

Naines blanches, pulsars et autres objets compacts

2. Observations

Fabrice Mottez

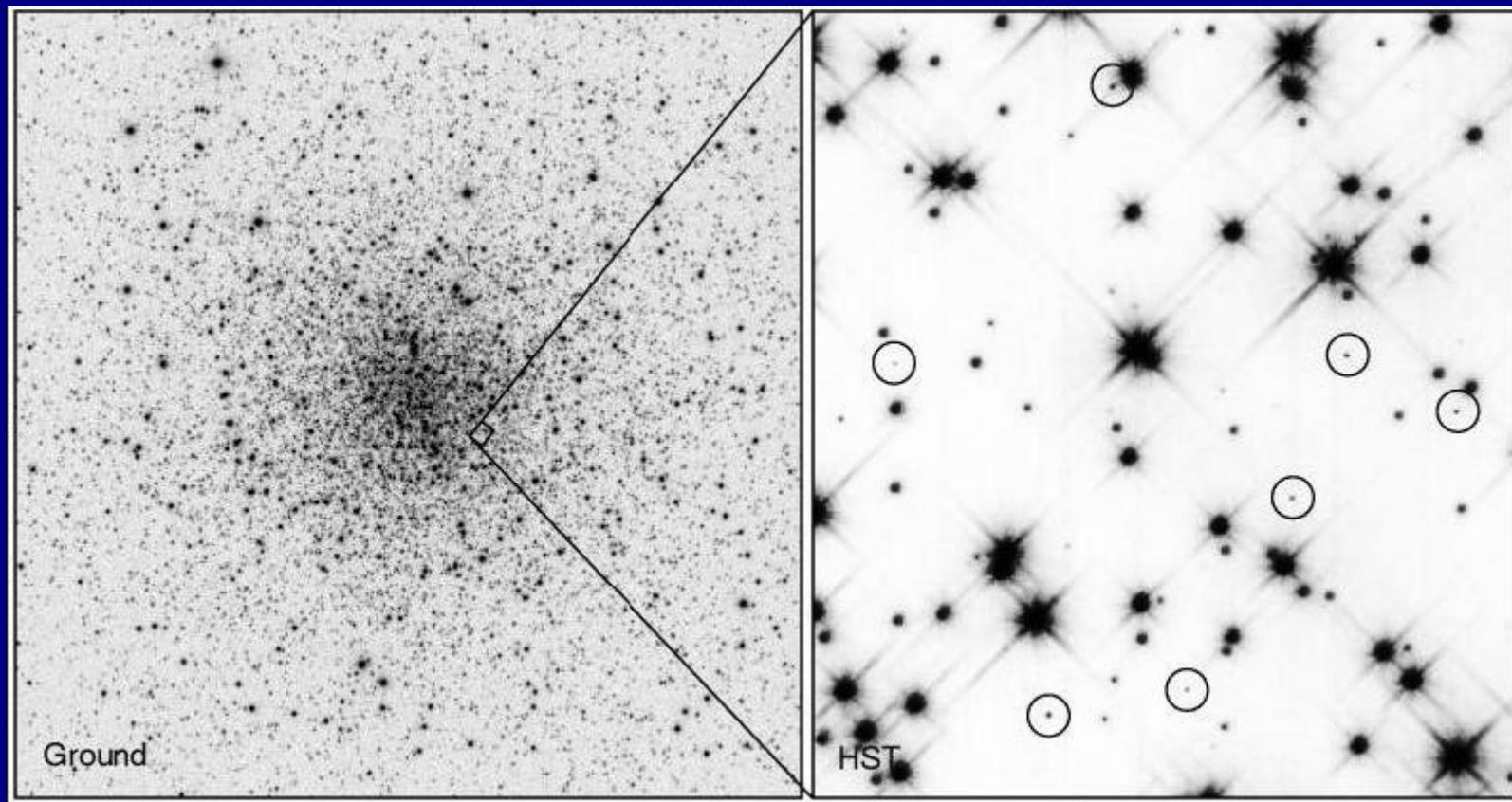
LUTH, Observatoire de Paris, CNRS, et Univ. Paris Diderot

Festival d'Astronomie de Haute Maurienne, août 2007.

Naines blanches, pulsars et autres objets compacts : peu lumineux donc discrets ?

- Catalogue de naines blanches. +++ étoiles connues.
-

Naines blanches, pulsars et autres objets compacts : peu lumineux donc discrets ?



Naines blanches dans l'amas globulaire M4 (dans les ronds).
[image de droite : télescope spatial Hubble.]

Des phénomènes stellaires à grand
spectacle.

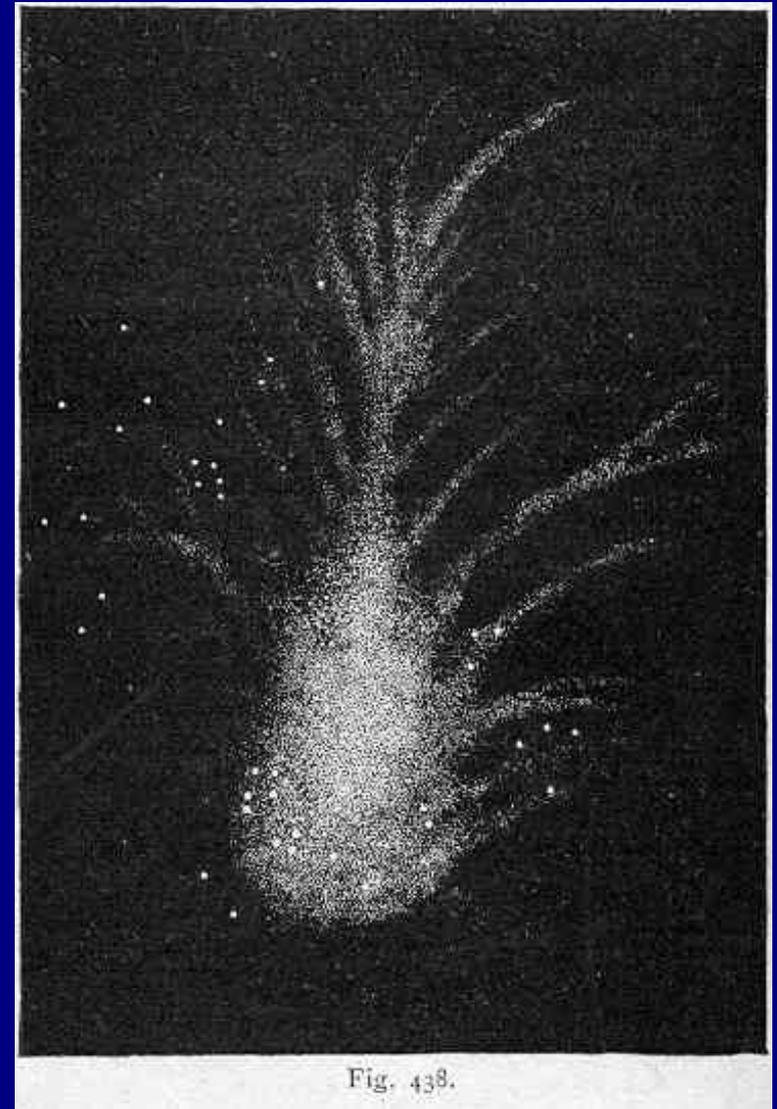
Une étoile nouvelle, très brillante en 1054, re-découverte en 1731

John Bevis, 1731

Charles Messier, 1758
(à la recherche de la comète de Halley)
à l'origine de son catalogue d'objets
À ne pas confondre avec des comètes.

Nébuleuse Messier 1,
première du catalogue.

S'appelle nébuleuse du crabe suite
aux représentations de Lord Rosse.



Un dessin de Lord Rosse, 1844.

Les restes de la nova de 1054.

Ce que des amateurs peuvent voir



Une pose de 60 mn, sur film argentique hyper sensibilisé, avec un télescope de 40 cm.

Crédit : Middleton

Et avec un télescope de 3,60m



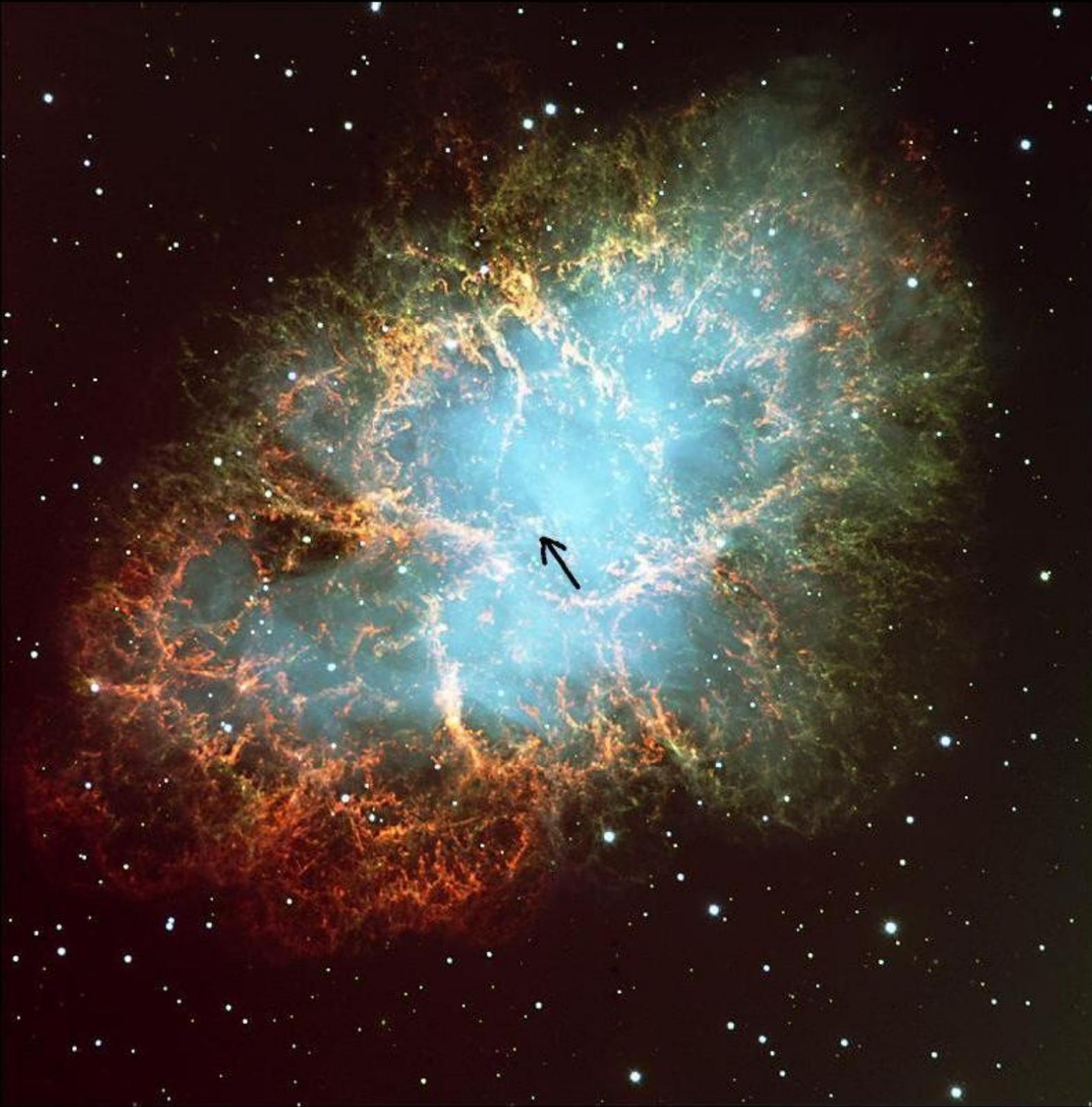
Crédit : Télescope Canada-France-Hawaï. J-C Cuillandre.

Une étoile qui explosa en 1054

Un objet 1000 fois brillant comme le Soleil en lumière visible
Et 100 000 fois plus dans toutes les longueurs d'onde.



