

Structure galactique

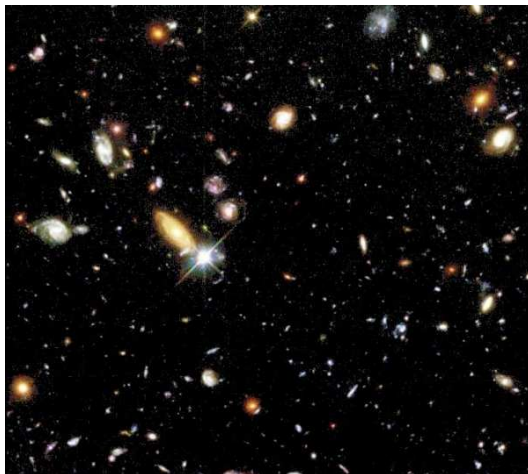
Etude de notre galaxie pour établir un modèle de formation, de composition et d'évolution des autres galaxies.

Présentation et description de la voie lactée ainsi que le modèle de la Galaxie de Besançon, outil permettant de comprendre la distribution des étoiles dans l'univers. *Par C. Reylé, astronome adjoint à l'observatoire de Besançon.*
12/12/2006



Notre voie lactée est composée d'environ 400 milliards d'étoiles. La distribution des étoiles n'est pas uniforme. Les parties brillantes représentent une très grande concentration d'étoiles tandis que les bandes sombres correspondent à des zones rendues opaques à cause de la présence de poussières.

Notre galaxie n'est qu'une parmi tant d'autres...

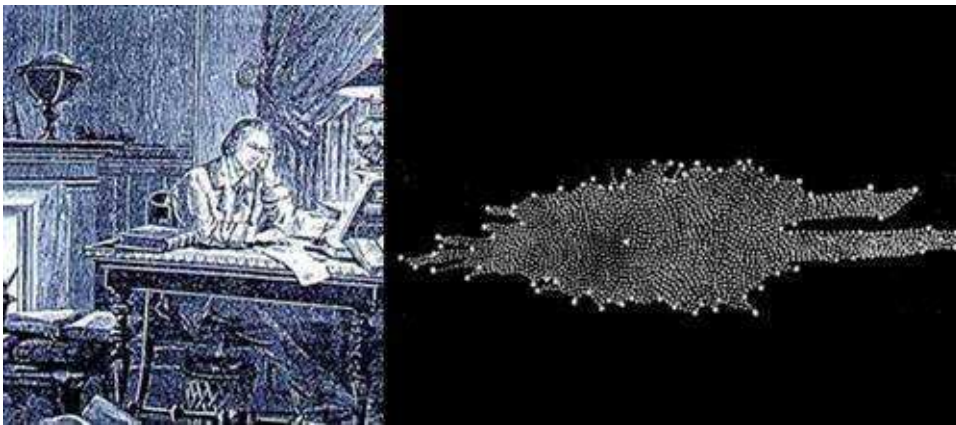


Ci contre une photo du Hubble Deep Field (18-28 dec 1995, pose de 10j consécutifs !). Plus de 1500 galaxies ont été dénombrées dans ce champ minuscule en direction de la Grande Ourse.

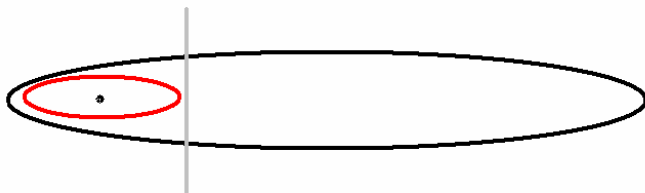
Si l'on considère la répartition des galaxies uniforme sur toute la surface du ciel, on peut estimer leur nombre à environ 50 milliards !

Les différentes visions de la Voie Lactée au cours du temps

- Antiquité : Démocrite/Hipparque : ils définissent la voie lactée comme une concentration d'étoiles et proposent l'idée de l'existence d'autres voies lactées.
- 1610 : Galilée la définit comme un nuage dense d'étoiles
- 1755 : Kant introduit la notion d'univers-îles
- 1785 : Herschel la voit comme un disque aplati avec en son centre le soleil. Il entreprend un comptage des étoiles et en déduit quelques propriétés : la luminosité moyenne des étoiles dans les différentes régions du ciel est constante, la luminosité apparente décroît avec le carré de la distance, une étoile moins brillante et une étoile plus lointaine.

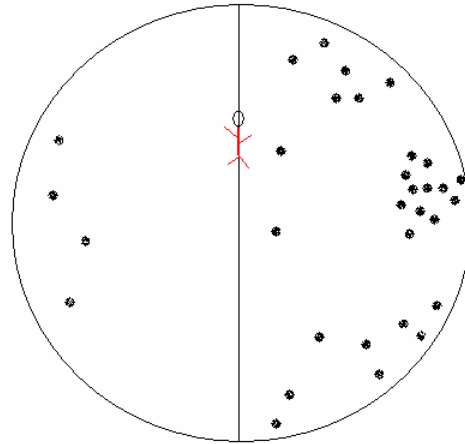


- 1900 : Kapteyn introduit une première notion de taille de notre galaxie. Il lui donne un diamètre de 25 000 a.l. mais le problème d'absorption de la lumière d'autres étoiles par la poussière fait qu'il ne mesure qu'1/4 de son diamètre réel)



