

Voyage dans notre Galaxie

Katia FERRIÈRE

Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie,
Observatoire Midi-Pyrénées, France

Festival d'astronomie de Fleurance

9 août 2013



La Voie Lactée

Vue de la *Voie Lactée* depuis Mangaia (Îles Cook, Océan Pacifique)



Credit & Copyright: Tunç Tezel (TWN)

- 1 De la Terre à la Voie Lactée
- 2 Notre Galaxie, la Voie Lactée
- 3 Les étoiles
- 4 Le milieu interstellaire

- 1 De la Terre à la Voie Lactée
- 2 Notre Galaxie, la Voie Lactée
- 3 Les étoiles
- 4 Le milieu interstellaire

Notre planète: la Terre

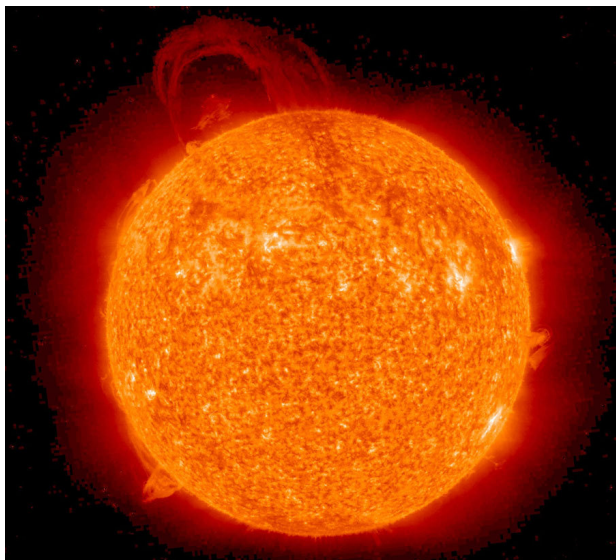


Diamètre de la Terre

≈ 13 000 km

Credit: Stockli, Nelson, Hasler (NASA/GSFC/NOAA/USGS)

Notre étoile: le Soleil



Credit: STEREO (NASA)



Diamètre de la Terre

$\approx 13\,000$ km

Diamètre du Soleil

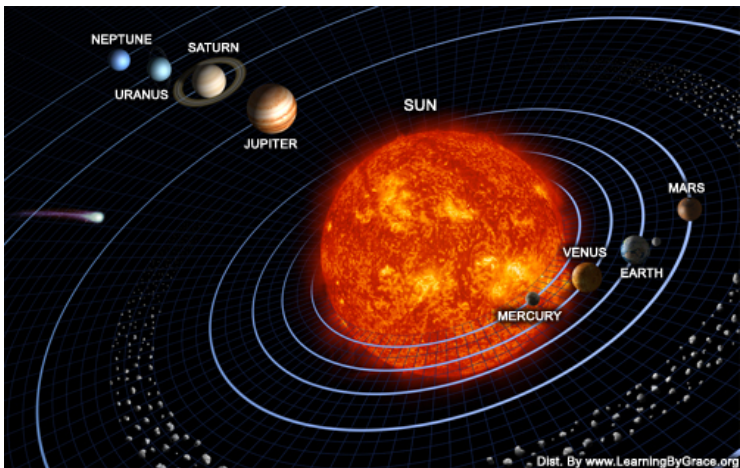
$\approx 1\,400\,000$ km

Distance Terre-Soleil

$\approx 150\,000\,000$ km

= 1 UA

Le système solaire



Orbite de Neptune \approx 60 UA
 \approx 8 heures lumière

L'héliosphère

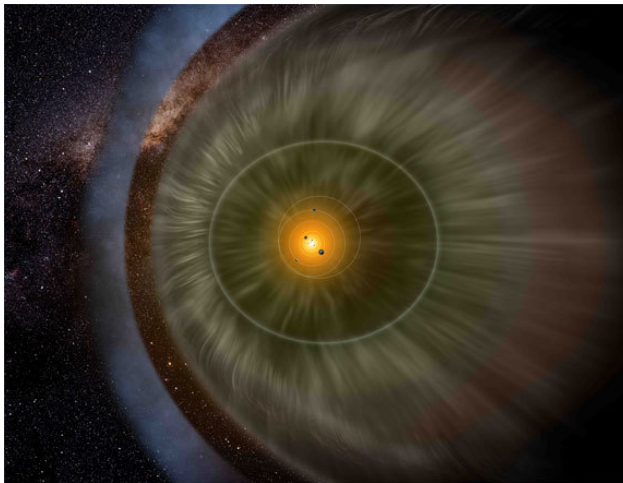
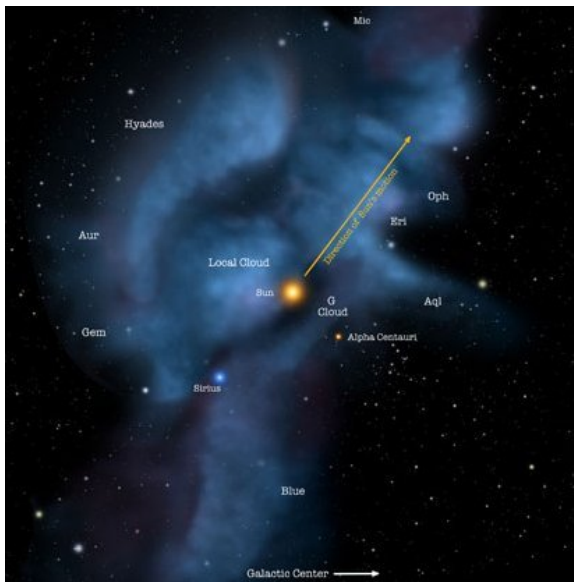