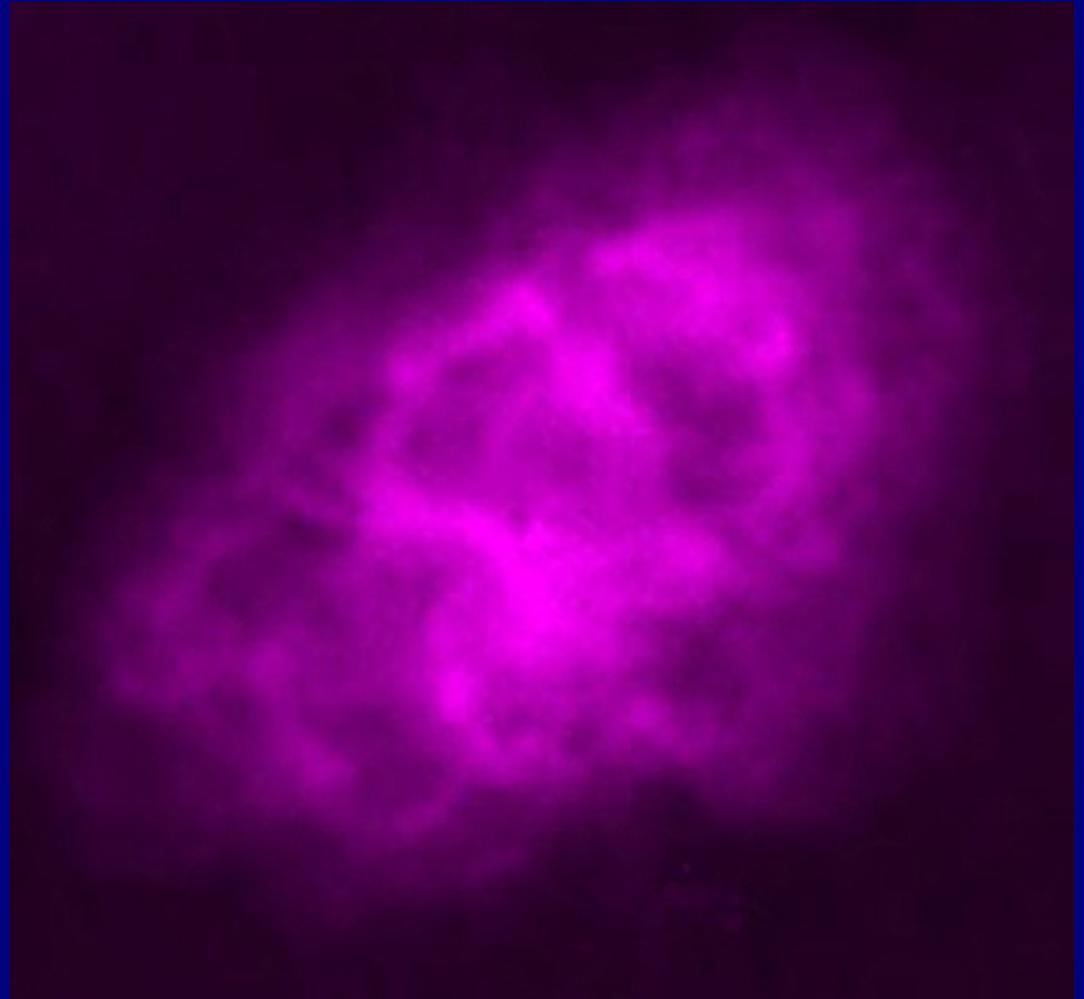
Credit : équipe FORS, European Southern Observatory. Telescope 8,2 mètres.
En rouge : des électrons se recombinaient pour H, en bleu : électrons libres.



La nébuleuse du Crabe en radio

émission synchrotron :
due à des électrons tournant
dans le champ magnétique
(élevé) de la nébuleuse.

Ce champ magnétique trouve
sa source dans le pulsar qui
est au centre (le reste de
l'étoile qui a explosé).



Credit : NRAO.

Supernova du Crabe

Une étoile massive, en fin de vie, explose. Lors de l'explosion, elle peut devenir aussi brillante que l'ensemble de la galaxie.

Ce qui reste aujourd'hui : des gaz éjectés s'éloignant à 1800 km/s du lieu de l'explosion (10 années lumière), et au centre, une étoile très petite, très dense : un pulsar .i.e une étoile à neutron, ou une étoile à quarks avec un champ magnétique très fort. (Le premier pulsar a été découvert en 1968.)

Diamètre de l'étoile/pulsar : environ 30 km. Masse : supérieure à celle du Soleil.

L'étoile tourne vite : 30 fois par seconde (27 jours pour le Soleil).

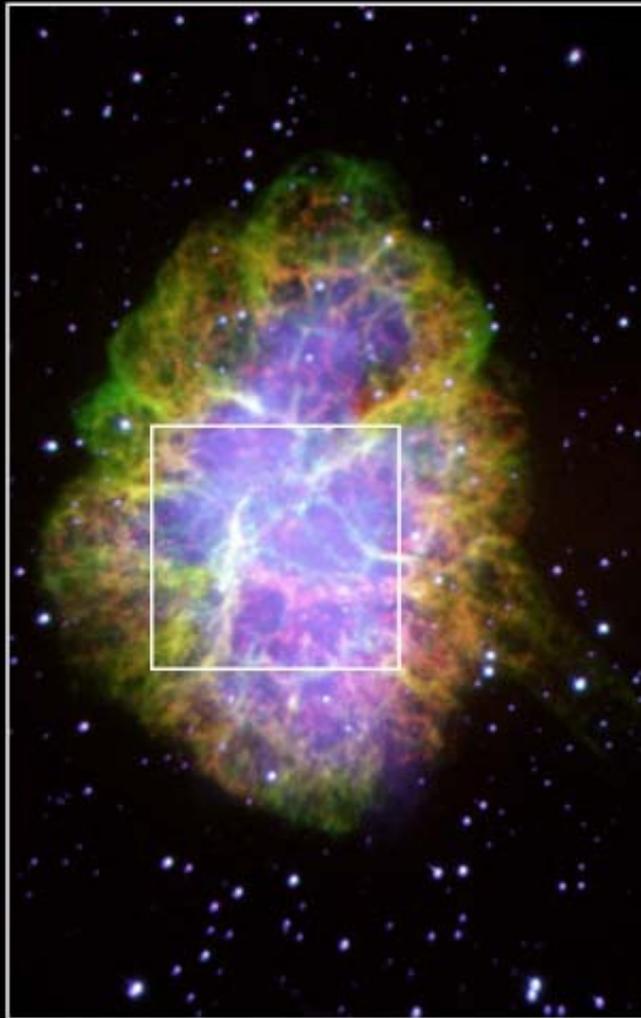
Suspecté depuis les années 60. Découvert en 1995.

Autour de cette étoile : des phénomènes aux grandes énergies, émetteurs de rayons X.

Distance : 2kpc = 6400 années lumière.

