

# Chapitre I

## STRUCTURE DU COSMOS

### I - INTRODUCTION

#### 1. – Quelques définitions

- **L'Univers** est l'ensemble de tout ce qui existe. On l'appelle également le Cosmos ou l'Espace lorsqu'on parle du milieu extraterrestre.
- **La Cosmologie** est l'étude de la structure, de l'origine et de l'évolution de l'Univers.
- **L'Astronomie** est la science des corps célestes. (céleste est un mot qui est relatif au ciel).
- **L'Astrophysique** est l'étude des propriétés physiques des corps célestes

## 2. – L'échelle des distances pour mesurer l'Univers

a) - *L'année lumière notée al*

c'est la distance parcourue en un an par la lumière.

$$1 \text{ al} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

b) - *L'unité astronomique notée UA*

C'est la distance entre la Terre et le Soleil

$$1 \text{ UA} = 150.000.000 \text{ km environ.}$$

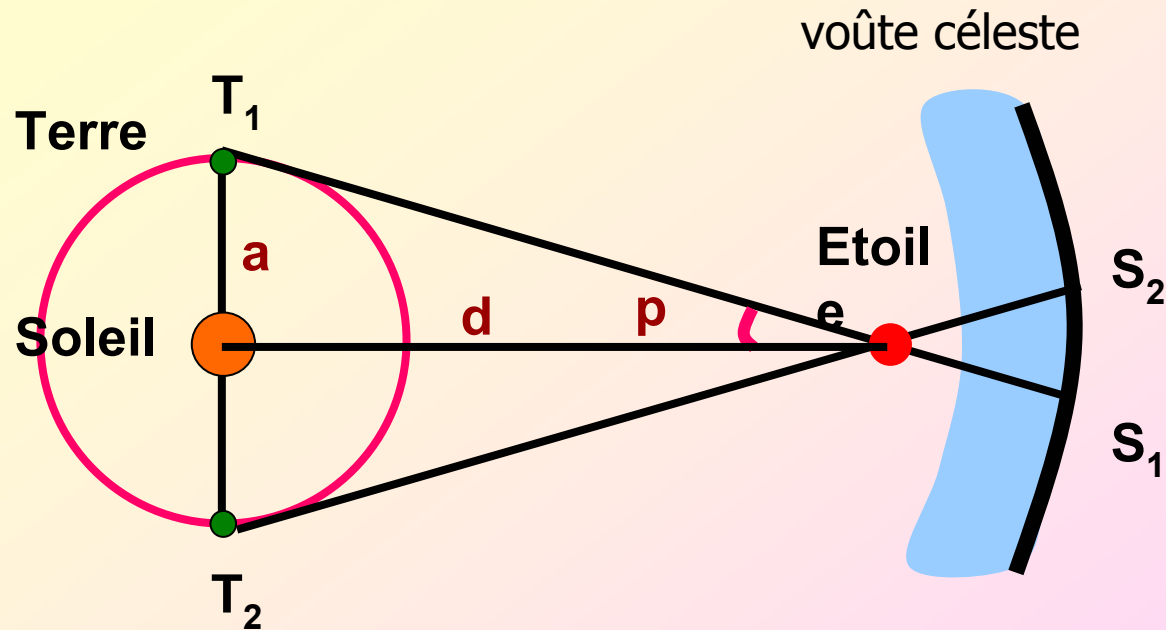
c) – *Le parsec noté pc*

Il correspond à la distance, d'un astre (depuis le Soleil) dont **la parallaxe annuelle** correspond à 1 seconde.

$$1 \text{ parsec} = 206.265 \text{ UA} = 3,23 \text{ al} = 3100 \text{ milliards de km}$$

$$1 \text{ Mpc} = 1 \text{ mégaparsec} = 1 \text{ million pc}$$

**fig.1 : la parallaxe annuelle**



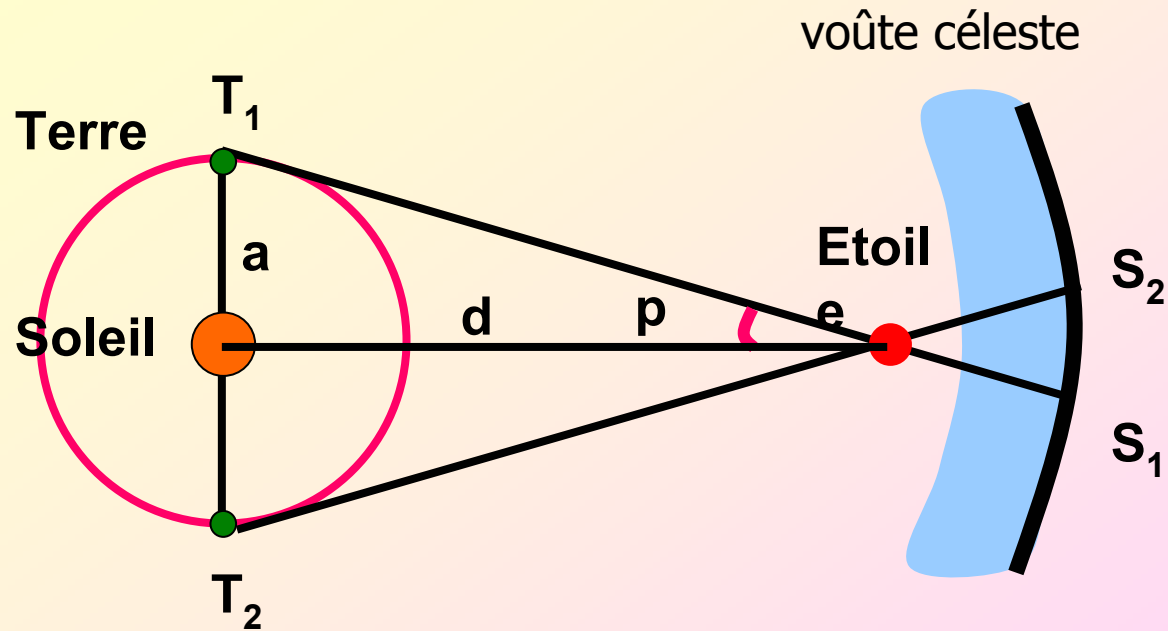
$a$  = le rayon moyen de l'orbite terrestre = 1 UA