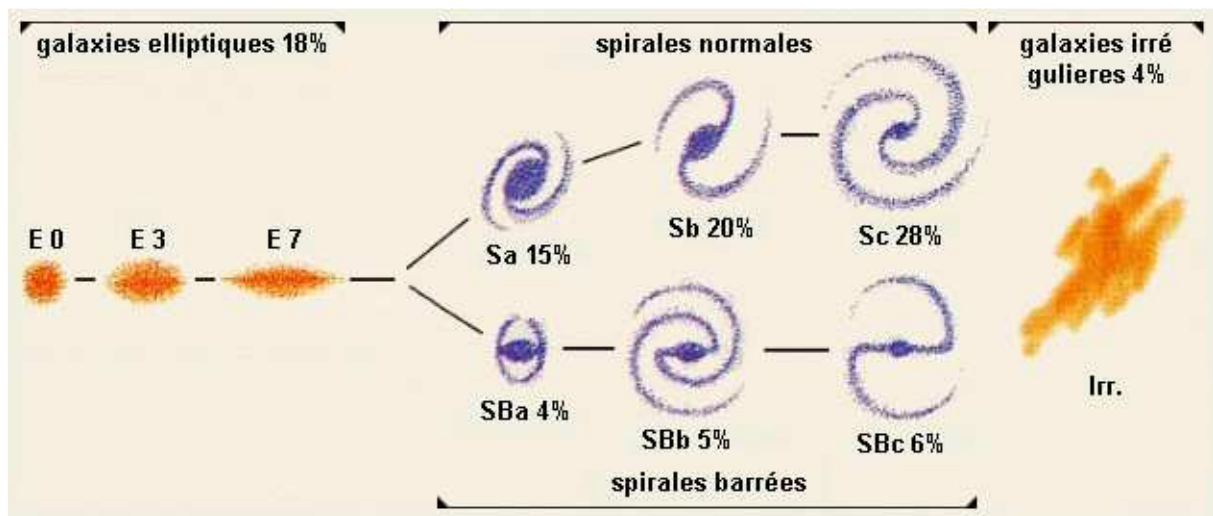
- 1916 : Shapley définit la distance et la direction du centre galactique. Pour cela il réalise un comptage des amas globulaires et calcule leurs distances. La plupart se trouvent dans une moitié de la sphère et plus d'1/3 sont dans le Sagittaire.

Les AG se répartissent sur une sphère centrée autour d'un point situé à 30 000 a.l. de nous dans la direction du Sagittaire : c'est le centre galactique



- En 1923, Hubble nomme galaxie la « nébuleuse d'andromède »

Il établit une classification des galaxies :



Spirales et spirales barrées : bulbe composé d'étoiles vieilles, bras faits d'étoiles jeunes et lumineuses = lieux de formation d'étoiles. Population : 75%

Elliptiques : 10 à 100x plus grosses que les galaxies spirales, composées de vieilles étoiles, pauvres en matière, peu de formation stellaire. Population : 25%

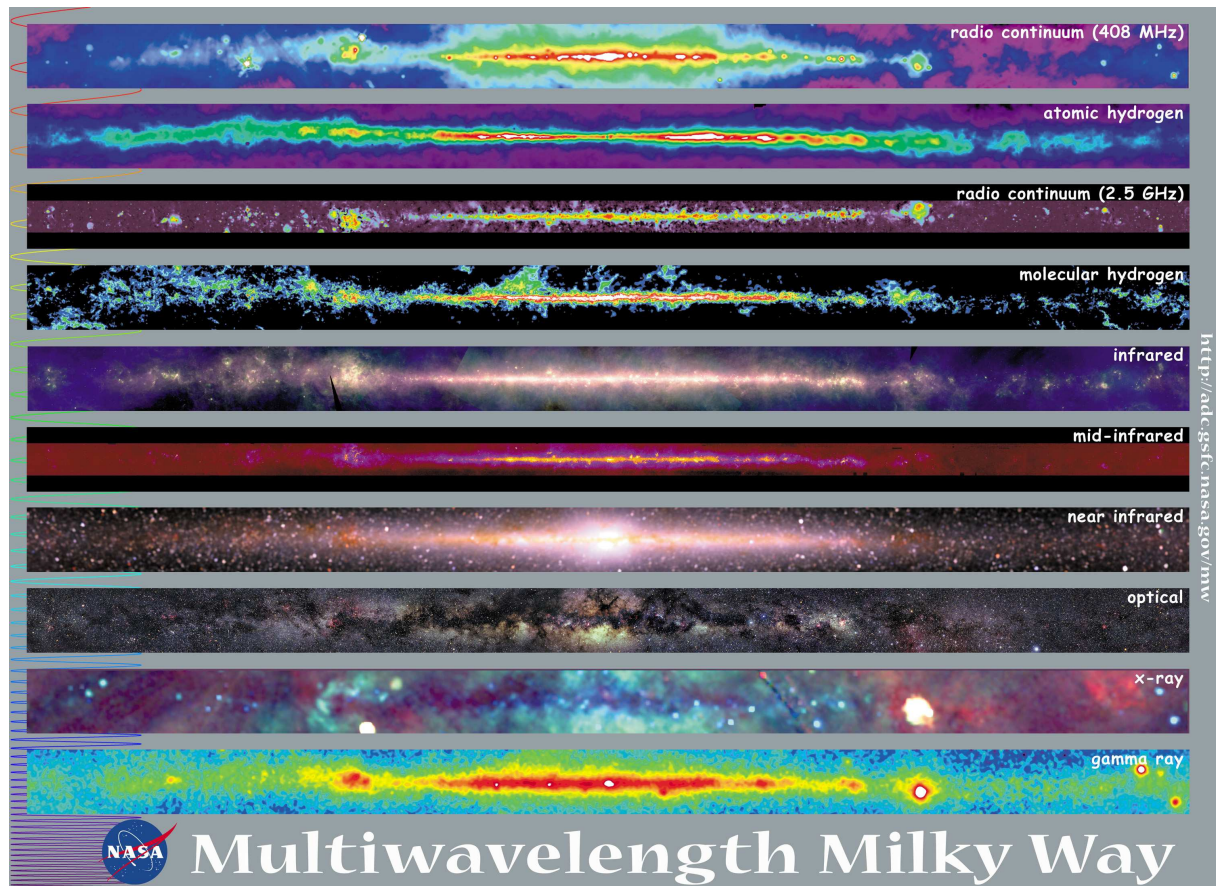
Irrégulières : très petites, étoiles jeunes et brillantes + gaz ionisé, fort taux de formation stellaire, population qq%

