204)
- Grosso et al. 2006, "*X-rays from HH 210 in the Orion nebula*", Astronomy & Astrophysics, 448, L29 (arXiv:astro-ph/0601508)
- Kastner et al. 2004, "*An X-ray outburst from the rapidly accreting young star that illuminates McNeil's nebula*", Nature, 430, 429 (arXiv:astro-ph/0408332)
- Kastner et al. 2005, "*X-Ray Emission from Orion Nebula Cluster Stars with Circumstellar Disks and Jets*", The Astrophysical Journal Supplement, 160, 511 (arXiv:astro-ph/0506650)
- Preibisch et al. 2005, "*X-Ray Emission from Young Brown Dwarfs in the Orion Nebula Cluster*", The Astrophysical Journal Supplement, 160, 582 (arXiv:astro-ph/0506049)
- Wolk et al. 2005, "*Stellar Activity on the Young Suns of Orion: COUP Observations of K5-7 Pre-Main-Sequence Stars*", The Astrophysical Journal Supplement, 160, 423 (arXiv:astro-ph/0507151)

★ Livres & magazine:

- *“Naissance, vie et mort des étoiles”* de Thierry Montmerle & Nicolas Prantzos (1998),
Collection Que sais-je?, édition Presses Universitaires de France - PUF (ISBN : 2130489680)
- *“Naissance et évolution des systèmes planétaires”* de Claude Bertout (2005),
Collection Champs, édition Flammarion (ISBN : 2080801295)
- *“Vie et moeurs des étoiles”*, dossier hors-série Pour la Science (janvier 2001)

★ Sites internet:

- L'enfance des étoiles (en français):
<http://www-dapnia.cea.fr/Sap/Activites/Science/Etoiles/Enfance/index.html>
- L'environnement des étoiles jeunes (en français):
http://osug.obs.ujf-grenoble.fr/scipourtous/pls_final.pdf
- Le Soleil (en français):
<http://osug.obs.ujf-grenoble.fr/scipourtous/soleil.pdf>
- L'émission X des régions de formation d'étoiles (en français):
<http://www-dapnia.cea.fr/Sap/Activites/Science/Etoiles/EmissionX/index.html>
- La nébuleuse d'Orion vue par le télescope spatial:
<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2006/01/image/a+zoom>
- L'amas d'étoiles de la nébuleuse d'Orion vu en rayons X par Chandra:
<http://chandra.harvard.edu/photo/2005/orion/>
- La nébuleuse de McNeil observée par le télescope Gemini:
<http://www.gemini.edu/index.php?option=content&task=view&id=105>
- La nébuleuse de McNeil observée en rayons X par Chandra:
<http://chandra.harvard.edu/photo/2004/mcneil/>
- Un journal de bord des observations de la nébuleuse de McNeil:
http://spiff.rit.edu/classes/phys440/lectures/new_star/new_star.html
- Chandra:
<http://chandra.harvard.edu/photo/>
- XMM-Newton:
http://xmm.vilspa.esa.es/external/xmm_science/gallery/public/index.php
- Le serveur arXiv de manuscrits d'articles scientifiques en ligne:
<http://www.arxiv.org/abs/astro-ph>