$d$  = distance recherchée en parsec

$p$  = la parallaxe annuelle en radians = l'angle sous lequel on voit ( $a$ ) lorsqu'un observateur sur Terre se trouve à deux moments de l'année dans  $T_1$  et  $T_2$  en regardent une étoile dont on veut connaître sa distance  $d$ .

L'étoile se projette sur le fond céleste en deux points différents  $S$  et  $S'$ .

**fig.1 : la parallaxe annuelle**



$a$  = le rayon moyen de l'orbite terrestre = 1 UA

$d$  = distance recherchée en parsec

$p$  = la parallaxe annuelle en radians

$$p = a / d$$

Pour  $p = 1'' = 1/60' = 1/3600^\circ = 1/206.265$  rad et  $a = 1$  UA, on déduit que :

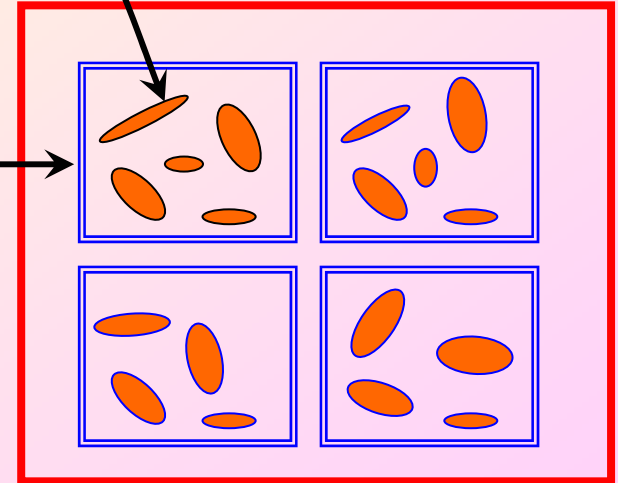
**1 parsec = 206.265 UA = 3,23 al = 3100 milliards de km**

### 3.- La hiérarchie de l'Univers

Une **galaxie** est une entité de base de l'Univers ; elle est constituée de milliards d'*étoiles*.

fig.2 : hiérarchie de l'Univers

Un **amas** est constitué de milliards *galaxies*



Un **superamas** est constitué de quelques à plusieurs milliers d'*amas*

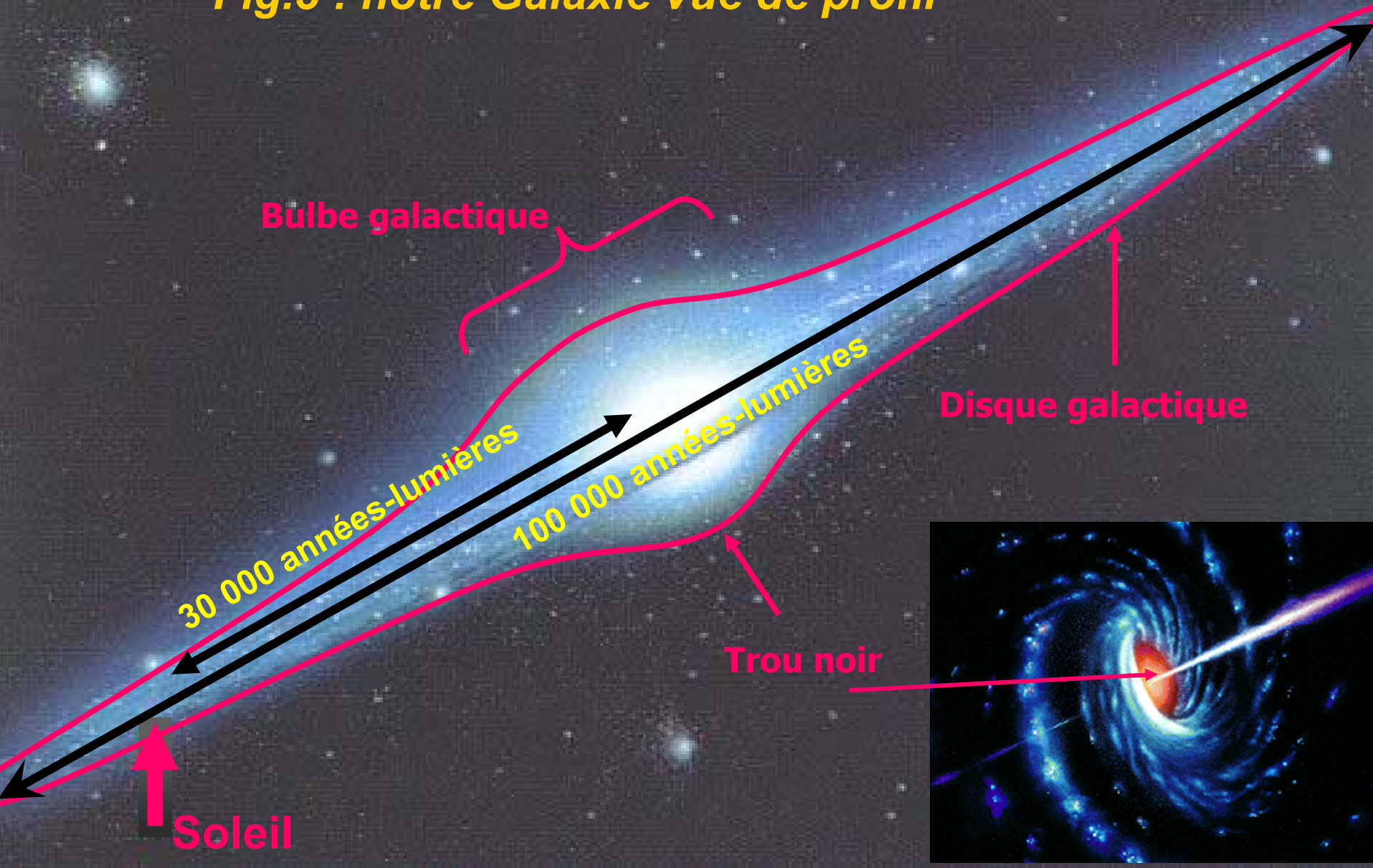
Notre *galaxie*, notée **la Galaxie** et appelée **la Voie Lactée**, n'est qu'une parmi les milliards de galaxies ; elle constituée de milliard d'*étoiles*. Le Soleil est l'une de ces d'*étoiles*