Image Credit: Adler Planetarium / IBEX team

Taille de l'héliosphère \approx 300 UA
 \approx 2 jours-lumière

Les étoiles les plus proches

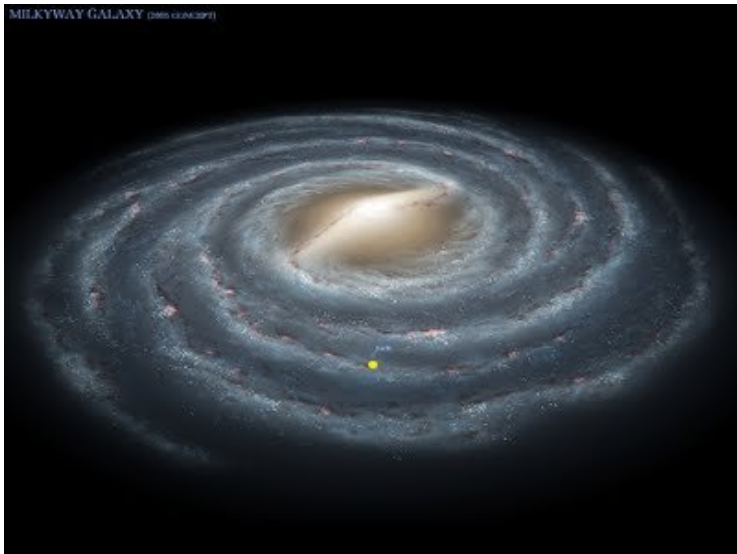


Étoile la plus proche:
Alpha du Centaure
à 4.2 années-lumière

Étoile la plus brillante:
Sirius
à 8.6 années-lumière

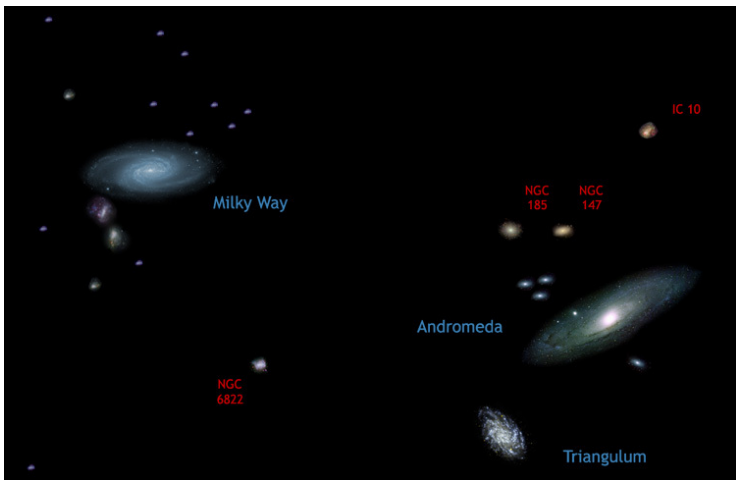
Image Credit: IBEX team

Notre galaxie: la Voie Lactée



Diamètre de la Voie Lactée ~ 100 000 années-lumière

Notre groupe de galaxies



NASA/courtesy of nasaimages.org and Sloan Digital Sky Survey

Taille du groupe ~ 5 000 000 années-lumière

Distance à *Andromède* ~ 2 500 000 années-lumière

L'amas de galaxies de la Vierge



Credit & Copyright: Günter Kerschhuber (Gahberg Observatory)