Formation de la barre dans une spirale barrée : le phénomène est encore méconnu, même si des simulations mathématiques ont défini un modèle tout à fait valable : elle serait due à des effets de marées lors de l'absorption d'une autre galaxie, ce qui provoquerait un étirement du bulbe, d'où la formation de cette barre. Phénomène pas définitif ?

Un exemple : couple M81-82 dans la Grande Ourse, les deux sont en interaction gravitationnelle, M82 est déchirée par les effets de marées créés par sa compagne. Il en résulte un échauffement de matière qui provoque l'éjection d'H ionisé.



Les différents visages de la Voie Lactée :



plus d'infos : <http://adc.gsfc.nasa.gov/mw/milkyway.html>

En IR proche les poussières ne gênent pas (satellite COBE)

En IR, la poussière chauffée émet

La voie lactée appartient à la classe des spirales barrées.

Composition :

- Bulbe + barre : rayon 10 000 a.l., forte densité d'étoiles, vieilles, 10% de la masse totale
- Disque : $r = 50\,000$ a.l., épaisseur de 1000 a.l., bras composés d'étoiles plus lumineuses, gaz plus dense. Le soleil est localisé dans le bras d'Orion.
- Disque épais : 3000a.l. d'épaisseur, en interaction avec les galaxies satellites (SMC et LMC)
- Halo : 200 000a.l. de rayon : composé des amas globulaires, étoiles vieilles, traces fossiles de la formation de la galaxie, matière noire + nuages de magellan (SMC et LMC)

Le centre galactique : Sagittarius A

Des observations ont montrées la présence d'un trou noir supermassif d'un million de masses solaires au centre de notre galaxie, toute cette masse étant contenue dans une distance avoisinant 1 rayon solaire, je vous laisse faire le calcul d'une telle densité !

Pour prouver son existence, les chercheurs ont étudiés les vitesses des étoiles situées dans différentes régions de la galaxie :

$V = 150\text{km/s}$ à 2 a.l. du centre

$V = 760\text{km/s}$ à 0,3 a.l. du centre

$V \geq 1500\text{km/s}$ à proximité du centre

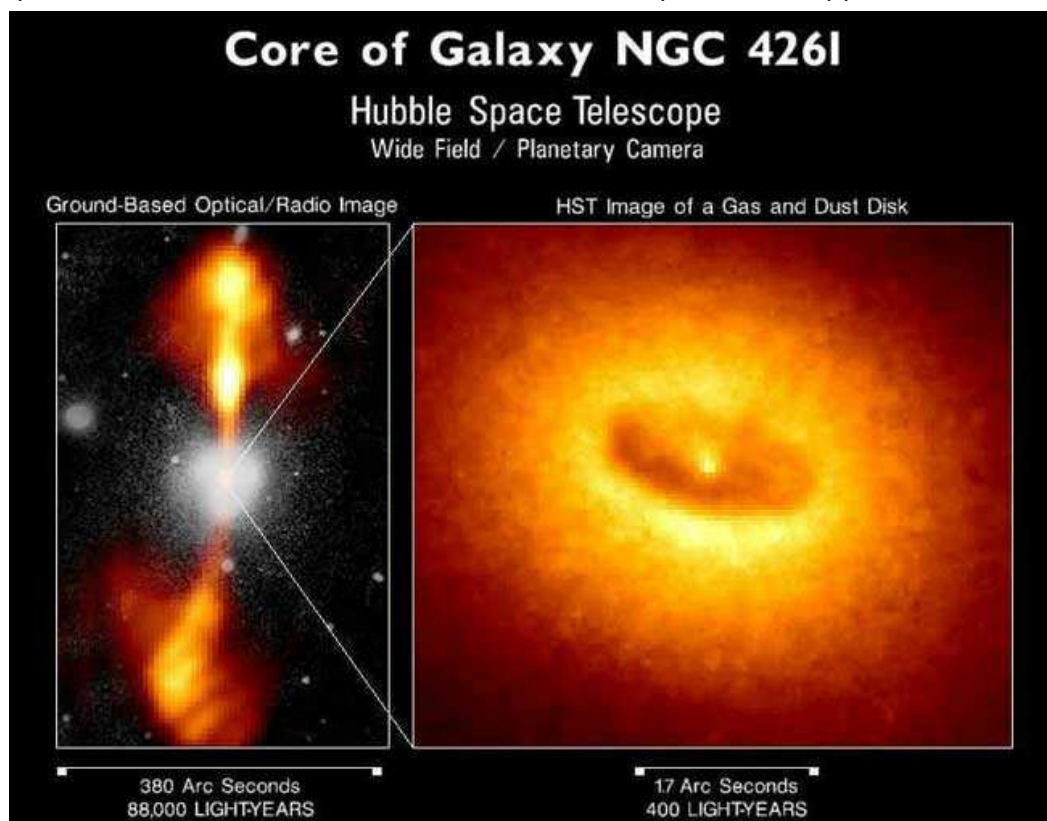
Vidéo : orbite étoiles centre galactique