Voir près du pulsar

Crab Nebula



Palomar

PRC96-22a · ST ScI OPO · May 30, 1996

J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.) and NASA



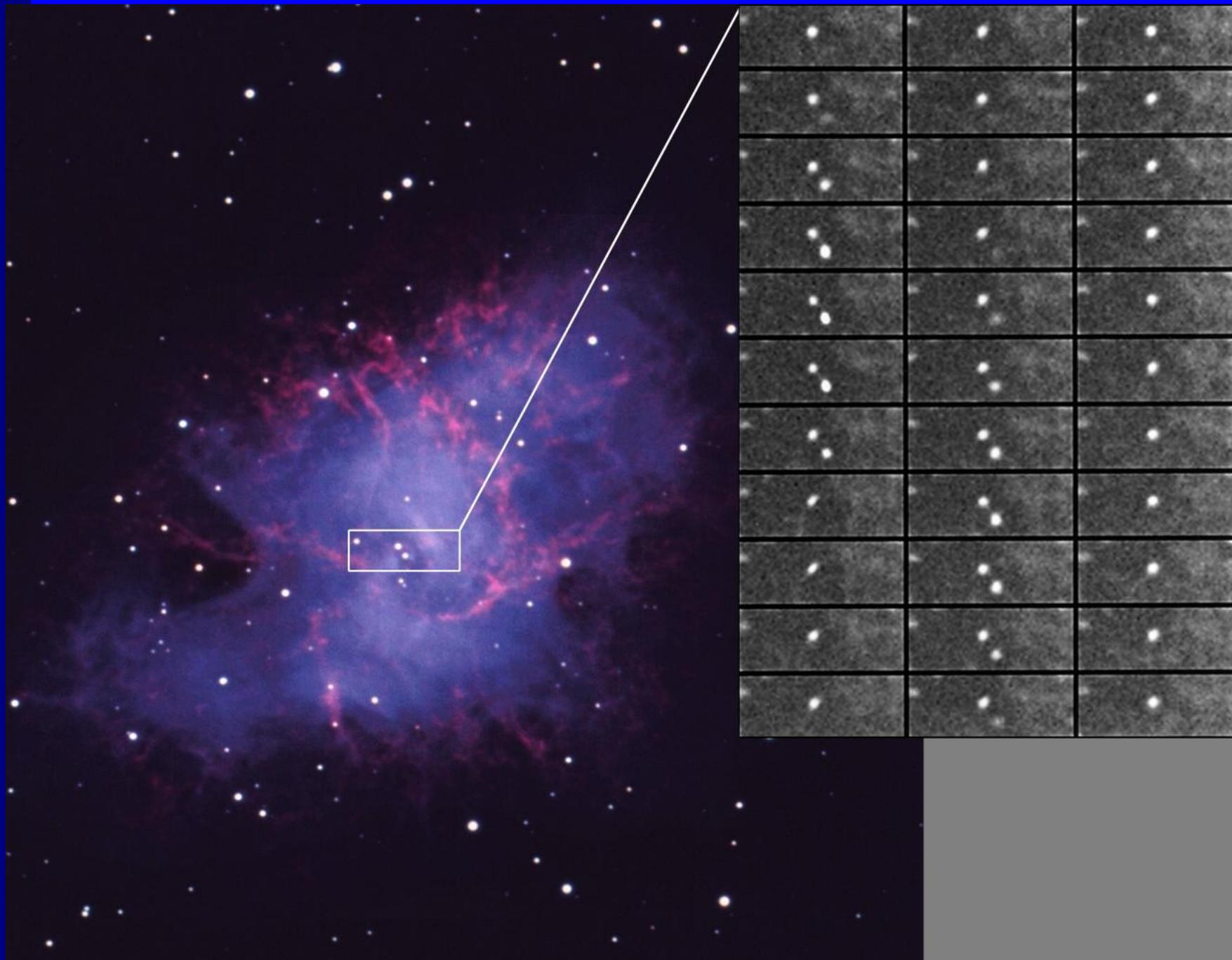
HST · WFPC2

Voir près du pulsar



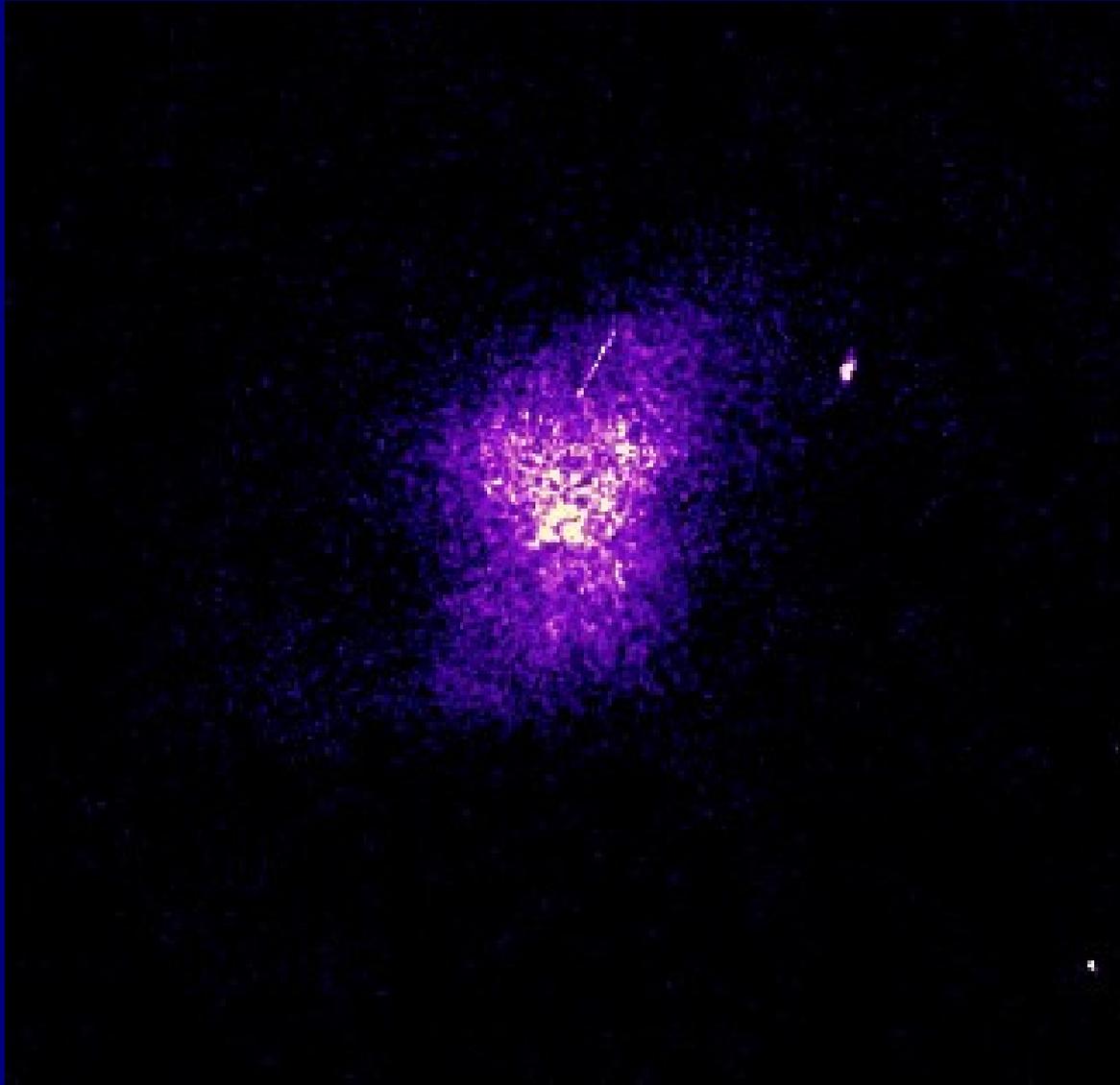
Very Large Telescope (8,2 m), European Southern Observatory

L'éclat en lumière visible varie au même rythme qu'en radio, 30 fois par seconde.



Crédit : Kitt Peak Observatory

En Ultraviolet (UV) lointain



Crédit : telescope UV, navette spatiale, Hennessy *et al.* 1992

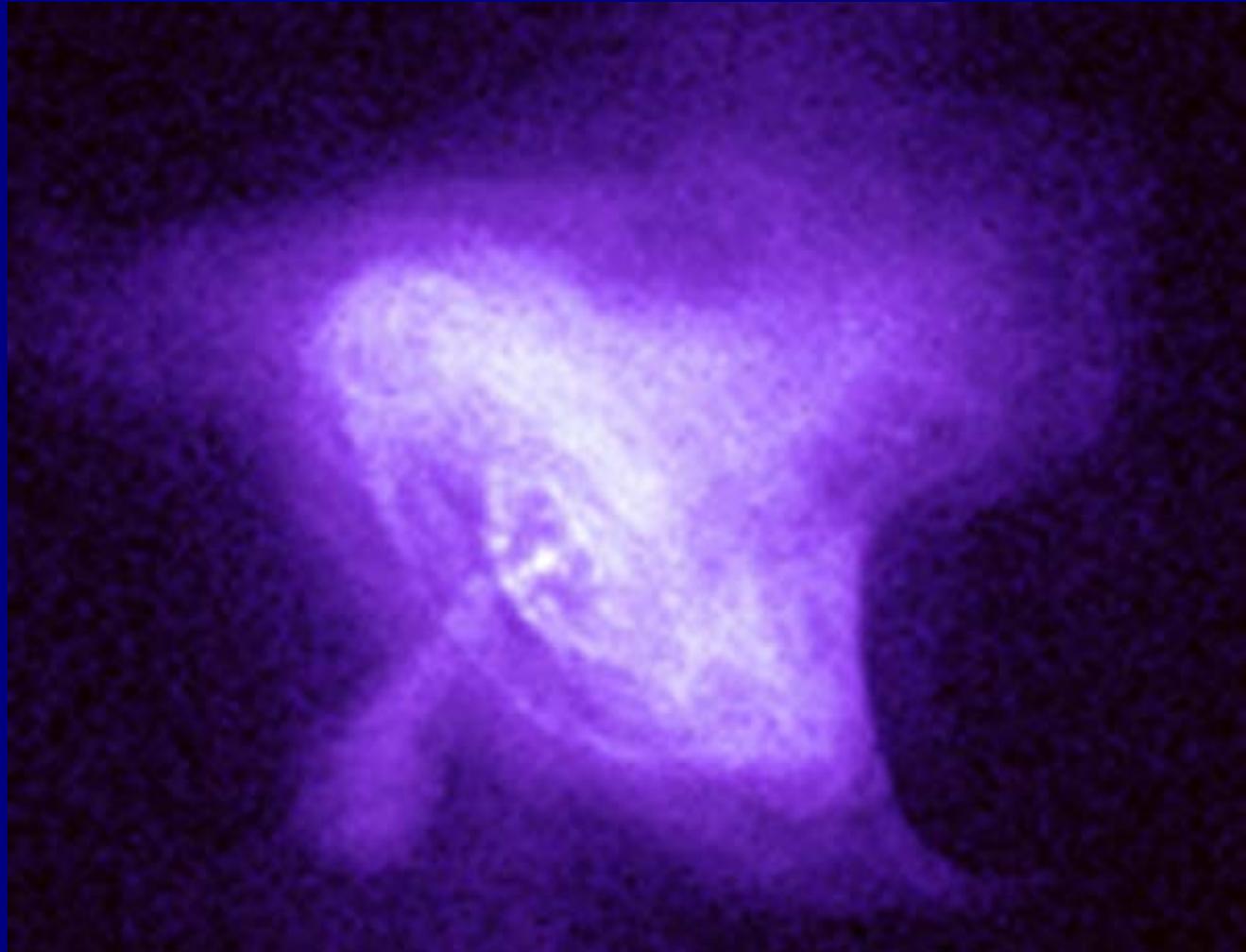
La nébuleuse du Crabe en rayons X

Rayonnement émis par de la matière très chaude (quelques millions de degrés).

Autour du pulsar : un disque et un jet.

Disque : matière tournant (en tombant doucement) autour de l'étoile.

Jet : matière éjectée des pôles du disque.



Crédit : Télescope X Chandra, NASA,

Image composite

Bleu : rayons X
(sonde Chandra)

Rouge : visible
(Hubble)

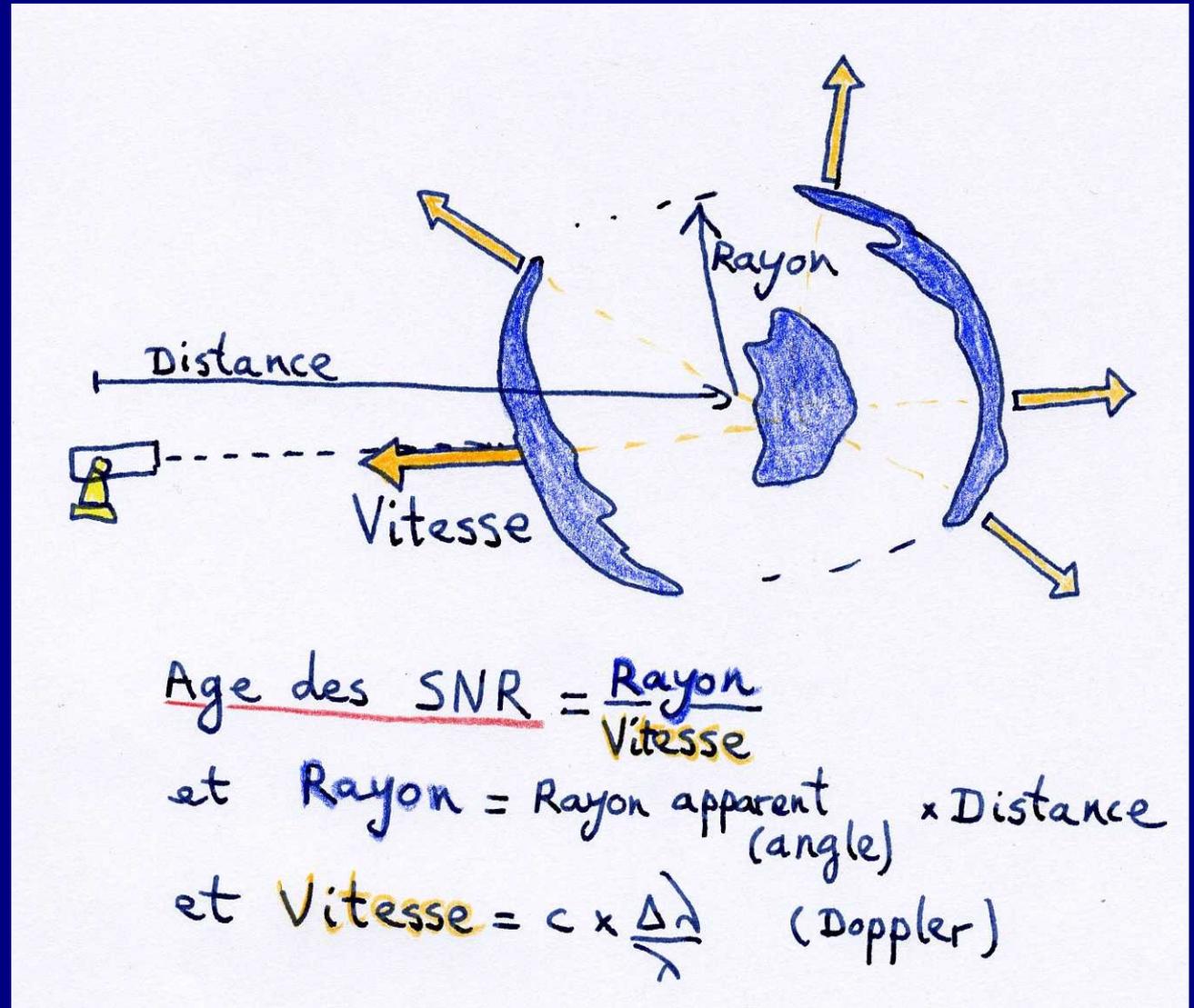


Crédits : Hester et al., CXC,HST,NASA.