Distance à l'amas de *la Vierge* ~ 50 000 000 années-lumière

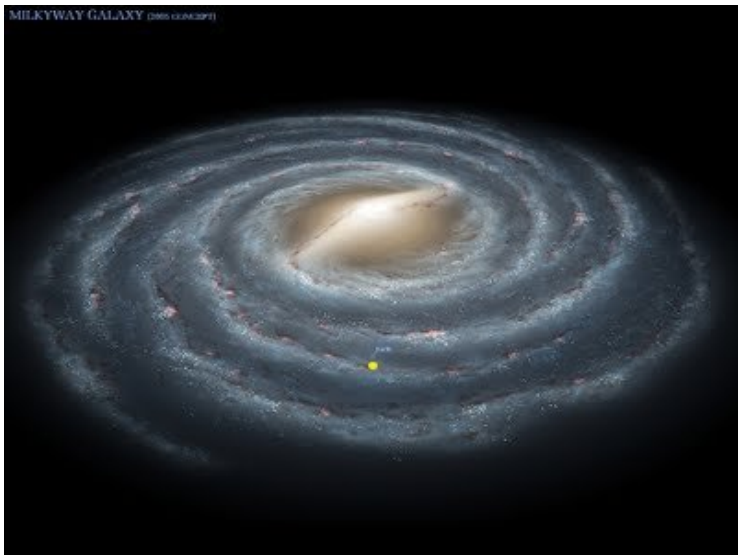
- 1 De la Terre à la Voie Lactée
- 2 Notre Galaxie, la Voie Lactée**
- 3 Les étoiles
- 4 Le milieu interstellaire

Vue de l'intérieur, depuis la Terre

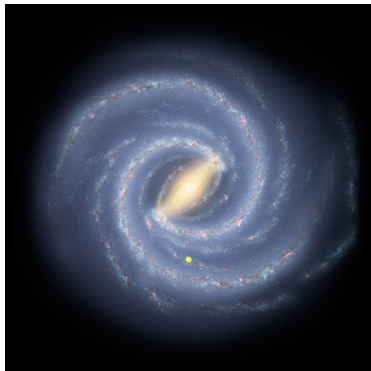


Panoramic Universe Pictures

Vue de l'extérieur



Structure générale



Credit: Robert Hurt (NASA/JPL-Caltech)



Credit: David Hardy (Science Photo Library)

Disque

- Forme d'un DVD
- Diamètre $\sim 100\,000$ AL
- Épaisseur $\sim 1\,000$ AL
- Structure *spirale*

Bulbe

- Forme allongée d'une *barre*
- Longueur $\sim 20\,000$ AL
($12\,000$ AL & $28\,000$ AL)
- Trou noir super-massif au centre

Halo

- Forme sphéroïdale
- Diamètre $\gtrsim 300\,000$ AL
- Amas globulaires

Etoiles

- ~ 200 000 000 000 étoiles
- ~ 10 – 20% de la masse totale
- Émettent de la lumière visible à l'oeil humain
- Se concentrent dans le disque & le bulbe

Milieu interstellaire

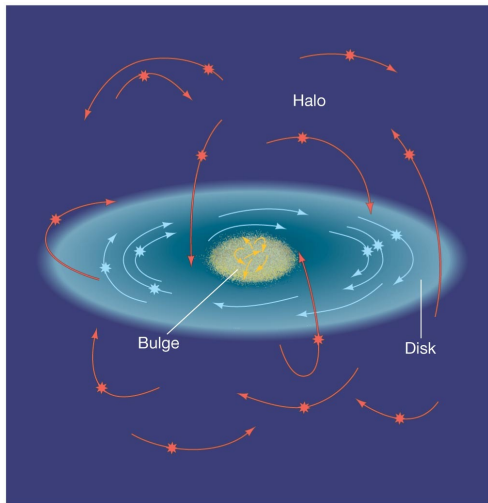
- ~ 10% de la masse des étoiles
- Absorbe et diffuse la lumière des étoiles
Emet de la lumière à toutes les longueurs d'onde
- Se concentre dans le disque

Matière noire

- ~ 80 – 90% de la masse totale
- N'émet aucune lumière
Délectable seulement par effet gravitationnel
- Se trouve surtout dans le halo