<http://astrosurf.com/amongthesky/travaux%20astro/conf2006-2007/vid-02-02.mpeg>

L'étude du mouvement de telles étoiles à permis d'identifier la position et les caractéristiques du puit gravitationnel...

Ces vitesses énormes provoquent un échauffement de matière, visible par la présence de jets comme ceux-ci :

La masse d'un tel objet induit que la vitesse de libération doit être supérieure à la vitesse de la lumière : rien ne peut s'échapper



Les composantes galactiques :

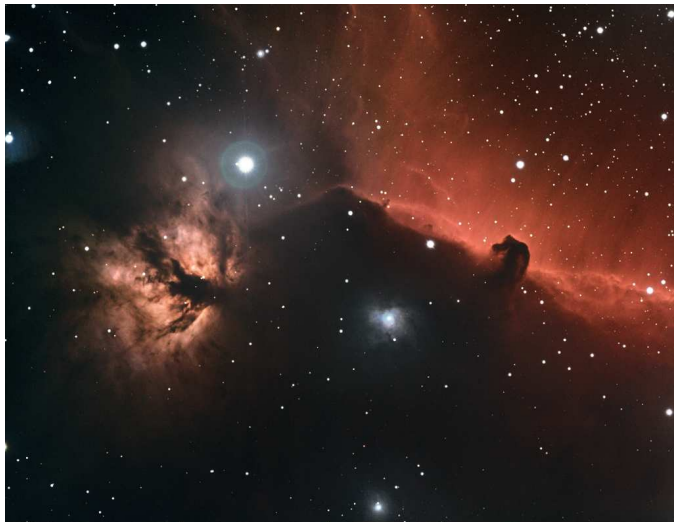
Composée de 90 à 99% de matière noire. Les étoiles représentent 90% des 1 à 10% de masse restante. Ces étoiles sont regroupées en population stellaires.

PI : étoiles jeunes situées dans le disque , PII : étoiles vieilles, P intermédiaire

Il y a quelques centaines d'amas globulaires (concentrés vers le centre et quelques uns éparses, appartiennent à PII) pour quelques milliers d'amas ouverts (concentrés dans le plan galactique, PI, on ne trouve pas de vieux amas ouverts car les étoiles n'étant pas liées entre elles comme dans les AG, elles finissent par s'éloigner les unes des autres)

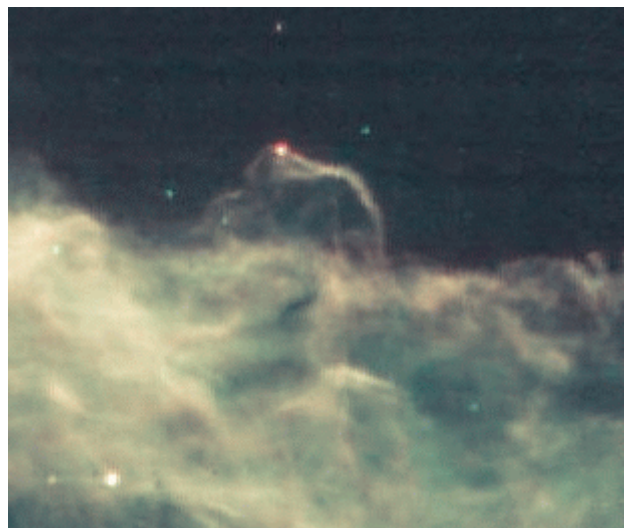
La matière interstellaire est composée de 75% d'H et de 25% d'He, 0,01% de poussières. La distribution de cette matière n'est pas homogène. On la retrouve dans les nébuleuses (obscurcs / à emission = gaz chauffé)

Exemple : nébuleuse de la tête de cheval



La nébuleuse dans le domaine visible : on remarque que la zone sombre reste opaque.

La même région mais dans l'infrarouge proche cette fois-ci. Le rayonnement traverse facilement les poussières...