Supernovae

- Phénomène « explosif »
- Dans les galaxies
- Luminosité de l'ordre de la galaxie entière
- Durée : quelques semaines
- Courbes luminosité/temps caractéristiques
- Dimensions d'une étoile

L'age d'une supernova



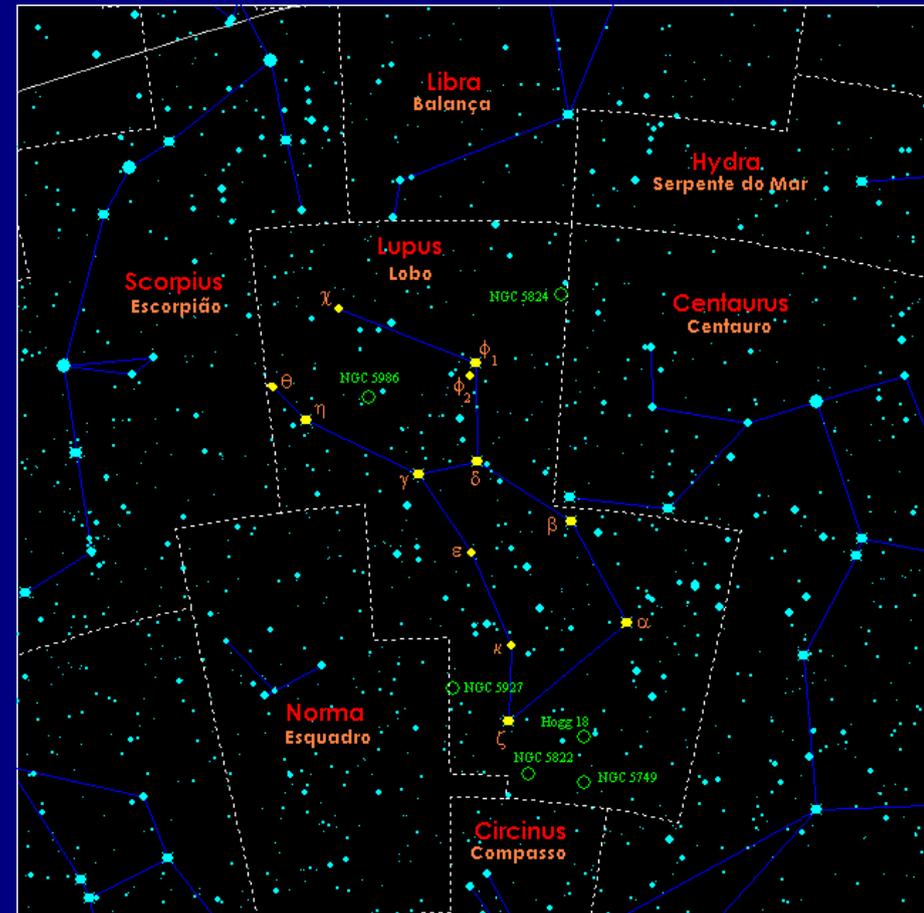
En général, on trouve quelques centaines ou quelques milliers d'années.

SNR 1006.

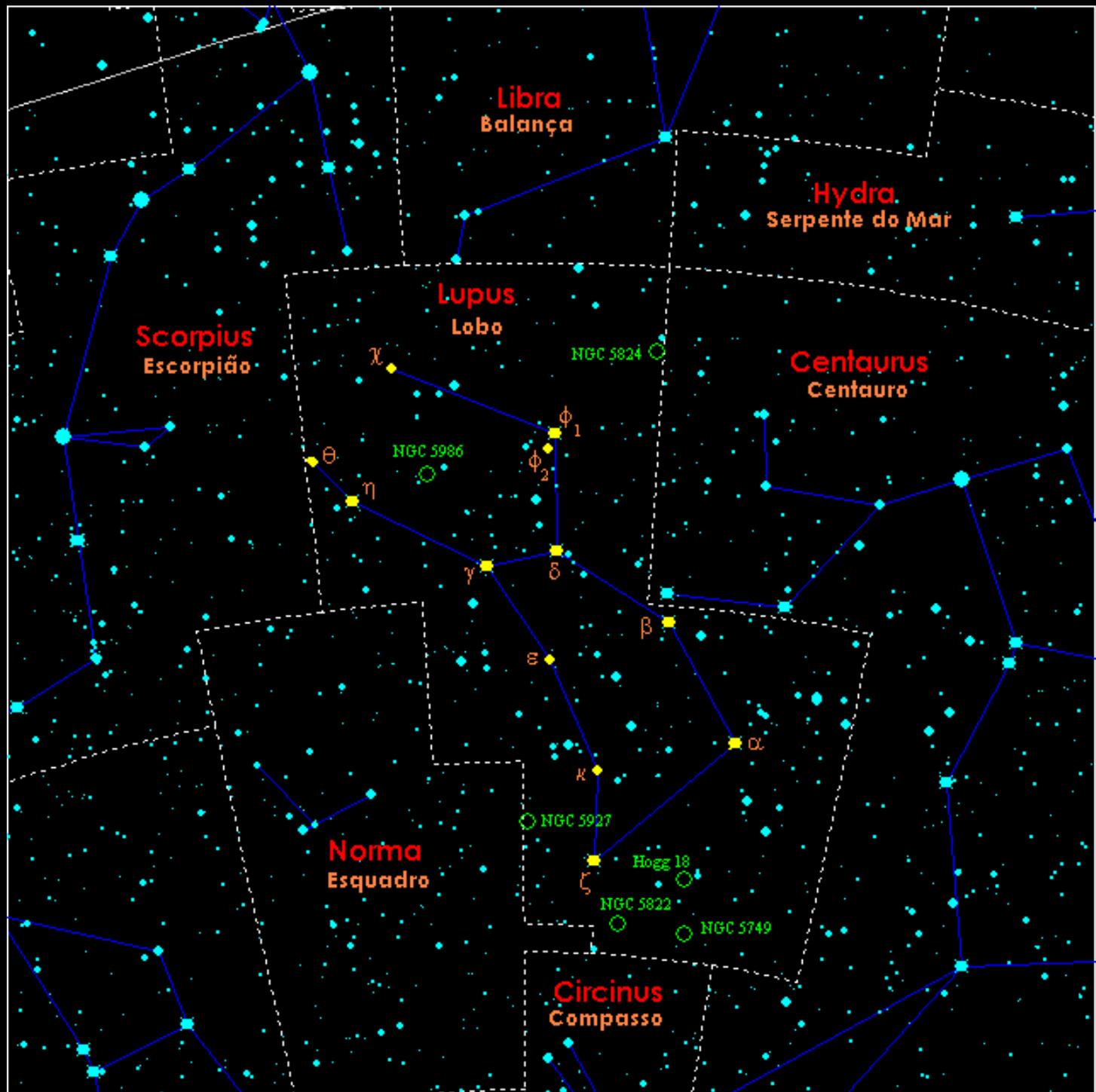
Une nouvelle étoile, observée près de beta Lupi, à côté de la constellation du Centaure, a partir du 30 avril 1006. Observée en Europe (?), Chine, Japon, Irak, par des astronomes/astrologues.

Visible 1 an, de couleur apparemment jaune.

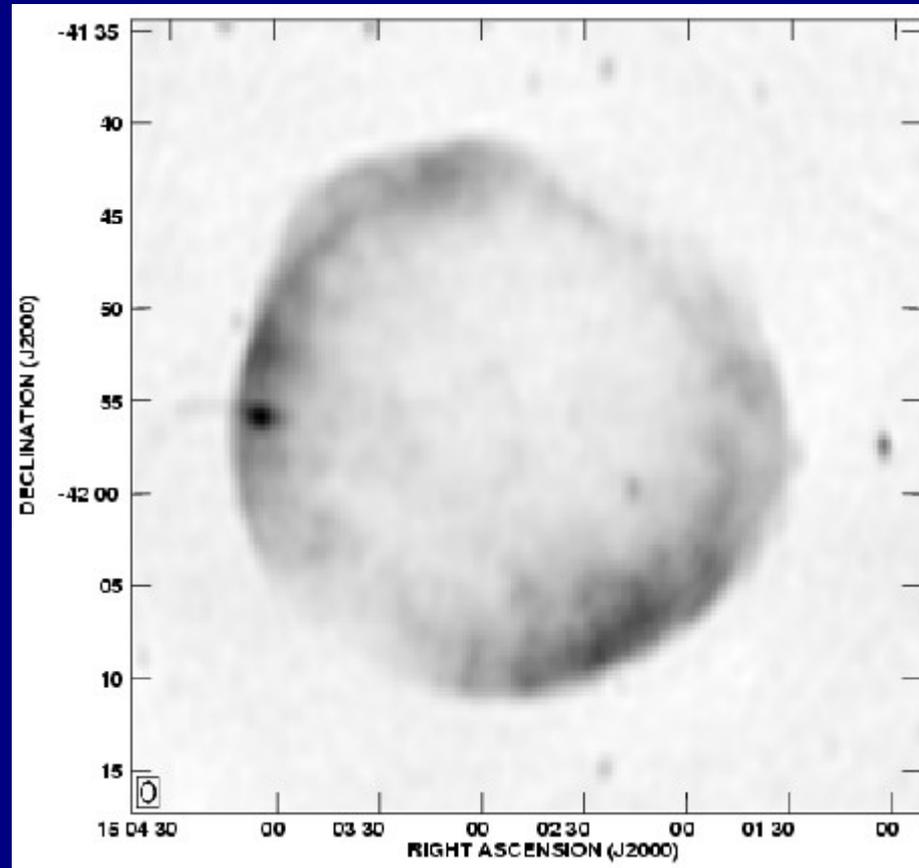
Perdue de vue depuis.
Re-découverte en 1960 par des radio-astronomes sous le nom PKS 1459-41.



Carte de la constellation du Loup.



SNR 1006



Redécouverte en 1960 par des radio astronomes.
Ici, une image récente, Molonglo Synthesis Aperture Telescope (MOST)

SNR 1006.

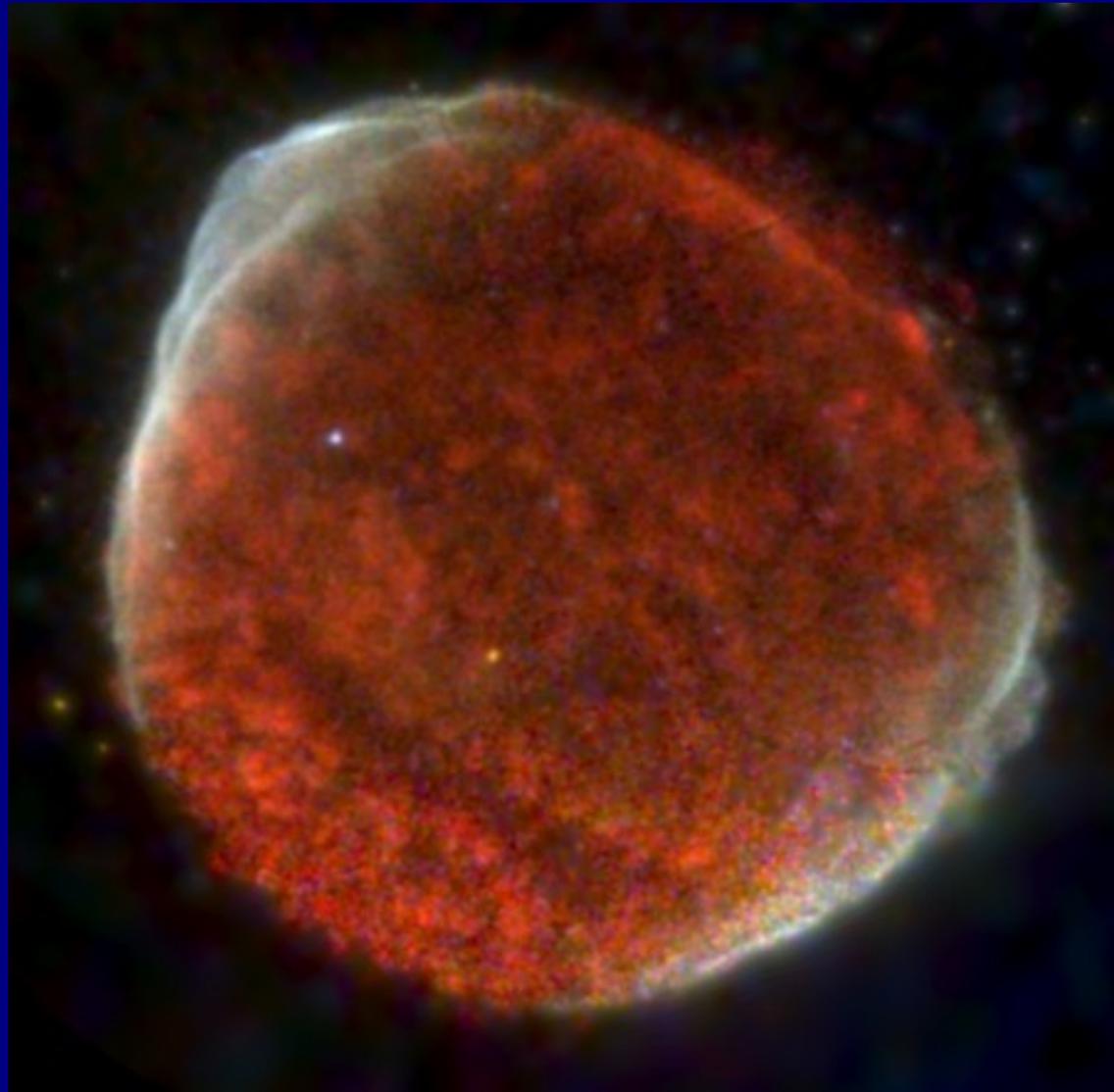
Identification d'une
contrepartie optique.