Mouvements des étoiles

Toutes les étoiles *tournent*
autour du centre de la Galaxie



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

Disque

Orbites *circulaires* dans le plan

Bulbe

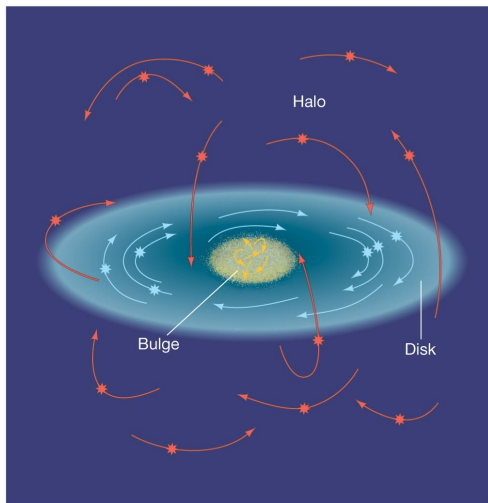
Orbites *allongées* dans le plan

Halo

Orbites *aléatoires* hors du plan

Mouvements des étoiles

Toutes les étoiles *tournent*
autour du centre de la Galaxie



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

Disque

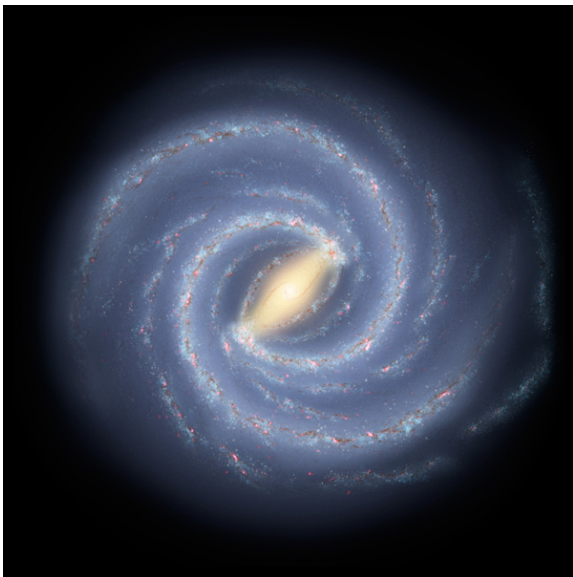
Les étoiles plus proches du centre
tournent plus vite

☞ *Rotation différentielle*

Pour le Soleil:

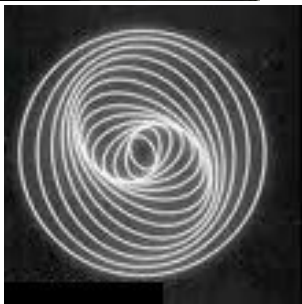
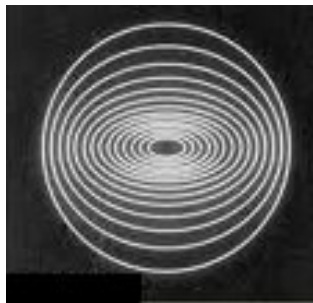
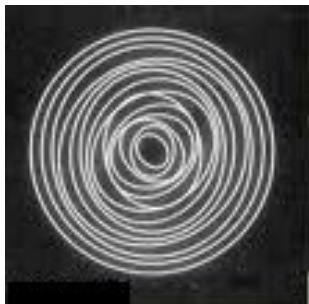
- Distance $\approx 26\,000$ AL
- Vitesse ≈ 220 km s⁻¹
- Période $\approx 240\,000\,000$ années

Structure barre-spirale



Credit: Robert Hurt (NASA/JPL-Caltech)

Structure barre-spirale



- 1 De la Terre à la Voie Lactée
- 2 Notre Galaxie, la Voie Lactée
- 3 Les étoiles**
- 4 Le milieu interstellaire

Classification des étoiles "normales"