## II - NOTRE GALAXIE, LA VOIE LACTEE

*Notre Galaxie vue du haut*

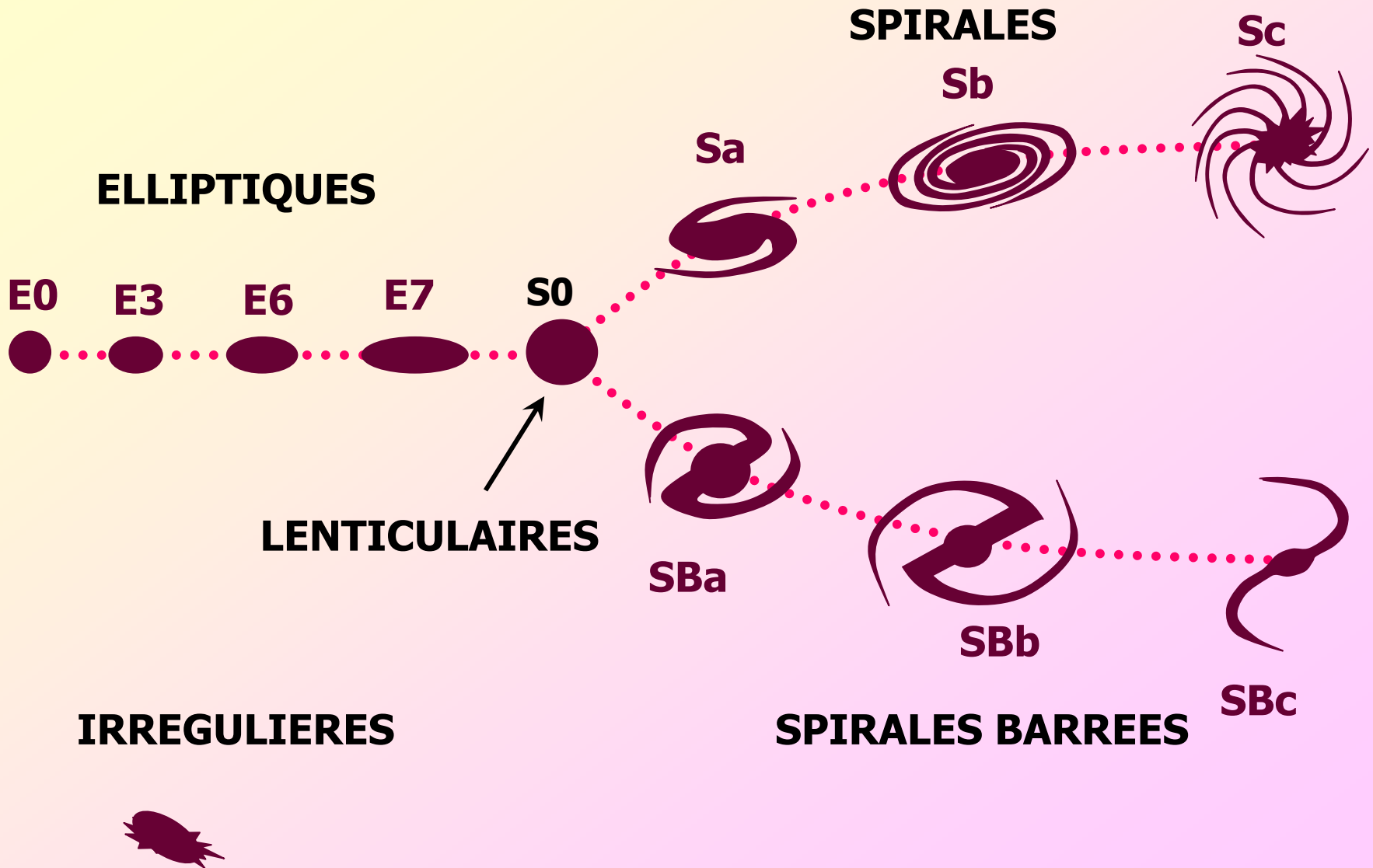


**Fig.3 : notre Galaxie vue de profil**



# III - LES GALAXIES

## 1. - Les différents types de galaxies



Quelques exemples de galaxies



*M87, galaxie elliptique de type E0 dans l'amas de la Vierge, à 50 millions d'années lumière. C'est une galaxie géante de 3000 milliards de masses solaires.  
Source : Observatoire Anglo-Australien*

M87 © Anglo-Australian Observatory  
Photo by David Malin



***Galaxie de type Sc (NGC 1232)  
dans la constellation de l'Eridan.***

***Distance : 100 millions  
d'années-lumière***

***On remarque la différence de  
couleur entre le noyau  
rougeâtre (étoiles vieilles) et les  
bras peuplés d'étoiles jeunes,  
donc bleues.***

***A noter la petite galaxie  
compagnon, en forme de lettre  
grecque  $\Theta$  en bas à gauche.***

***Source [ESO](#)/VLT***



***NGC2997, dans la Machine  
Pneumatique, hémisphère sud.  
Située à 55 millions d'années-  
lumière, elle est d'une taille  
sensiblement équivalente à  
celle de la Voie Lactée.  
Source : ESO/VLT***

***NGC4603, une galaxie spirale Sb dans la constellation du Centaure.***

***Distance : 108 Millions al.***

***Les filaments rougeâtres des bras spiraux sont des zones de poussière qui masquent la lumière des étoiles. Source : NASA***



***Galaxie spirale Sc située dans la Chevelure de Bérénice***

***- distance : 56 millions al***

***- une des galaxies les plus brillantes de l'amas de la Vierge, Source : NASA***



***Galaxie spirale Sc dans la Grande Ourse.***

***Distance : 25 Millions al  
diamètre de 170.000 al,  
une des plus grandes galaxies  
spirale connues.  
noyau est fortement décentré  
par rapport au disque.***