Distance 2,2 kpc.

Le progéniteur n'est pas
clairement identifié.

The animation left shows three images of the SNR: one from 1978,
one from 1998 and the black&white version of the image above (2006).
The movement of the SNR is obvious. The "speed" is about 0.25"/year.
image 2006, Capella Observatory at Amani Lodge, Kupferberg near Windhoek, Namibia
Image from 1976, Van den Berg
image from 1998 Winkler, Gupta, Long

SNR 1006.



Les restes de supernova SNR 1006, en X [XMM Newton]

La fréquence des supernovae.

- Nomenclature : SN pour Super Nova, année, lettre pour numero d'occurence.
- Une par siècle dans une galaxie comme la nôtre.
- Nombre de restes observés. Catalogue des SNR dans notre Galaxie [Green 2001] : 231 objets.



Naval Research Laboratory

Wide-Field Radio Image of the Galactic Center

$\lambda = 90 \text{ cm}$

(Kassim, LaRosa, Lazio, & Hyman 1999)

SNR près du centre de la Galaxie.

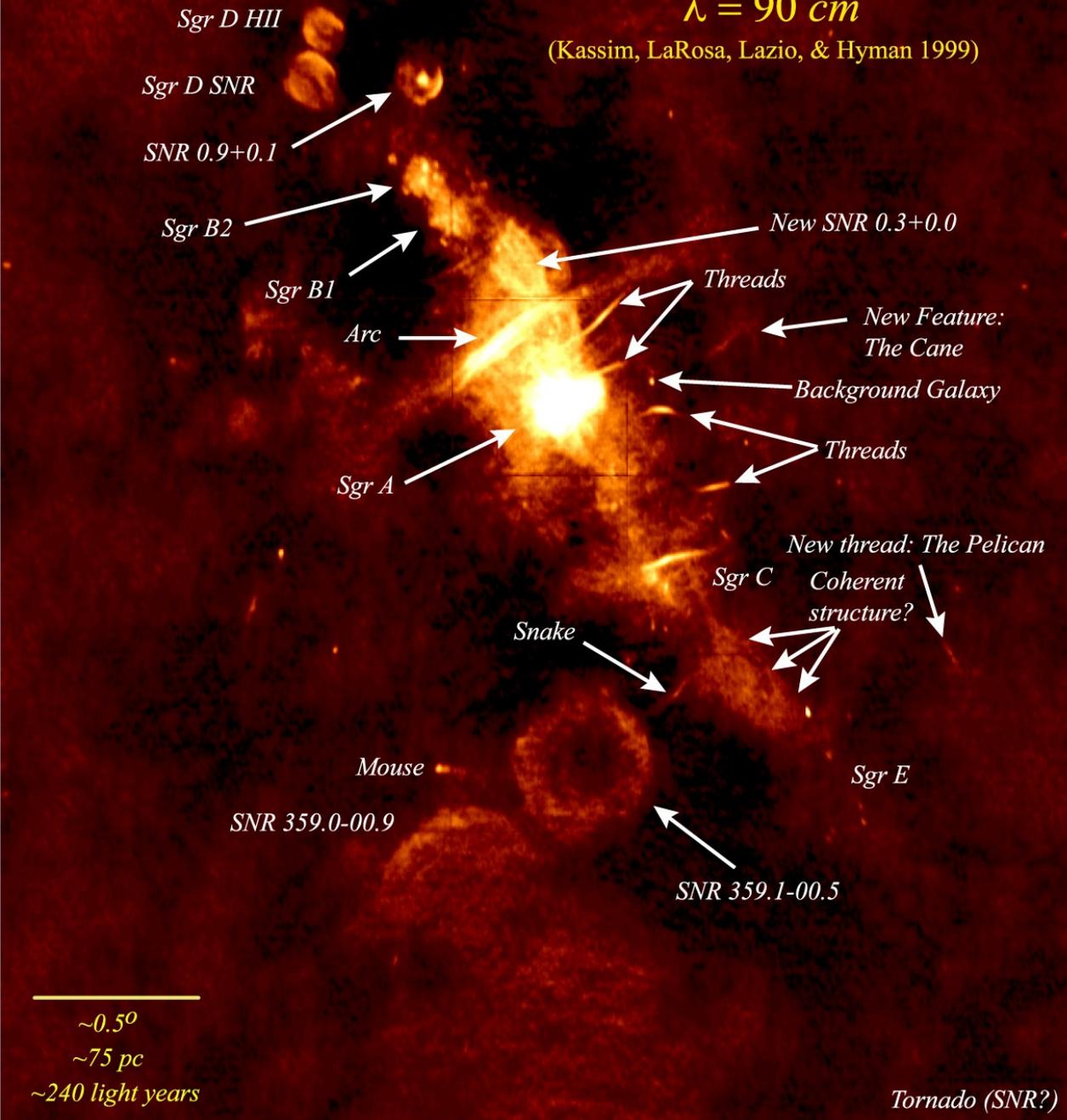
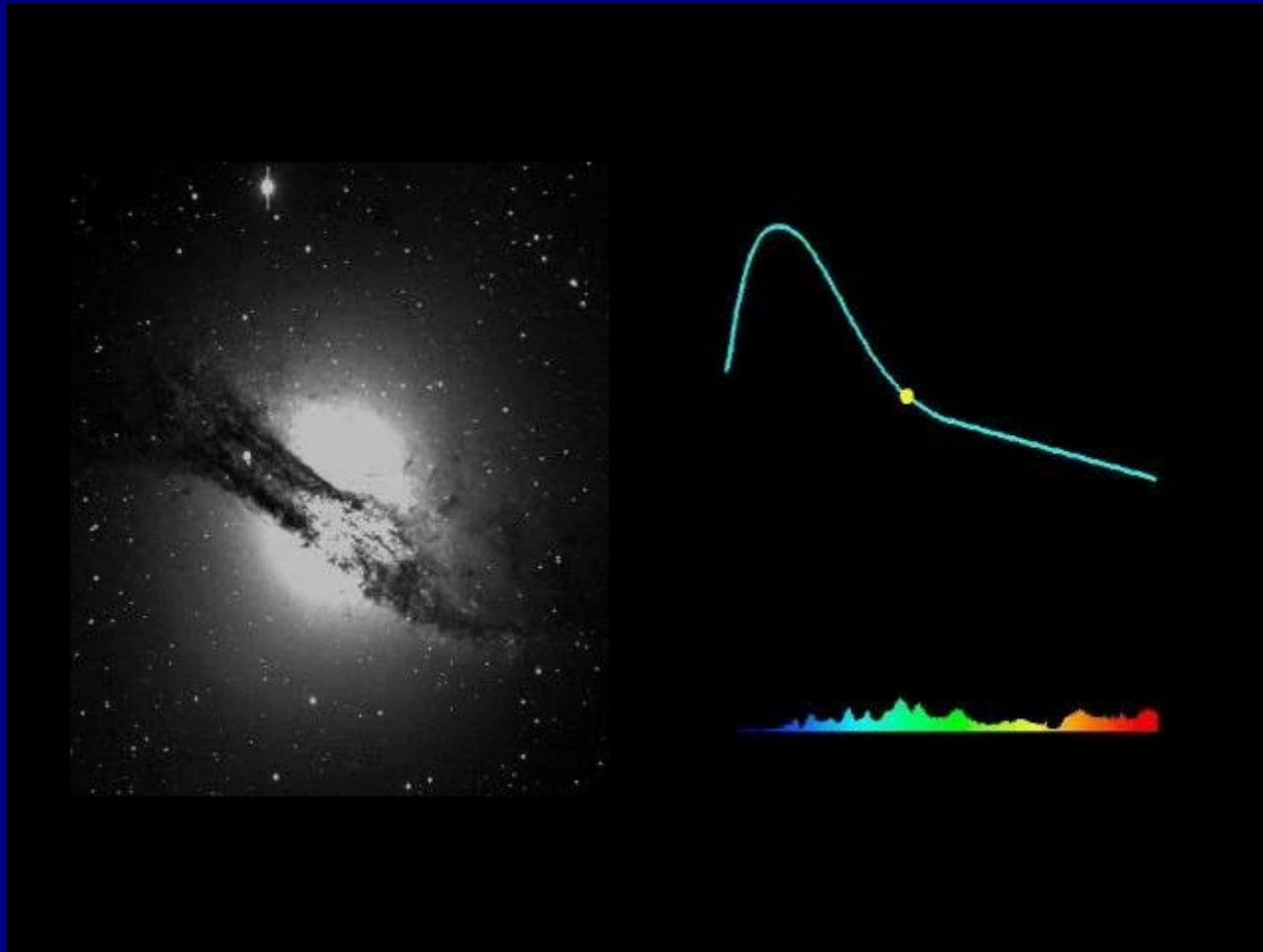


Image processing at the Naval Research Laboratory using DoD High Performance Computing Resources
Produced by N.E. Kassim, D.S. Briggs, T.J.W. Lazio, T.N. LaRosa, J. Imamura, & S.D. Hyman
Original data from the NRAO Very Large Array courtesy of A. Pedlar, K. Anantharamiah, M. Goss, & R. Ekers

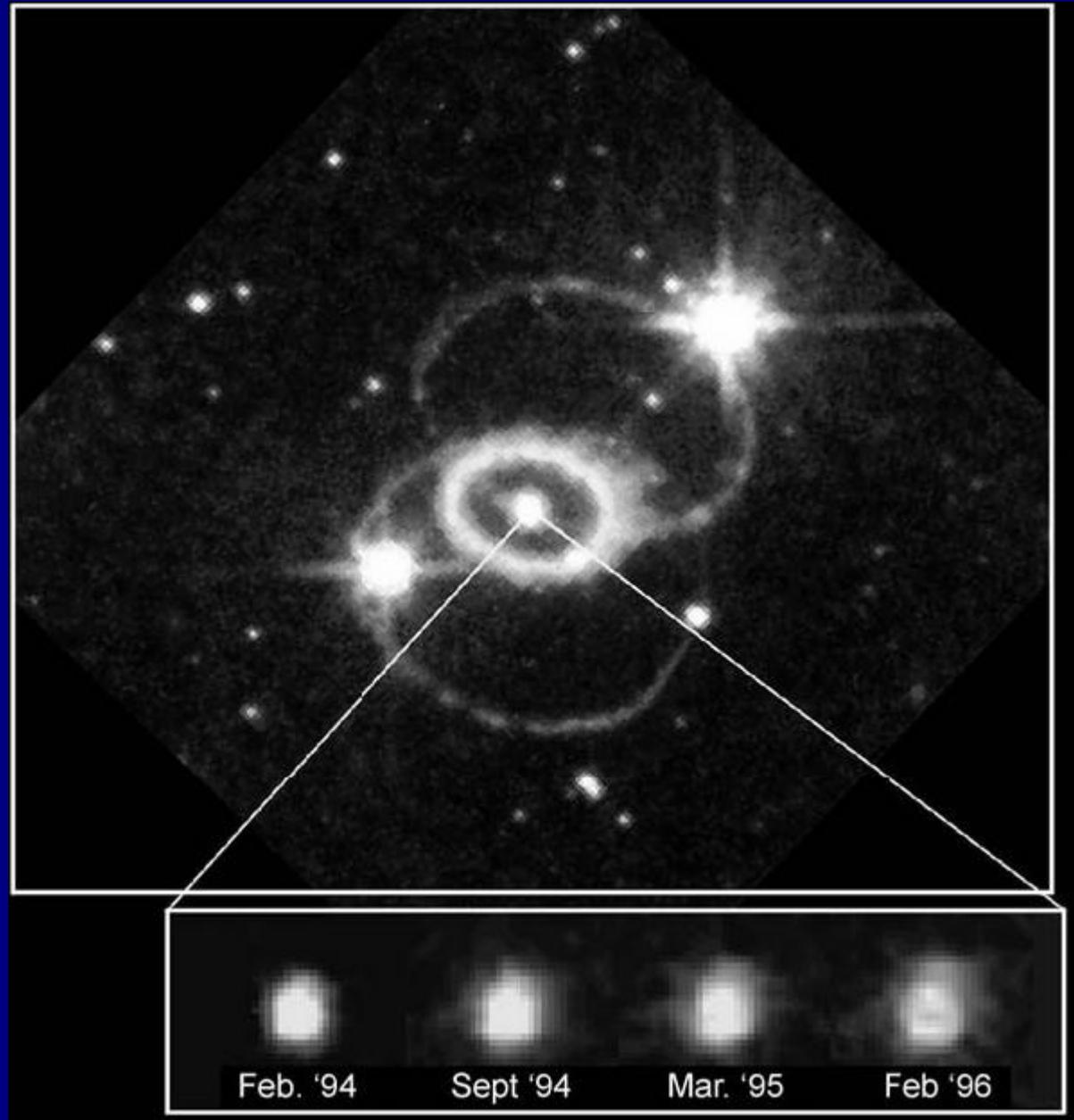
Un événement dans la galaxie Centaurus A (SN 1986 G)