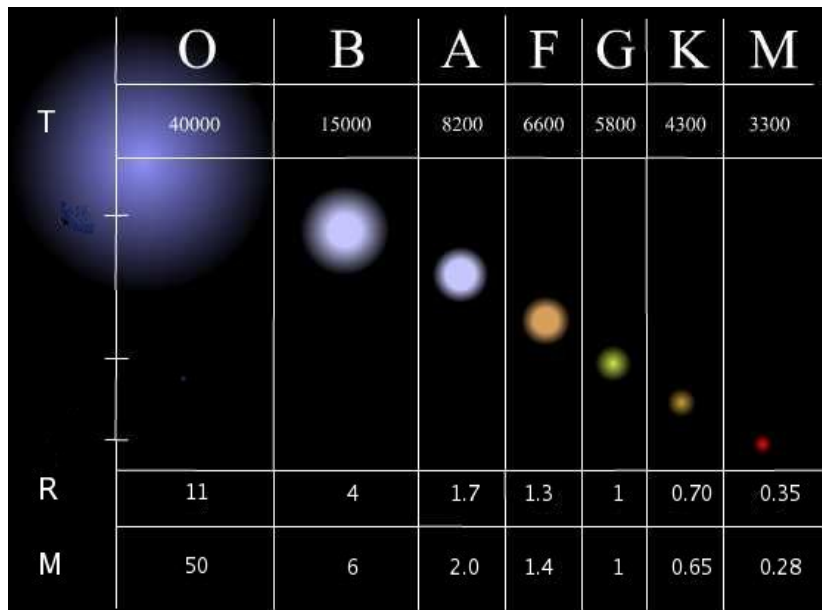
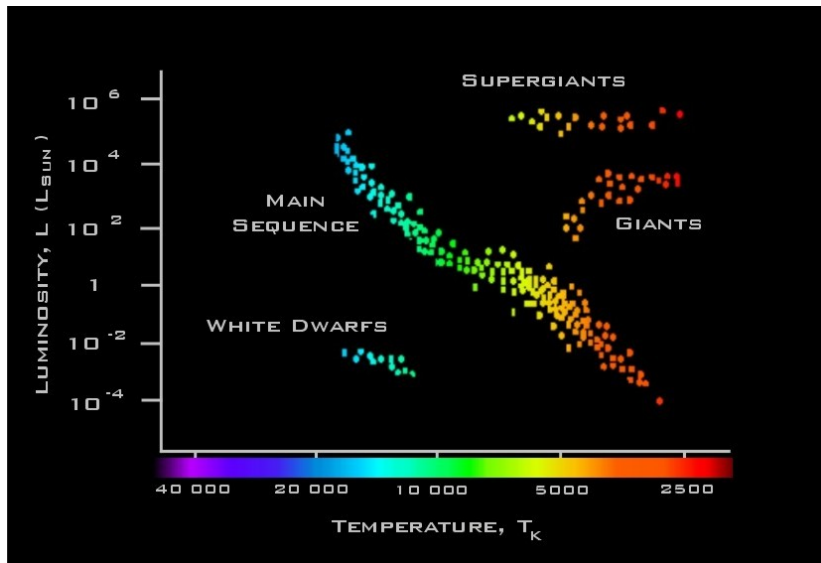
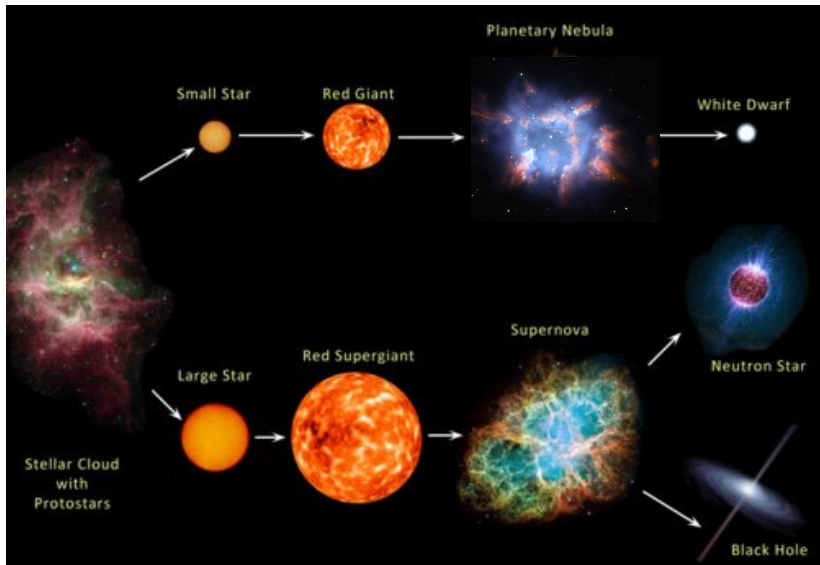