***Une galaxie spirale barrée SBb  
M 101.***



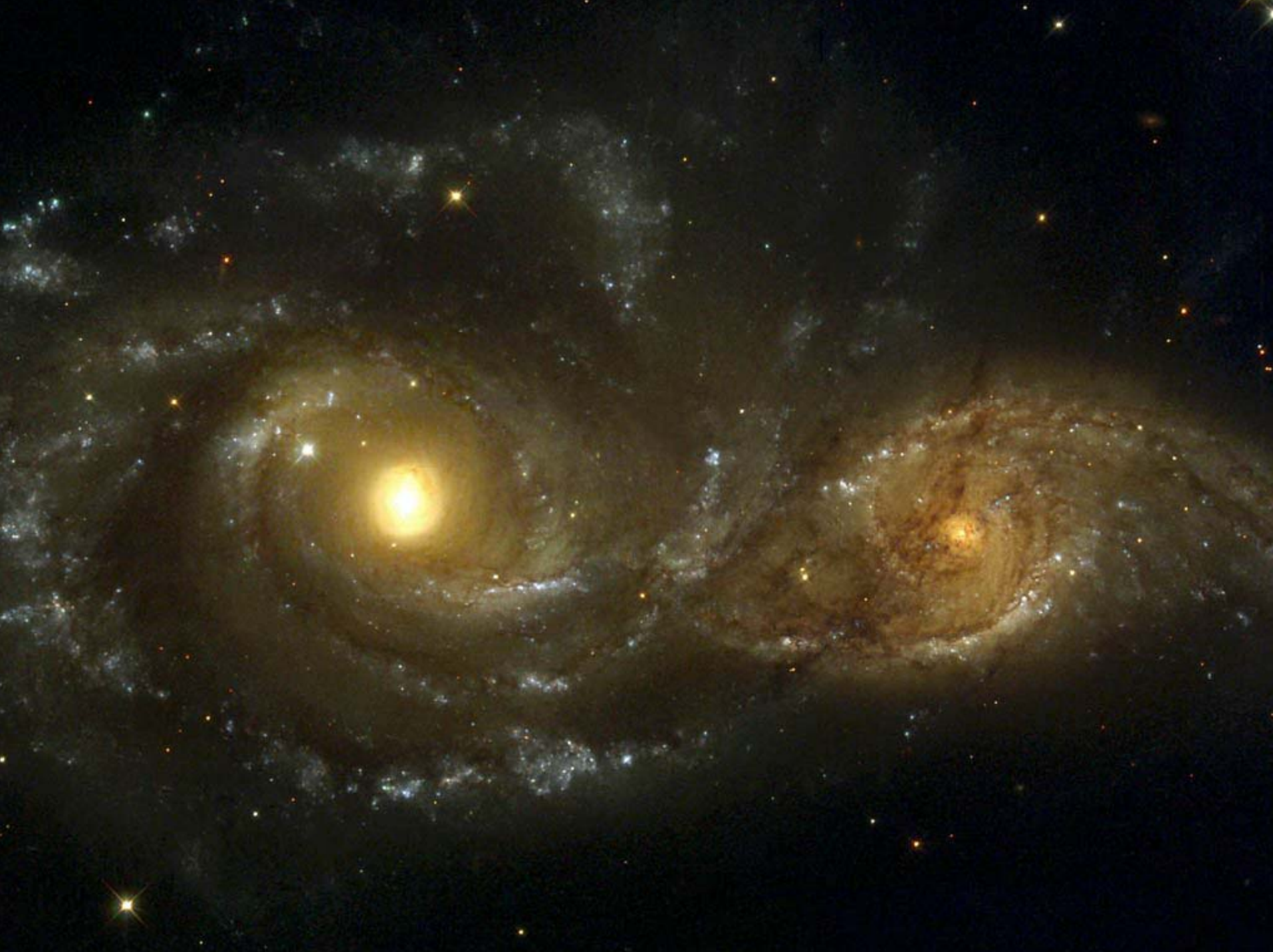


Spiral Galaxy NGC 4414