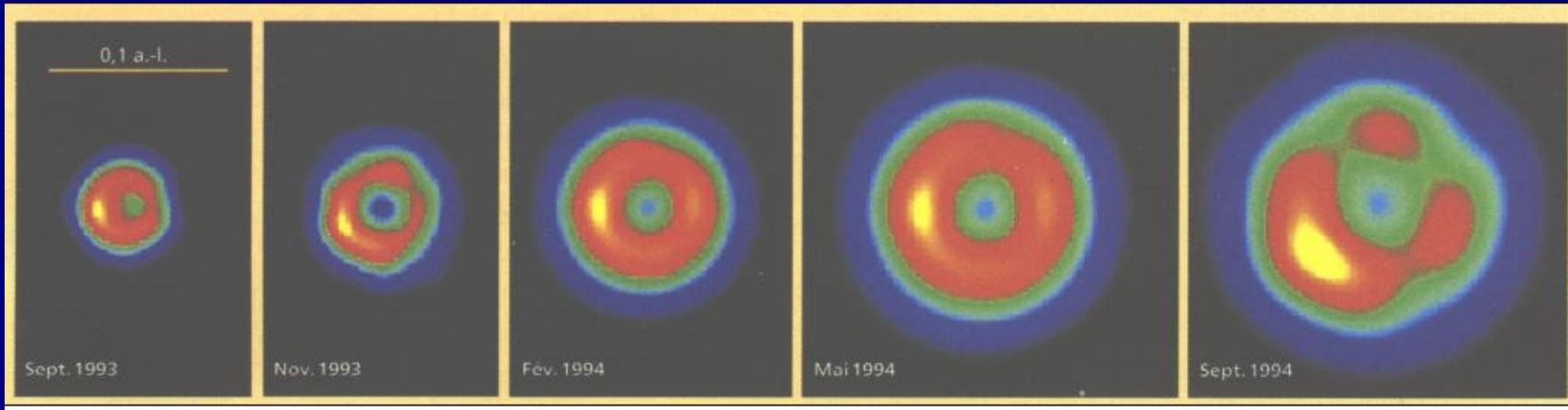
[Supernovae Cosmic Project, Nugent, Conley]

SN 1987 A

- Les grands anneaux sont des restes d'explosions plus anciennes. (Nova.)



Les supernovae : explosions d'étoile.



Expansion de la SN 1993 J vue au VLBI.

Les supernovae : explosions d'étoile.

Cas des SN Ia.

- Energie libérée par l'explosion :

10^{44} Joules

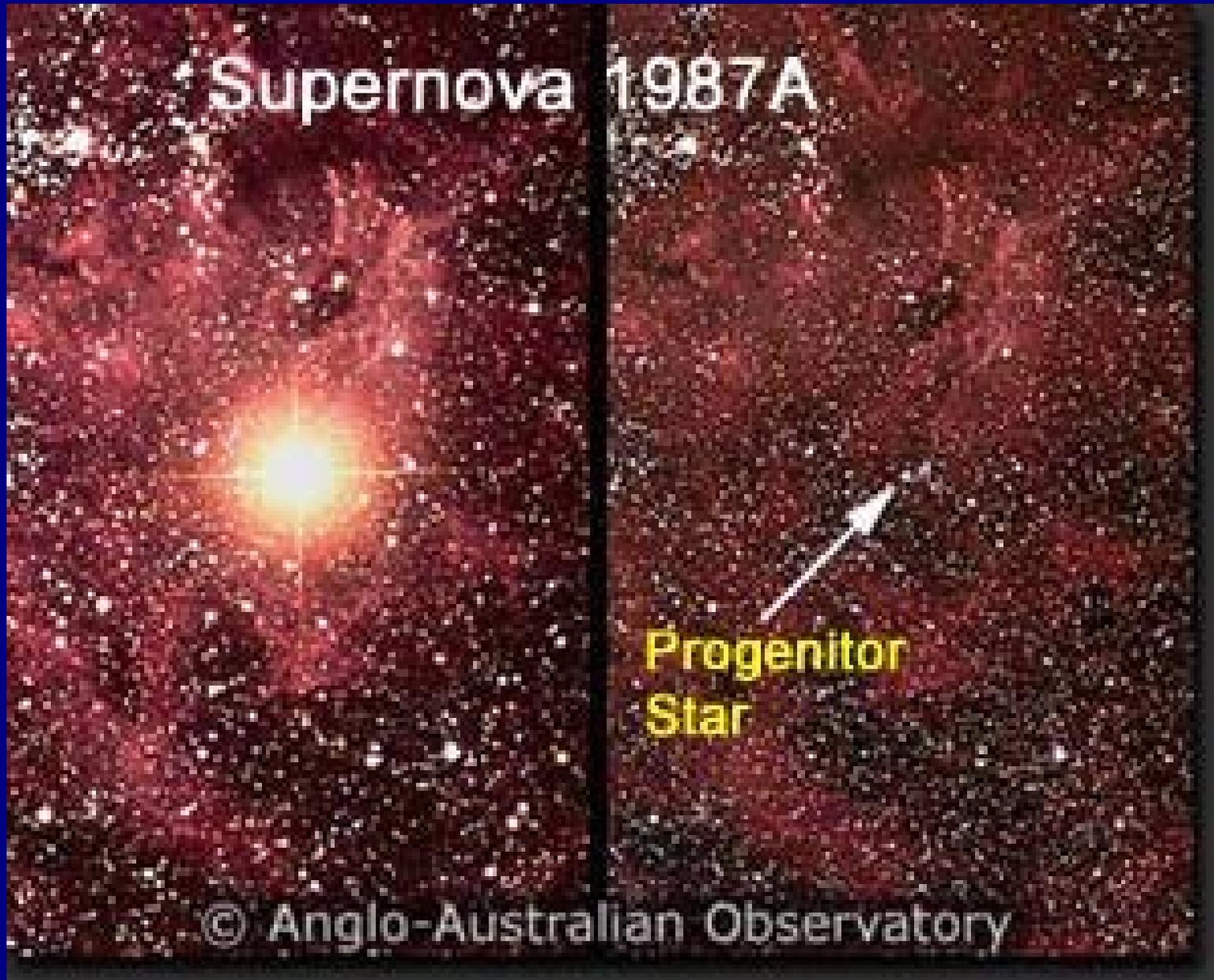
soit 0.0005*l'énergie de masse de l'étoile. (C'est un bon rendement pour une explosion nucléaire.)

- Energie de cohésion gravitationnelle d'une naine blanche , (R=5000 km, M=1 masse solaire) :

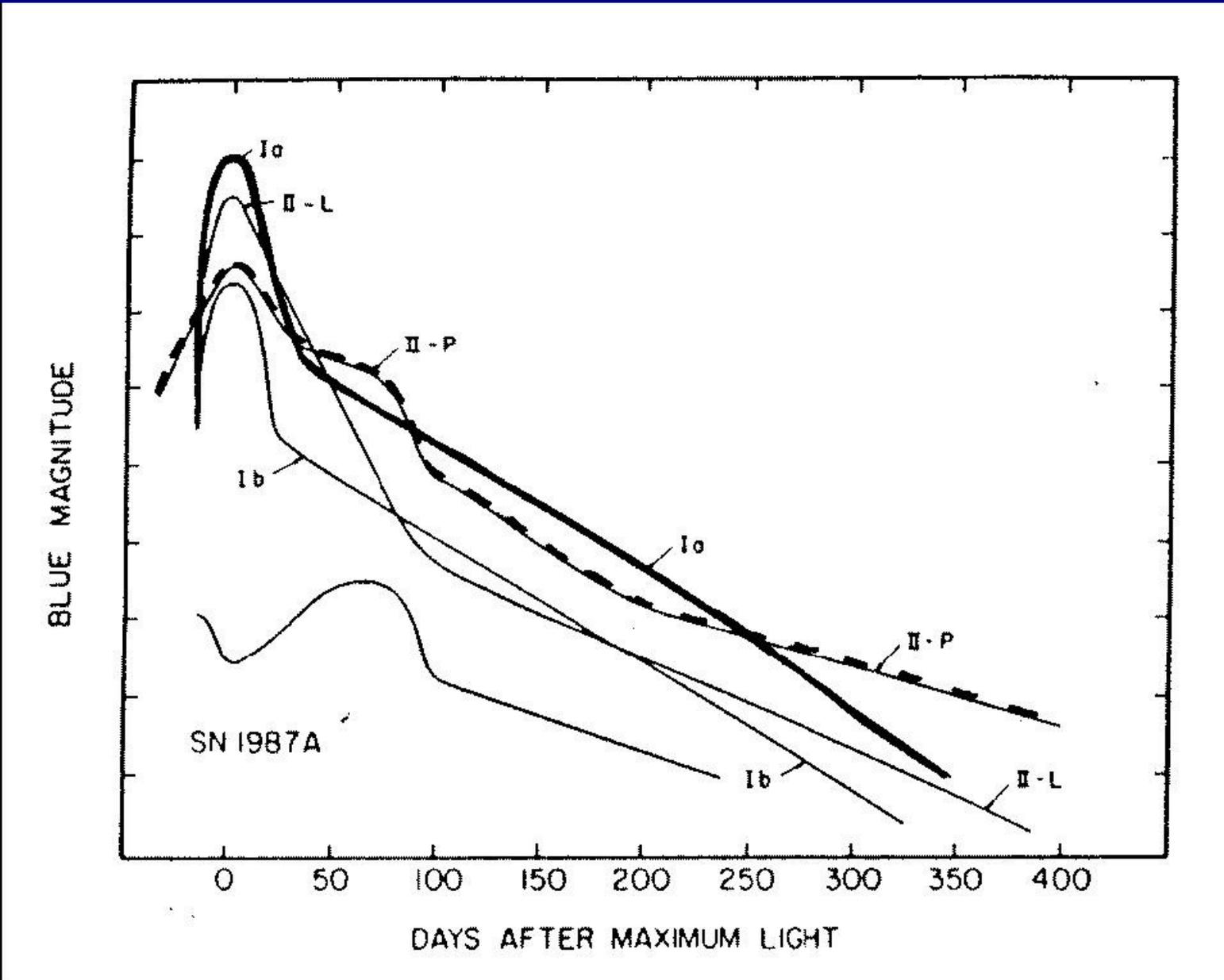
$2 \cdot 10^{43}$ Joules.

L'explosion suffit à détruire/disperser l'étoile.

Les supernovae : explosions d'étoile.



Les supernovae : courbes de lumière.