Diagramme de Hertzsprung-Russell



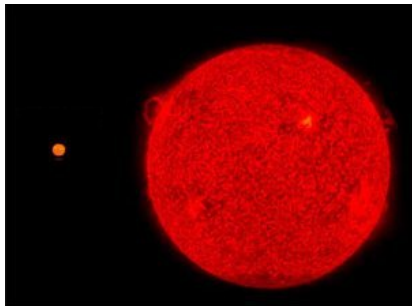
Vie et mort des étoiles



<http://essayweb.net/astronomy/blackhole.shtml>

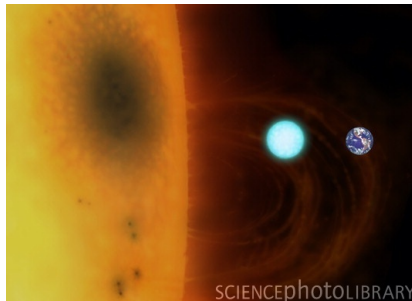
Géantes rouges et naines blanches

Géante rouge



Diamètre $\sim 100 D_{\odot}$
 $\sim 1 \text{ UA}$

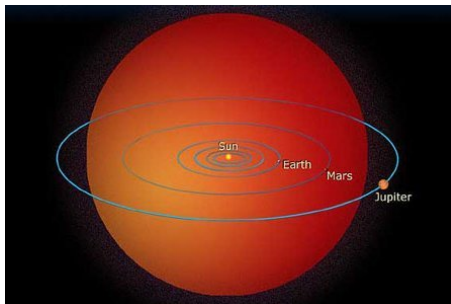
Naine blanche



Diamètre $\sim 0.01 D_{\odot}$
 $\sim D_{\oplus}$

Supergéantes rouges et étoiles à neutrons

Supergéante rouge



Credit: AstronomyOnline.org

Diamètre $\sim 1\,000 D_{\odot}$
 ~ 10 UA

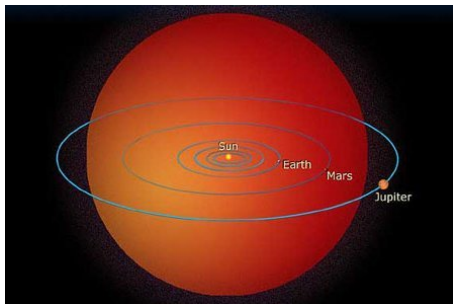
Bételgeuse (constellation d'Orion)



Credit: Science Daily

Supergéantes rouges et étoiles à neutrons

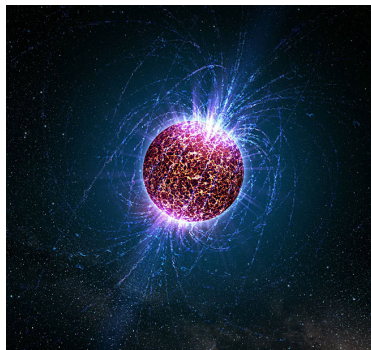
Supergéante rouge



Credit: AstronomyOnline.org

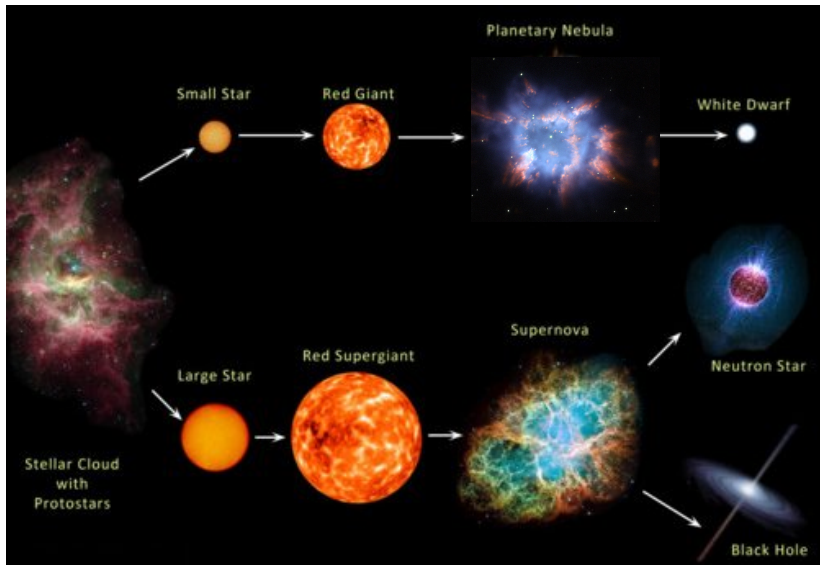
Diamètre $\sim 1\,000 D_{\odot}$
 ~ 10 UA

Etoile à neutrons



Diamètre $\sim (20 - 30)$ km

Vie et mort et naissance des étoiles



<http://essayweb.net/astronomy/blackhole.shtml>

- 1 De la Terre à la Voie Lactée
- 2 Notre Galaxie, la Voie Lactée
- 3 Les étoiles
- 4 Le milieu interstellaire**

L'espace entre les étoiles

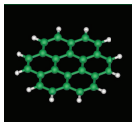
Nuages sombres & nébuleuse du Cocon (~ 15 AL)



Credit & Copyright: Tony Hallas

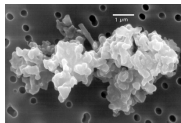
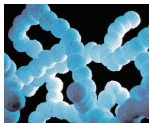
Gaz interstellaire

- ~ 99% de la masse interstellaire
- Hydrogène (70%), hélium (28%) & "métaux" (1%)
- Sous forme moléculaire, atomique ou ionisée



Poussière interstellaire

- ~ 1% de la masse interstellaire
- Grains de silicates (Si_2O) & de composés carbonés (C)



Le gaz interstellaire

Température

- Très variable
~ -263° → $1\,000\,000^{\circ}$

Densité

- Très variable
~ 0.01 H/cm^3 → $1\,000\text{ H/cm}^3$
- Extrêmement faible
~ 1 H/cm^3 ~ $0.000000000000000000000024\text{ g/l}$ en moyenne
- *Comme une feuille de papier*
~ 40 g/m^2

Pression thermique

- Relativement uniforme
- Extrêmement faible
~ $0.000000000000000000000001\text{ atm}$ en moyenne

Nébuleuses...