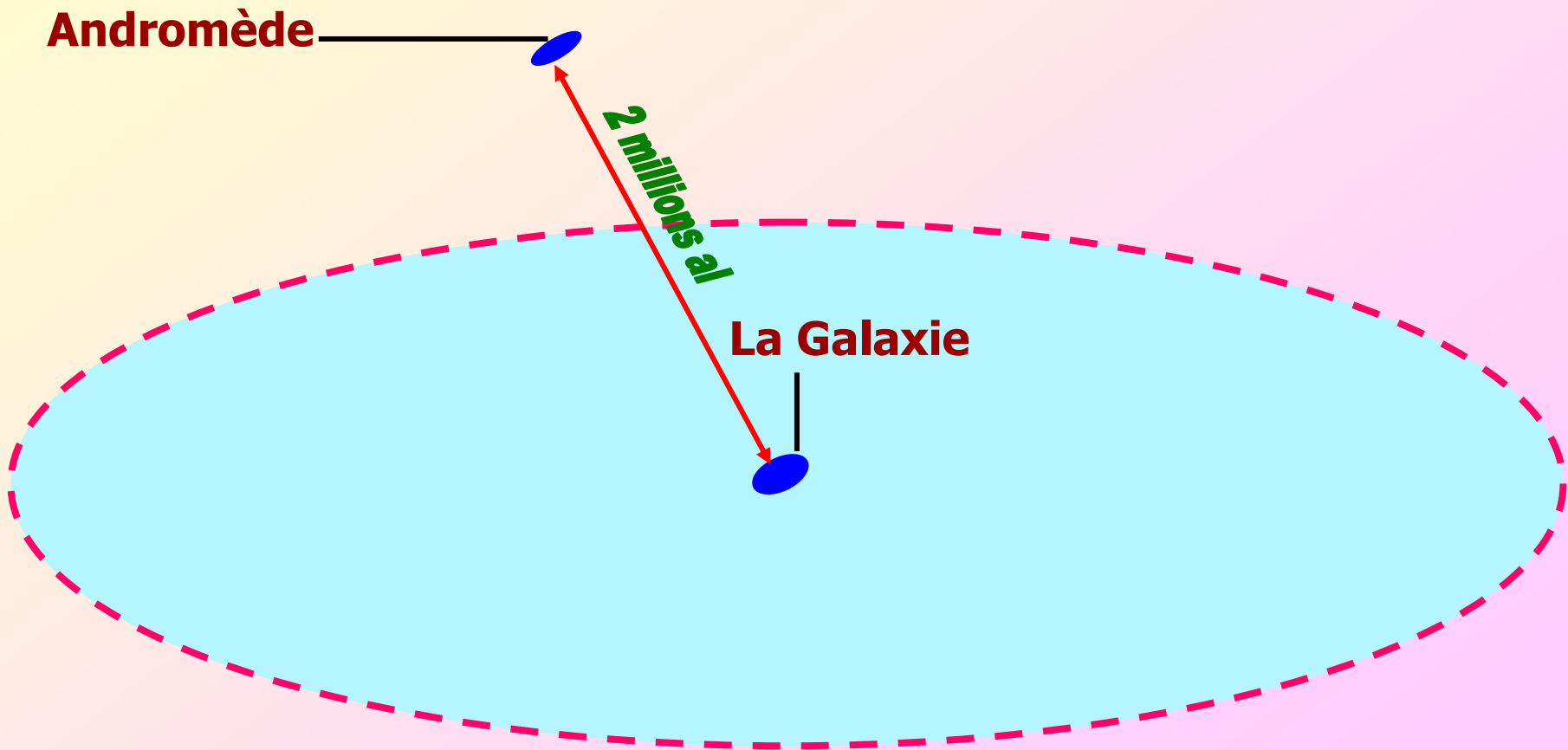
Hubble  
Heritage

PRC99-25 • Hubble Space Telescope WFPC2 • Hubble Heritage Team(AURA/STScI/NASA)