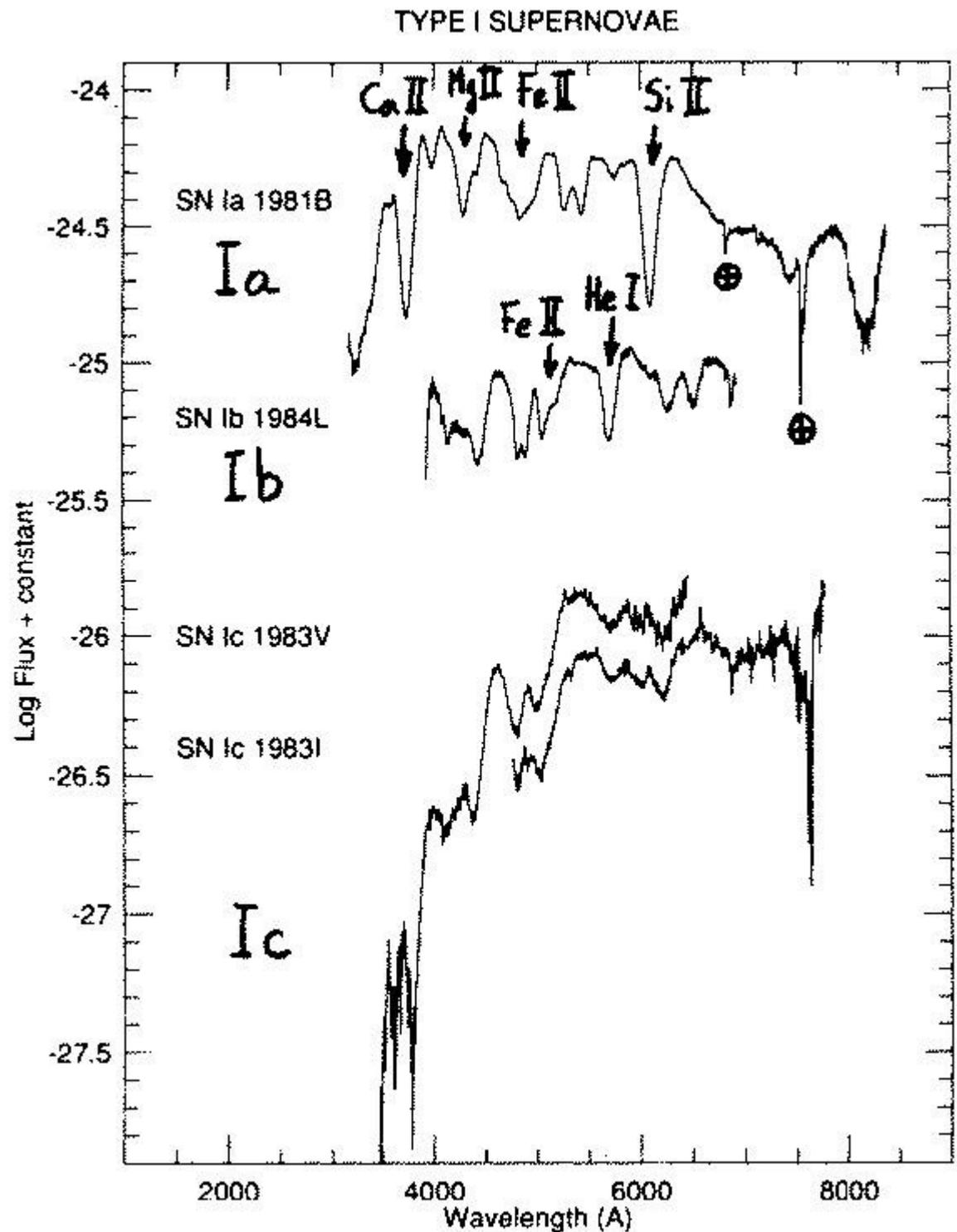


Supernovae : spectres photosphérique et nébulaire.

- Raies d'absorption, milieu optiquement épais (dense).
- Raies d'émission ; milieu dilué éclairé par des ondes de plus haute fréquence (UV, X)

Spectres de classe I en phase photosphérique.

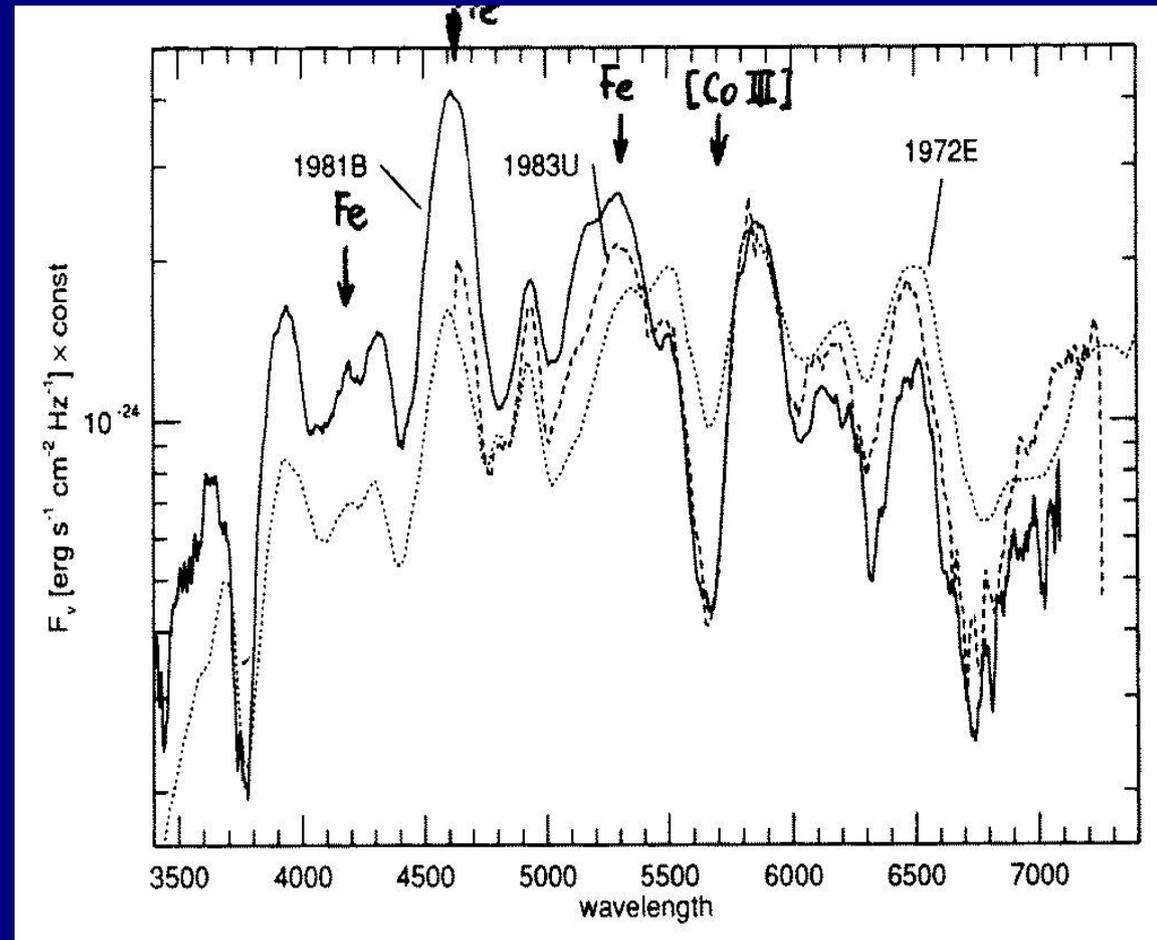
[Harkness et Wheeler, 1990]



Supernovae : spectres photosphérique et nébulaire.

- Raies d'absorption, milieu optiquement épais (dense).
- Raies d'émission ; milieu dilué éclairé par des ondes de plus haute fréquence (UV, X)

Spectres de classe Ia en phase nébulaire, J+20.

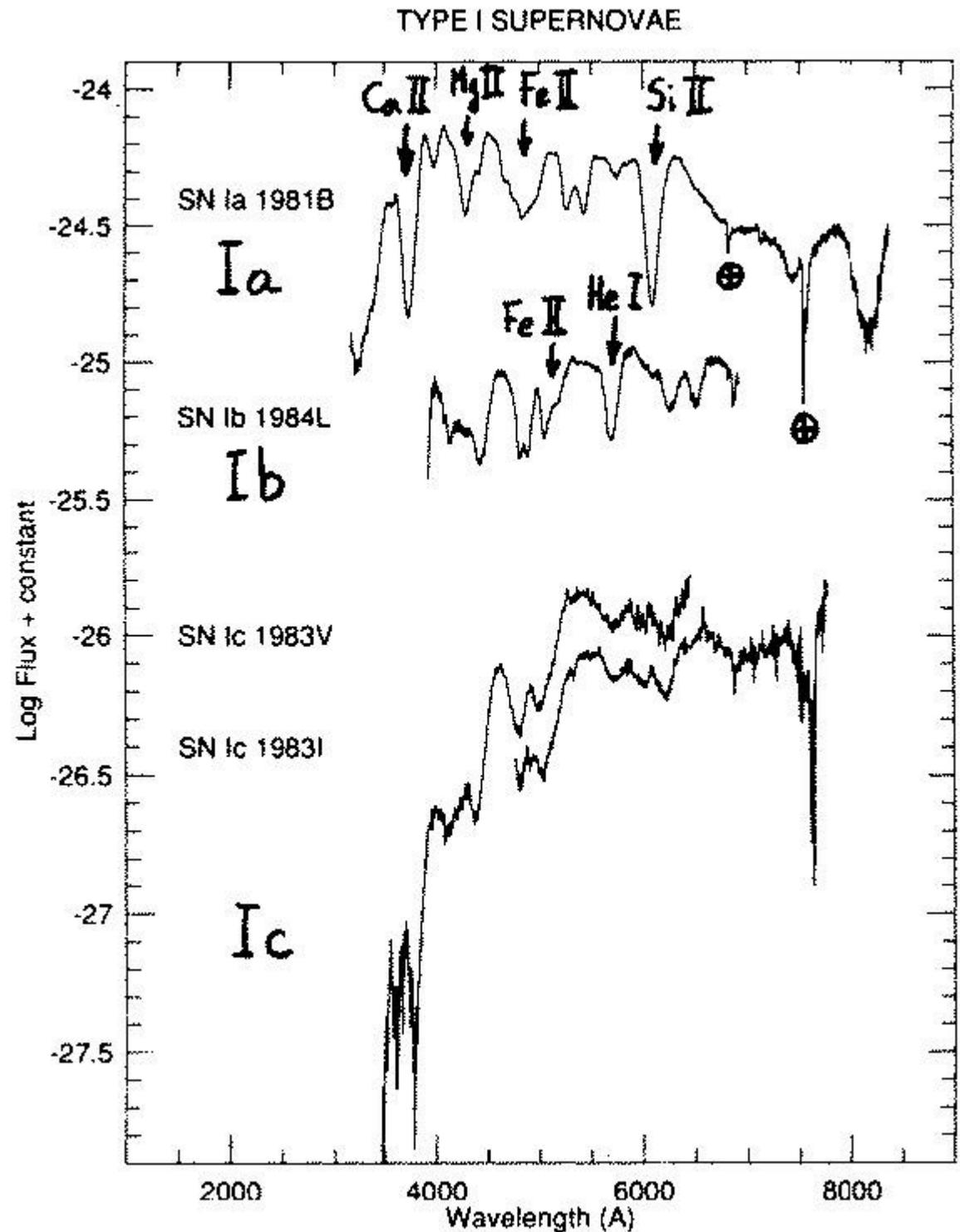


Supernovae : classification spectrale.

- Classe I .
- trois sous-classes
a,b,c.
- La classe Ia se
distingue par sa
courbe de lumière.

Spectres de classe I en
phase photosphérique.