... par **émission**



... par **absorption**

... par **réflexion**

Nébuleuses par émission

Amas d'étoiles dans la constellation de Céphée (~ 770 AL)



Panoramic Nebulae

Nébuleuses par réflexion

Nébuleuse Trifide (~ 50 AL)



Credit & Copyright: Todd Boroson (AURA, NOAO, NSF)

Nébuleuses par absorption

Nébuleuse de la *Tête de Cheval* (~ 3.5 AL)



Credit: Arne Henden (US Naval Observatory)

Analogie terrestre

L'atmosphère terrestre est comme une nébuleuse par réflexion

Le ciel en plein jour

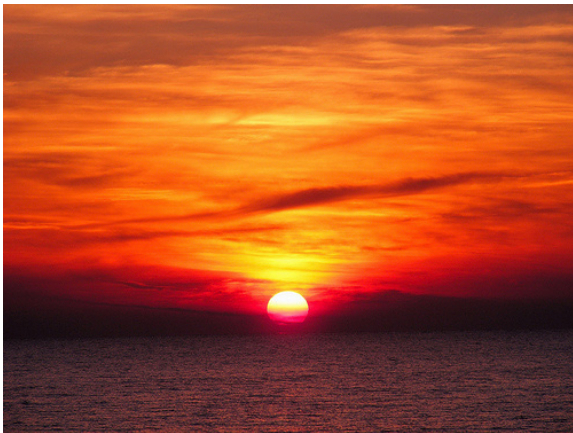


Copyright: Photobucket Corporation

Analogie terrestre

L'atmosphère terrestre est comme une nébuleuse par réflexion

Le ciel à la tombée de la nuit



Copyright: Afrocheye's photostream

Emission infra-rouge de la poussière

La poussière a une température $\sim (12 - 25) \text{ K}$
Elle émet un rayonnement thermique dans l'*infra-rouge*

Carte infra-rouge de l'Observatoire Spatial *Spitzer*

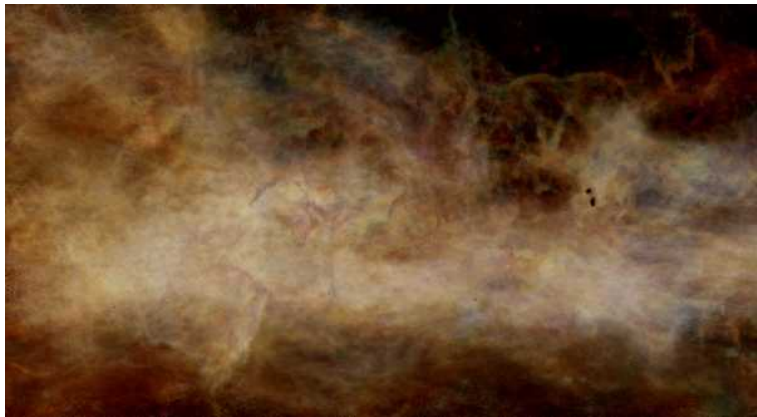


Credit: NASA/JPL-Caltech/Ed Churchwell (U. of Wisconsin)

Emission radio du gaz atomique

L'atome d'hydrogène émet à la fréquence *radio* de 1.4 GHz (21 cm)

Bande panoramique le long du bras spiral de Persée (~ 2 000 AL)

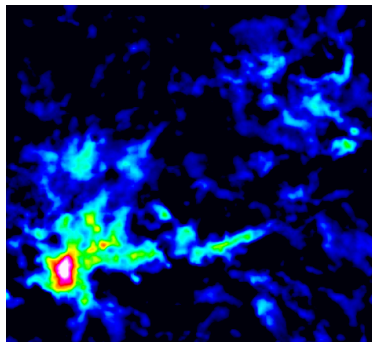


Canadian Galactic Plane Survey : Jayanne English (U. of Manitoba) & Russ Taylor (U. of Calgary)

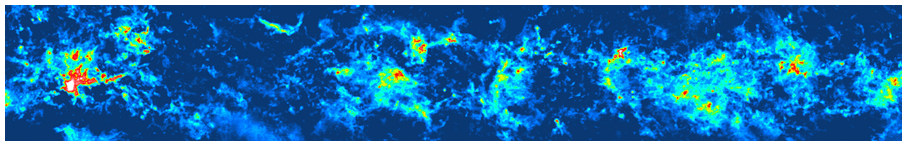
Emission radio du gaz moléculaire

Plusieurs molécules (CO, OH, H₂O...) émettent à des fréquences *radio*

Nuage moléculaire W51 (~ 260 AL)