## 2. – L'amas et le superamas du Groupe Local

**Fig. 5 : Groupe Local**



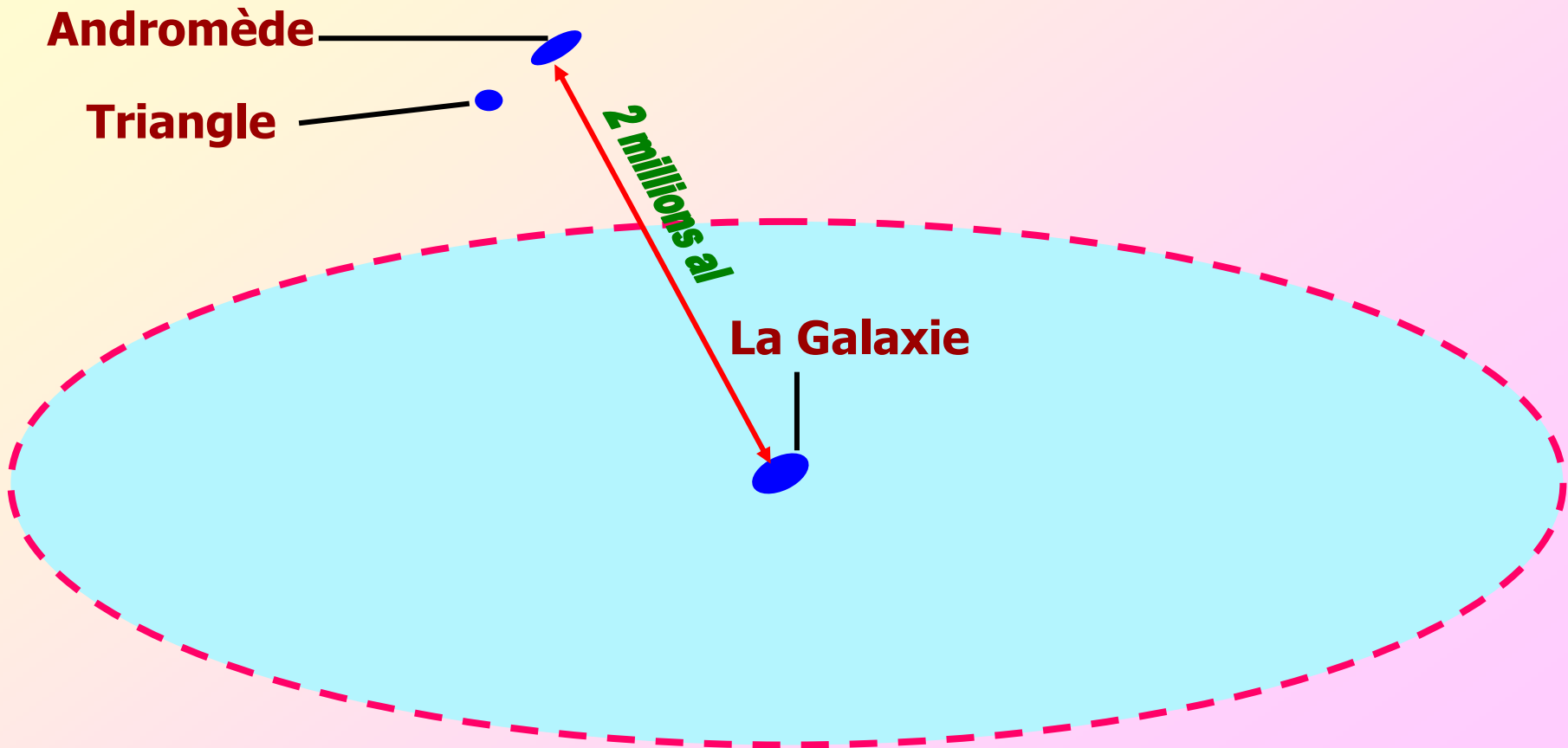


**M31, galaxie d'Andromède = galaxie spirale de type Sb.**

**- Bulbe lumineux à grand nombre de vieilles d'étoiles.**

**- Bras spiraux composés principalement de gaz, poussières et d'étoiles jeunes.**

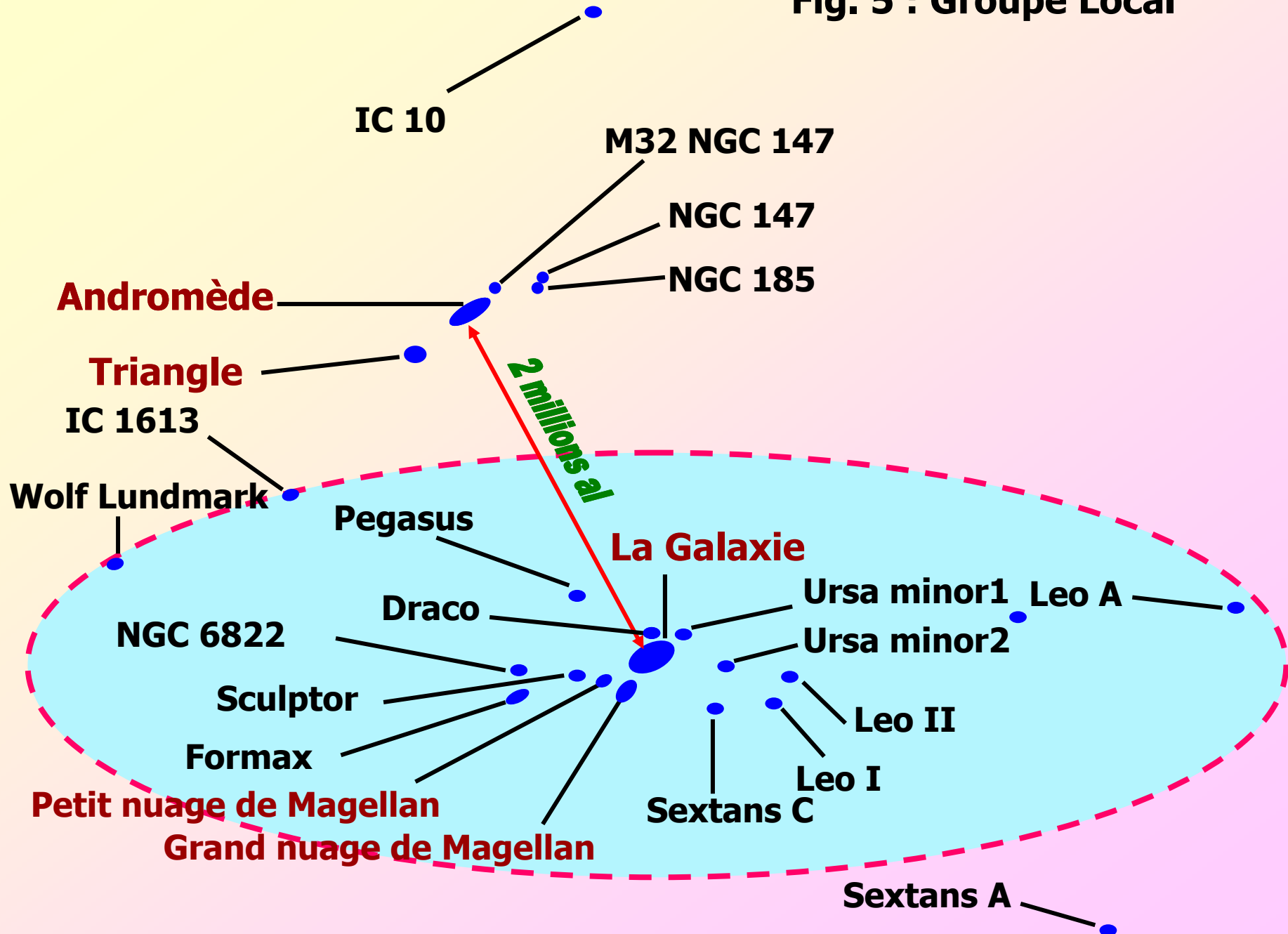
**Fig. 5 : Groupe Local**



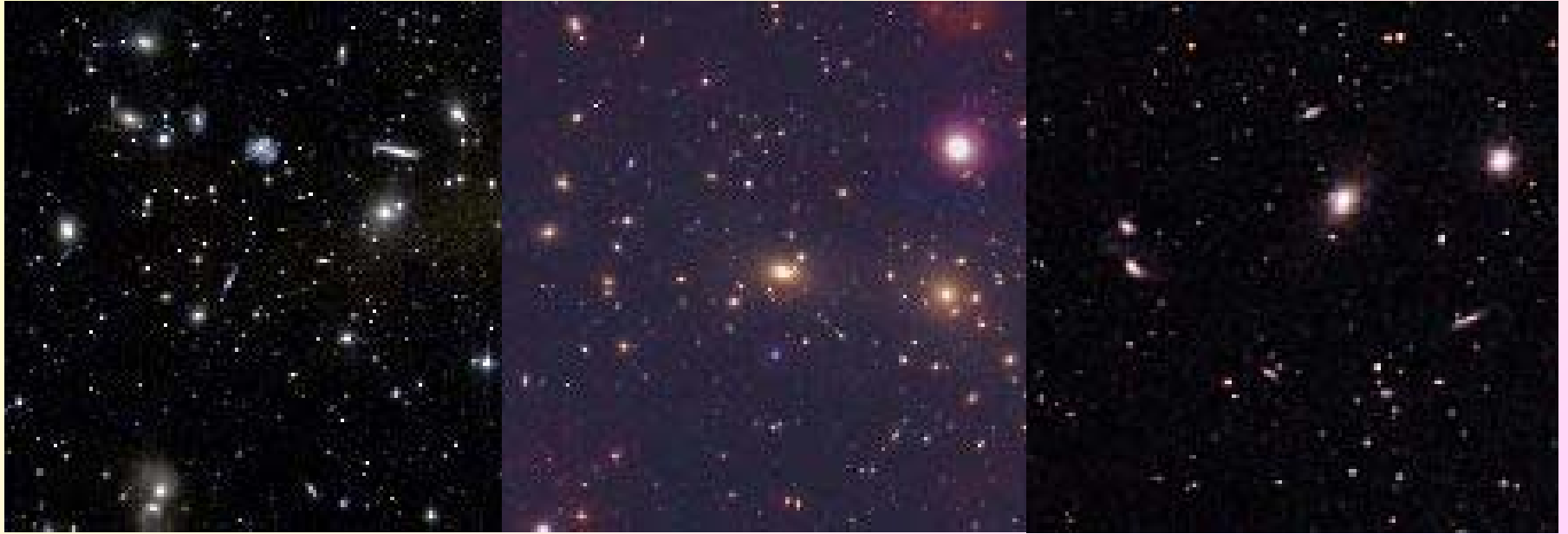


**M33, galaxie du triangle**

**Fig. 5 : Groupe Local**

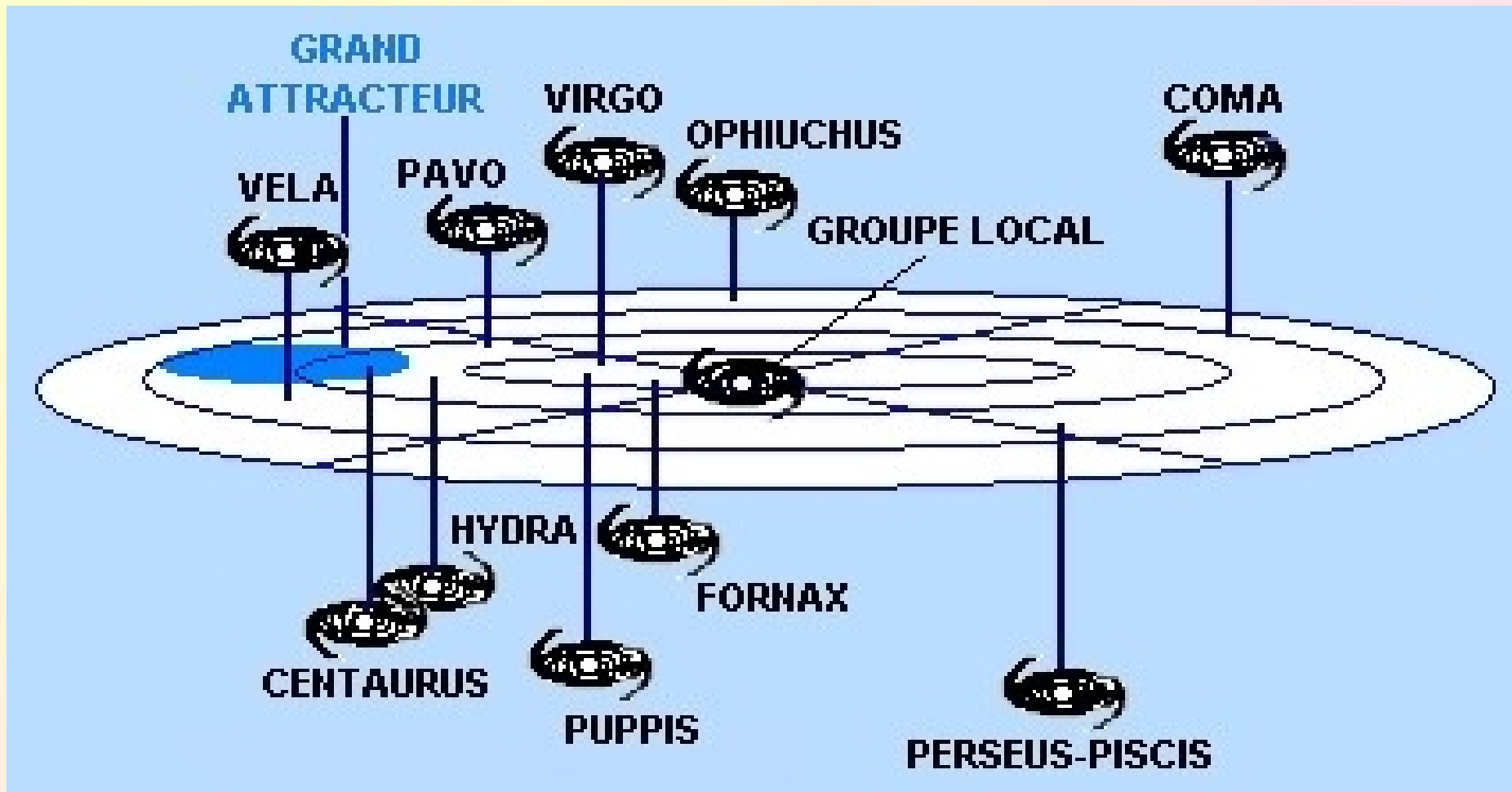


## Les amas de galaxies



**Les amas Hercules (Abell 2151), Coma Berenices (Abell 1656)  
et Virgo. Source : NOAO, U.Alabama et Matt BenDaniel**