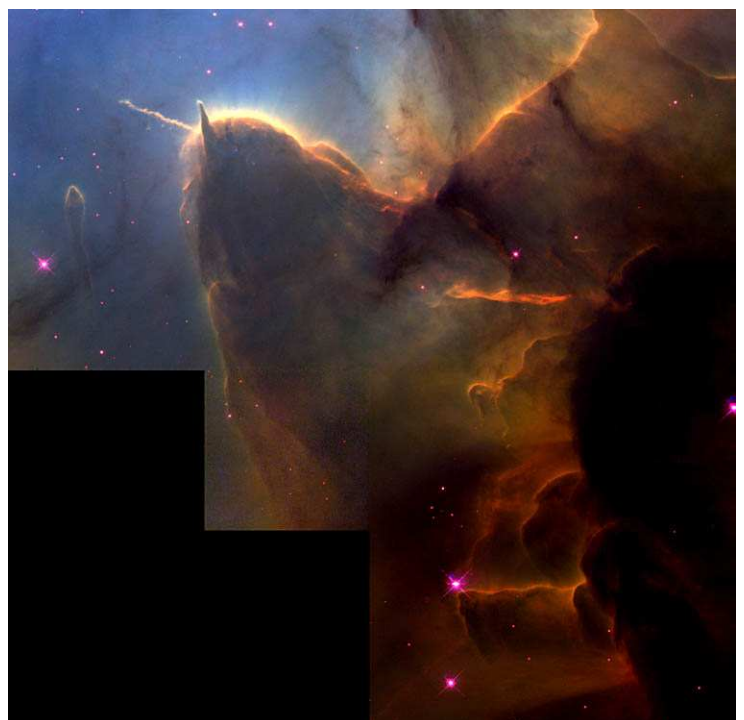


Autre exemple : la nébuleuse Trifide (M20)

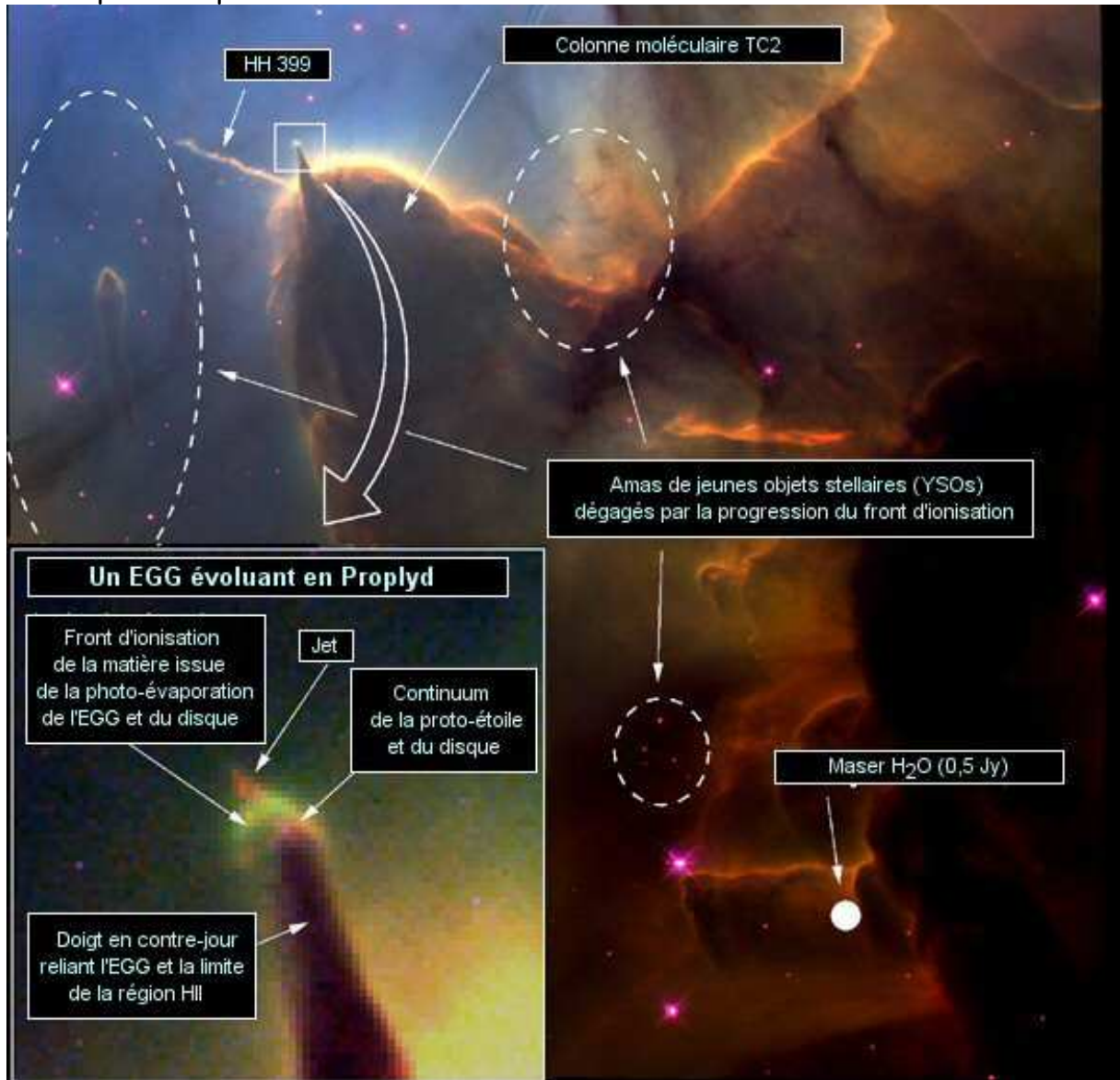


Les zones rouges sont des zones d'émission (H) tandis que les zones bleues correspondent à la lumière réfléchiée par les poussières interstellaires.