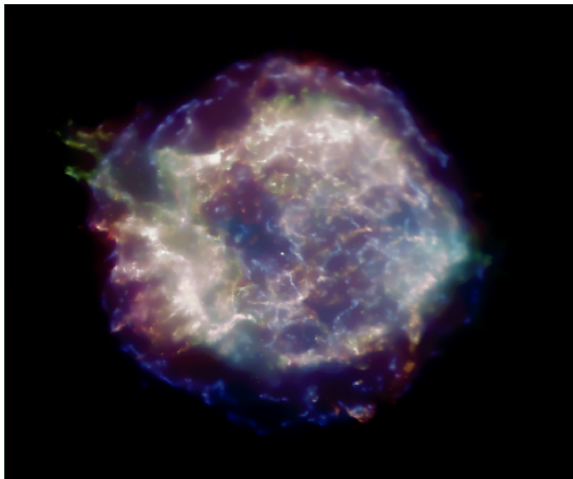
Carte d'émission du CO à 110 GHz



Emission X du gaz ionisé très chaud

Le gaz ionisé très chaud a une température $\geq 1\,000\,000^\circ$
Il émet un rayonnement thermique dans les *rayons X*

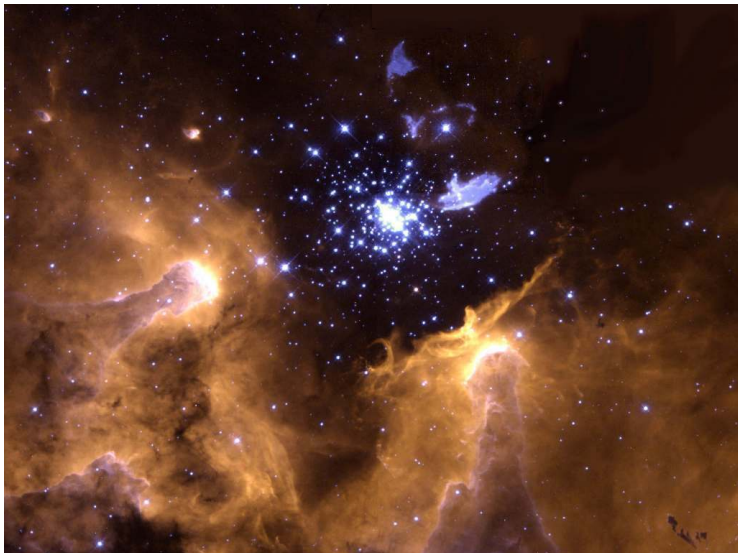
Reste de supernova *Cassiopee A* (date ~ 1680 , taille ~ 10 AL)



Chandra (red: a few MK; green; blue: ~ 20 MK)

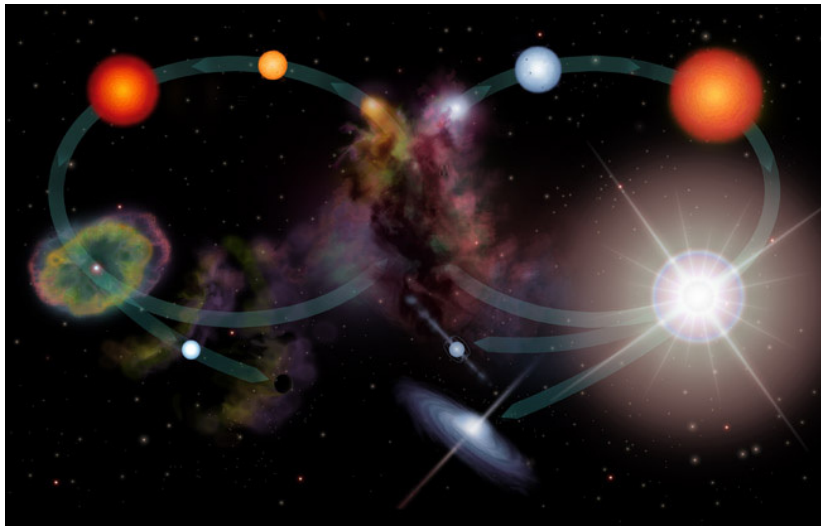
Formation d'étoiles et supernovae

NGC 3603 : nébuleuse géante & amas d'étoiles (~ 20 AL)



Hubble Space Telescope : W. Brandner (JPL/IPAC), E. Grebel (U. Washington), Y. Chu (U. Illinois)

Le cycle cosmique de la matière



<http://hea-www.cfa.harvard.edu>