[Harkness et Wheeler, 1990]

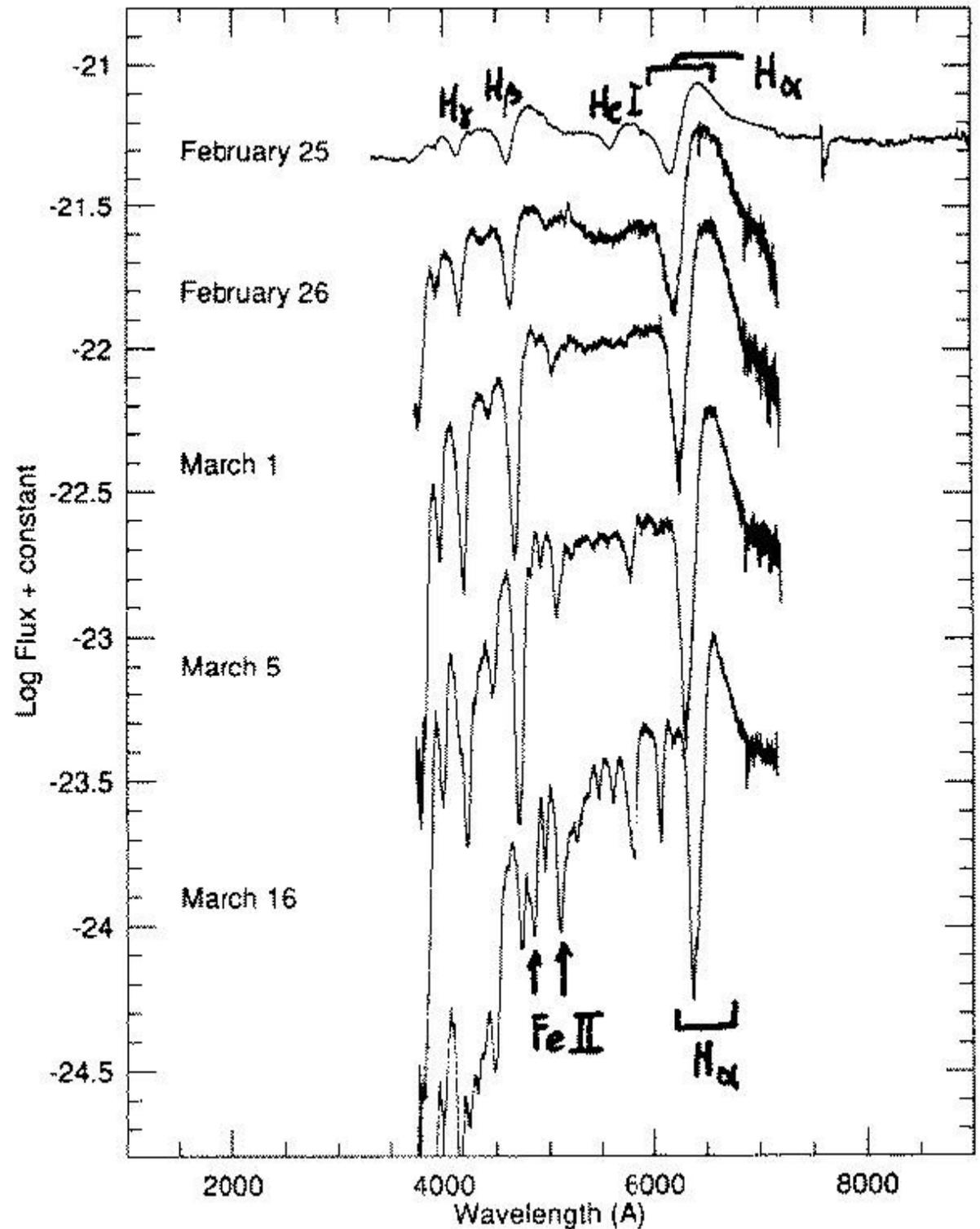


Supernovae : classification spectrale.

- Classe II .
- Courbe de lumière semblable à celles de Ib et Ic.

Spectre de 1987A, de classe II, en phase photosphérique.

[Harkness et Wheeler, 1990]

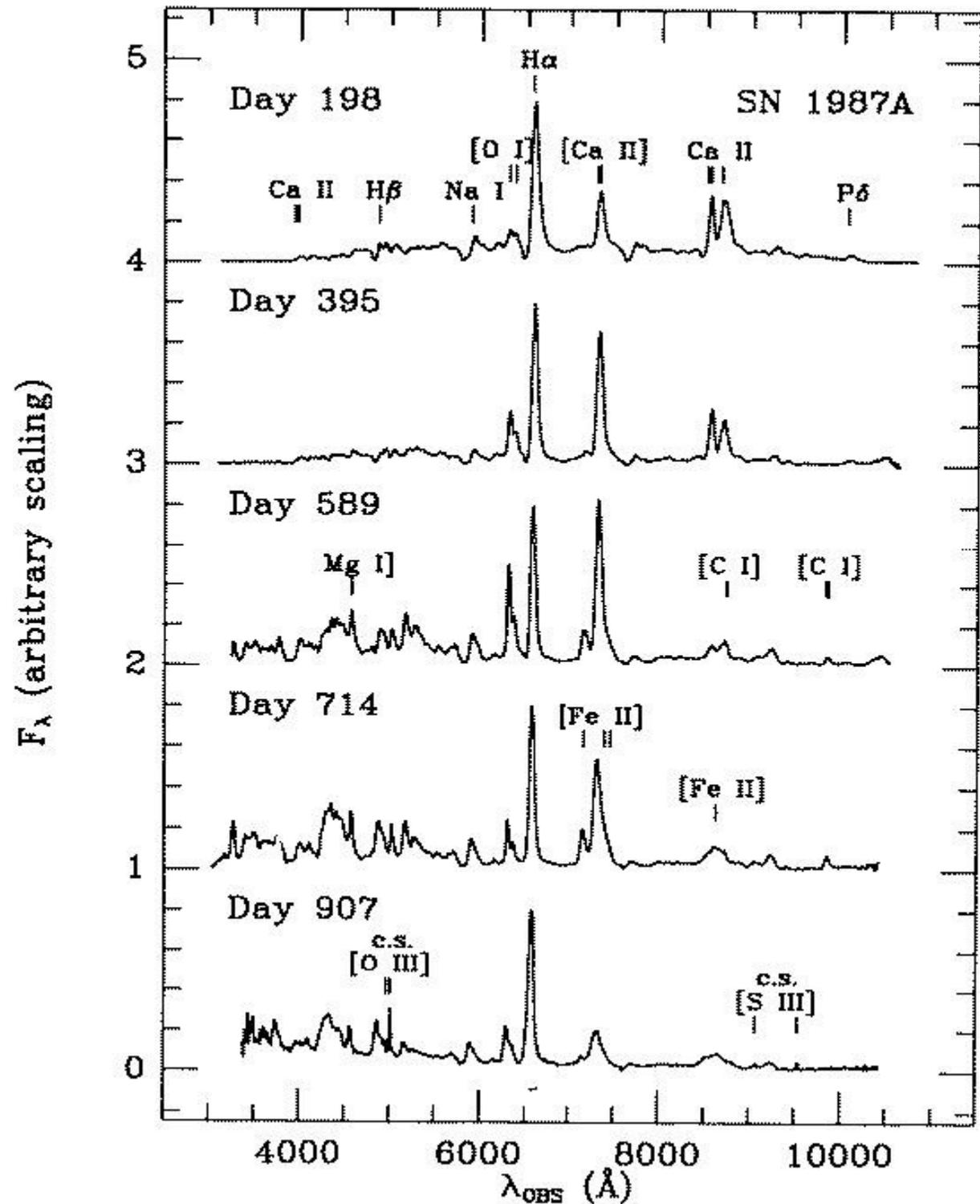


Supernovae : classification spectrale.

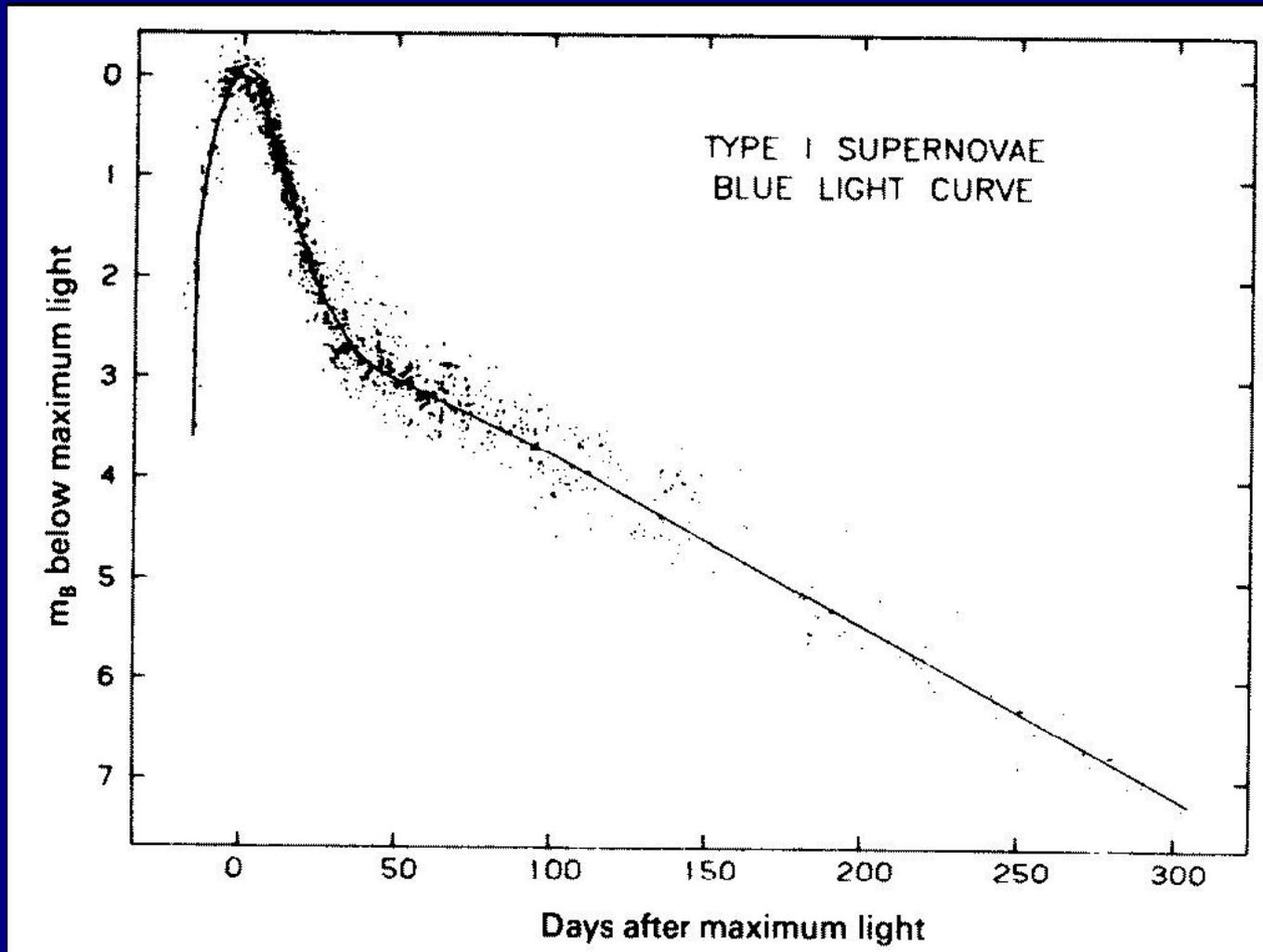
- Classe II .
- Courbe de lumière semblable à celles de Ib et Ic.

Spectre de 1987A, de classe II, en phase nébulaire.

[Phillips et Williams, 1991]



Supernovae Ia, courbe de lumière



38 courbes de lumière de SN Ia superposées.
L'échelle de temps est commune à toutes les SN.
[Dogget et Branch 1985]

Les restes de supernovae facteurs d'évolution cosmique.

Les restes de supernova sont des résidus d'explosion qui se dispersent dans l'espace.

La supernova brille quelques semaines.

Puis l'explosion se disperse, éclairée par le progéniteur ou des étoiles voisines.

On peut les observer quelques milliers d'années.

Les plus anciens connus sont les Dentelles du Cygne, dont l'âge est estimé à **10 000 ans**.

Pendant cette expansion assez brève à l'échelle cosmique il se produit :

- une dispersion des éléments (C, O, Si, métaux etc.) synthétisés dans l'étoile progénitrice.
- la propagation d'une onde de choc comprimant le milieu interstellaire sur son passage.

Les SNR contribuent ainsi à

- enrichir le milieu interplanétaire en « métaux », enrichissant la composition des futures étoiles
- provoquer des mouvements de compression de matière aptes à stimuler des effondrements de matière froide, qui à leur tour, engendreront la naissance de nouvelles étoiles.

Dentelles du cygne



Les restes de la supernova sont quasiment dispersés. L'explosion remonte à 10 000 ans.