Ces régions peuvent être également des zones de formation stellaire : Un zoom dans la nébuleuse trifide



Description du phénomène :



Dynamique galactique :

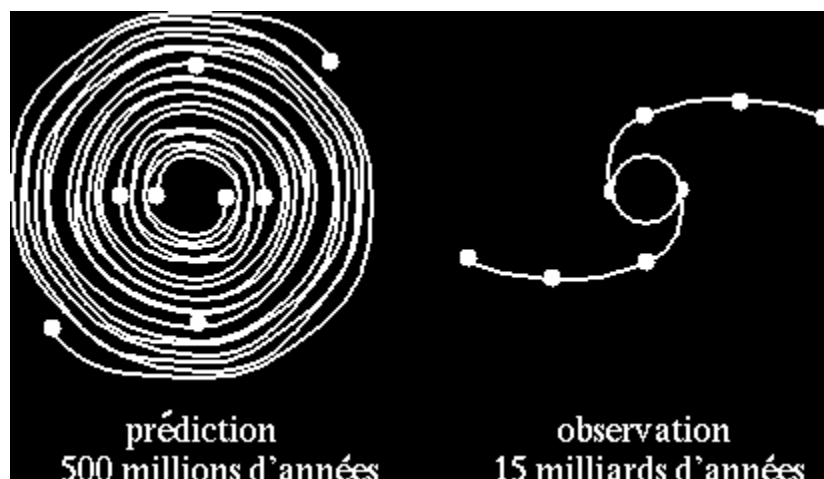
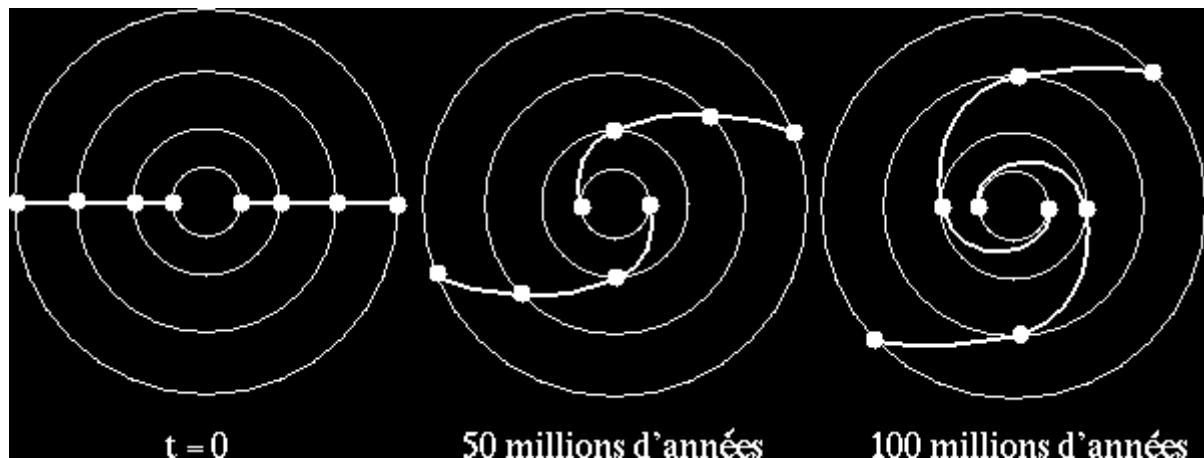
Phénomène de rotation différentielle : la vitesse augmente avec la distance au centre de la galaxie. Période pour faire un tour de galaxie = 99 millions d'années pour une étoile au centre, période = 1 milliard d'années pour une étoile externe.

Le soleil se déplace à une vitesse d'environ 220km/s, et fait un tour de galaxie tous les 250 millions d'années.

On constate donc un phénomène de dispersion des vitesses à l'intérieur de la galaxie : les étoiles jeunes situées dans le plan galactique ont des orbites circulaires. Les vieilles étoiles ont plutôt des orbites allongées et inclinées par rapport au plan de la galaxie.

Notons également la présence d'un courant asymétrique : les étoiles jeunes tournent plus vite que les vieilles.

Il existe également un phénomène de rotation de l'onde spirale : la contraction de la matière par une onde de densité qui a une vitesse angulaire fixe contrairement à la matière.

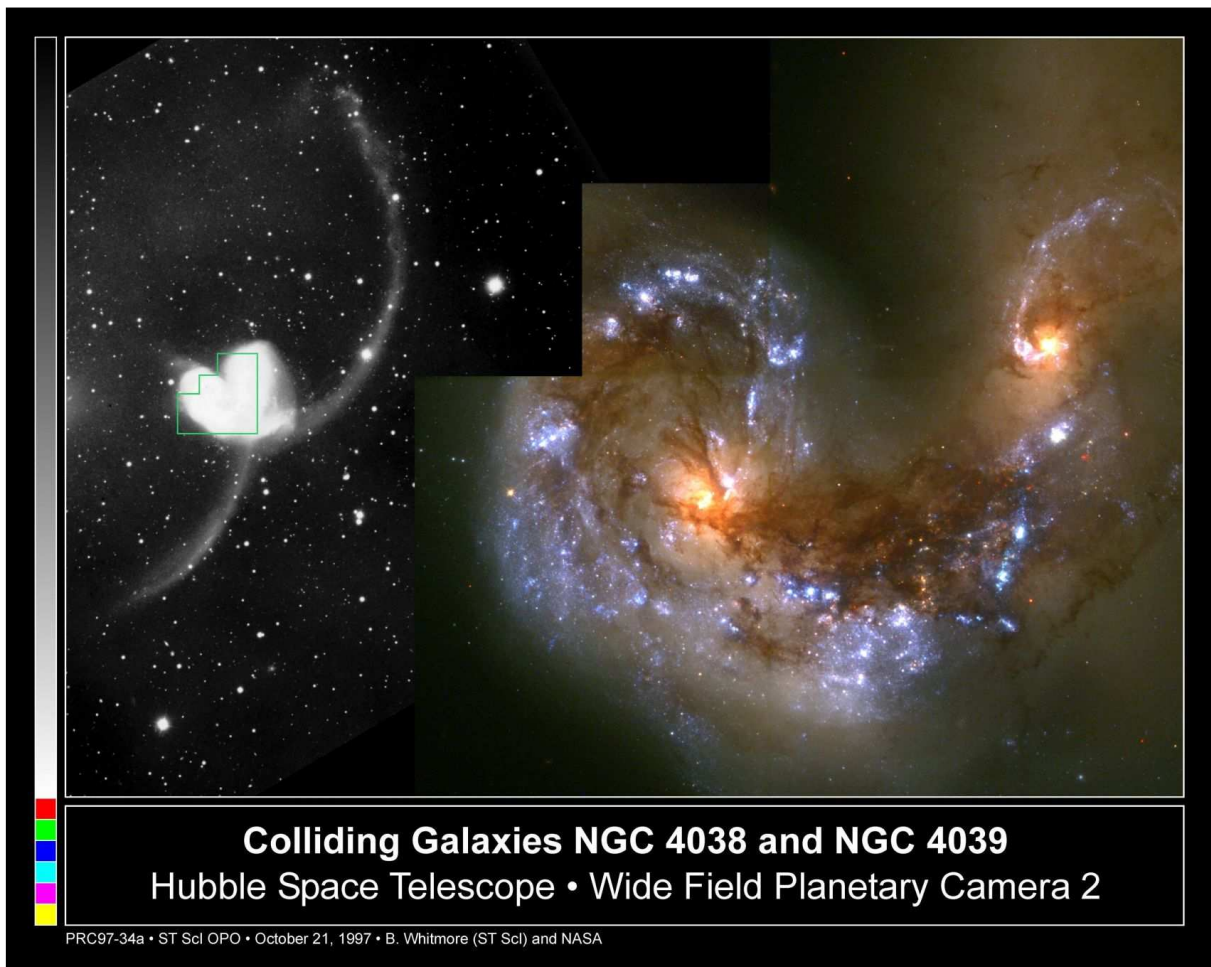


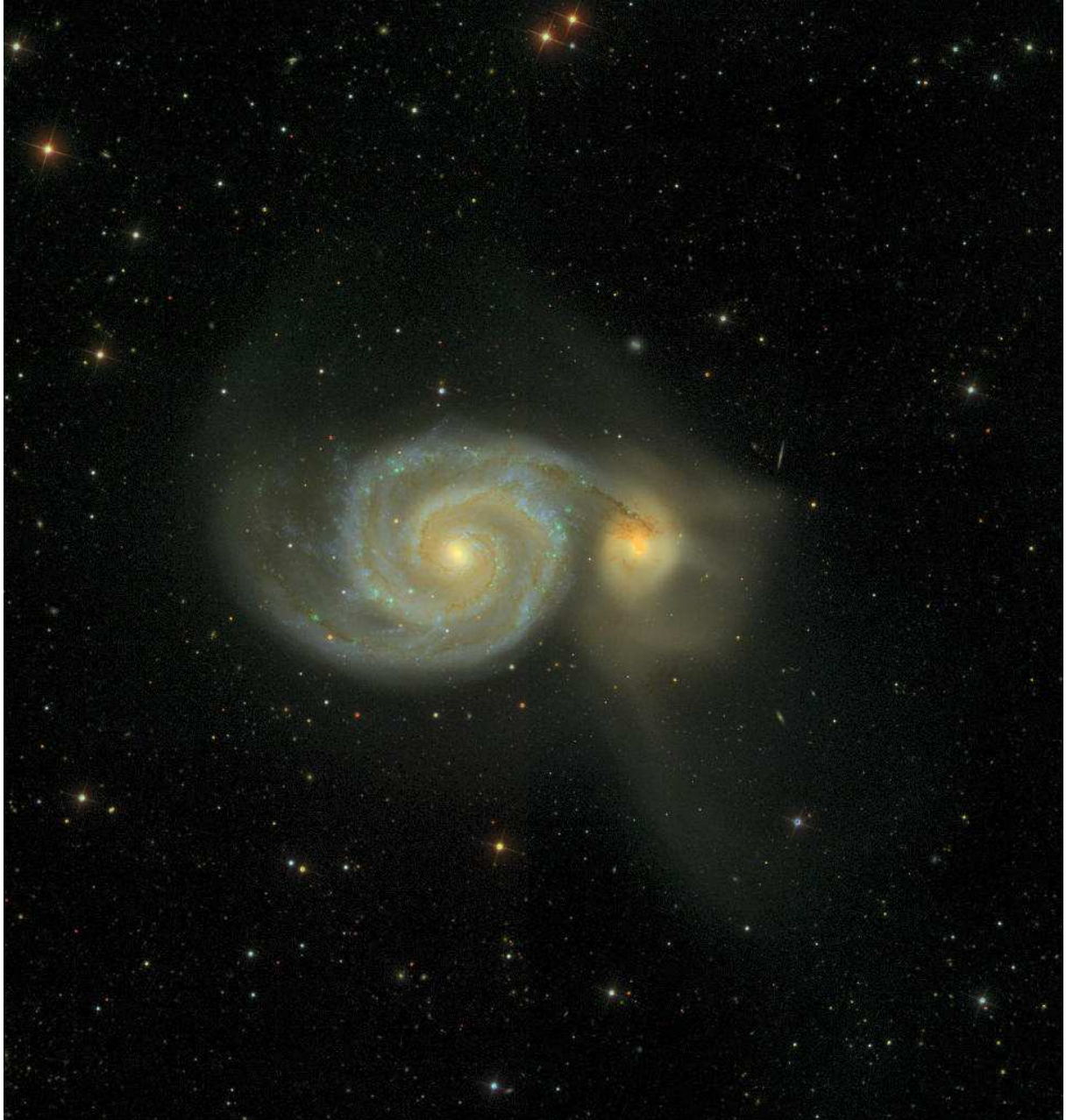
crédits : observatoire de besançon

Evolution galactique :

- Evolution dynamique : étoiles tournent moins vite en vieillissant, dispersion des vitesses augmente à cause des perturbations gravitationnelles.
- Evolution chimique : nébuleuses, supernovae, étoiles à neutrons, formation de métaux
- Fusion : les galaxies peuvent fusionner entre elles, le phénomène est assez courant.

Exemple : galaxies des antennes et des chiens de chasse :





M51, galaxie du Tourbillon. Un pont de matière est clairement visible, des échanges se font donc. Elles finiront sans doute par fusionner et donner naissance à une galaxie elliptique.

Dernier exemple : la galaxie naine du sagittaire



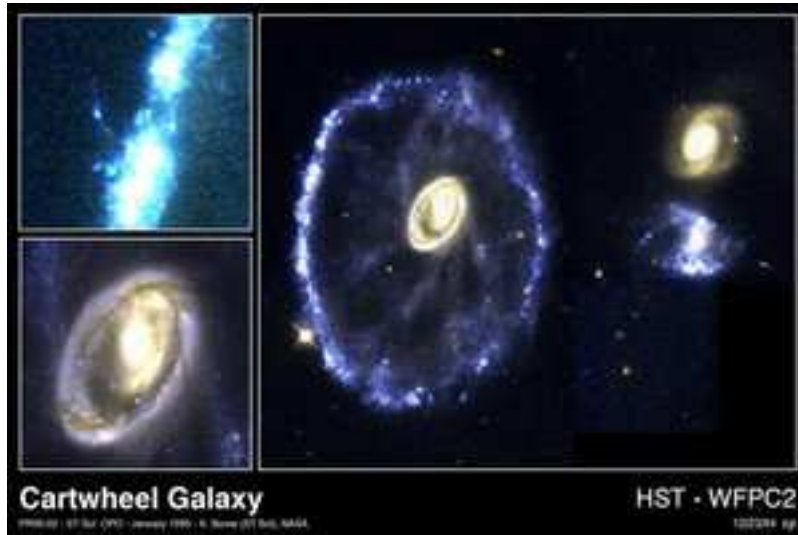
crédit : Hubble Heritage Team

« Baptisée « SagDIG » pour Sagittarius dwarf irregular galaxy, cette galaxie naine irrégulière située à 3,5 millions d'années-lumière dans la constellation du Sagittaire, a été photographiée en août 2003 (et rendue public en novembre 2004) par l'Advanced Camera for Survey du télescope spatial Hubble. Au premier plan, les plus brillantes étoiles (dont l'image est déformée par l'optique du télescope) sont en fait situées dans notre Voie Lactée, à seulement quelques milliers d'années lumière. En revanche, les petits points lumineux bleutés sont autant d'étoiles situées au sein de SagDIG. Quant aux tâches rougeâtres qui parsèment l'image, elles se trouvent à l'arrière plan et représentent des galaxies lointaines situées, elles, à plusieurs dizaines d'années lumières de la Terre...

Emilie Martin »

Cette galaxie perd sa matière dans la voie lactée à cause de sa rotation et par effets de marées autour du centre galactique.

Eso 350-40 : galaxie de Cartwheel (roue de chariot, Sculpteur) : on arrive à expliquer sa forme par un modèle mathématique théorique. Une des galaxies satellites l'aurait traversée.



Un cas similaire de fusion se produira avec la galaxie d'andromède et la voie lactée pour donner naissance à une galaxie elliptique.

De même pour la galaxie M87 dans l'amas de la Vierge qui « mange » petit à petit ses compagnes.

Les recherches de l'observatoire de Besançon :

- simulation de catalogue d'étoiles et comparaison avec les observations (modèle de la galaxie de Besançon)
- contraintes sur des paramètres relatifs à la structure galactique (épaisseur ou longueur du disque, orientation du bulbe)
- Sa formation (âge des étoiles du halo, répartition en masse des étoiles lors de leur formation, sa cinématique)
- Modèle de référence utilisé pour la préparation de la mission GAÏA

<http://www.obs-besancon.fr>

Moindrot Sébastien