**Fig. 6 : Superamas Local**



### 3. – L'éloignement des galaxies : l'expansion de l'Univers

#### L'effet Doppler-Fizeau

**Le son est plus aigu quand une voiture s'approche d'un observateur et plus grave quand la voiture s'éloigne.**

**son aigu = ondes sonores comprimées = longueur d'onde est plus courte**

**son grave = ondes sonores décomprimées = longueur d'onde est plus longue**

**Ce qui est vrai pour le son est vrai pour la lumière**

**l'aigu au bleu et le grave correspond au rouge**

**L'effet Doppler sur la lumière est caractérisé par un décalage vers le rouge des raies spectrales**

**Ce décalage Z permet de calculer la vitesse radiale des galaxies v à partir de la formule suivante:**

$$Z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

## La loi de Hubble

$$V = H * d$$

**$V$  = la vitesse radiale (exprimée en kilomètres par seconde)**

**$d$  = la distance exprimée en mégaparsecs = Mpc**

**$H$  est nommée *constante de Hubble* elle exprimée en *km/sec/Mpc***

**La valeur de  $H$  est réajustée un certain nombre de fois entre 50 et 70**

**Plus une galaxie est lointaine, et plus sa vitesse d'éloignement est grande.**

**La loi de Hubble conduit à l'image d'un *Univers en expansion* depuis son origine qu'on appelle **Big Bang** (chapitre II)**

## 4. - Les quasars

Les ***quasars*** = galaxies impossibles à distinguer des étoiles sur les clichés du ciel

Elles sont **100 fois plus lumineuses** que les galaxies normales

Elles sont caractérisées par :

**un forte émission radio**

**une très forte émission de rayonnements g, X et uv.**

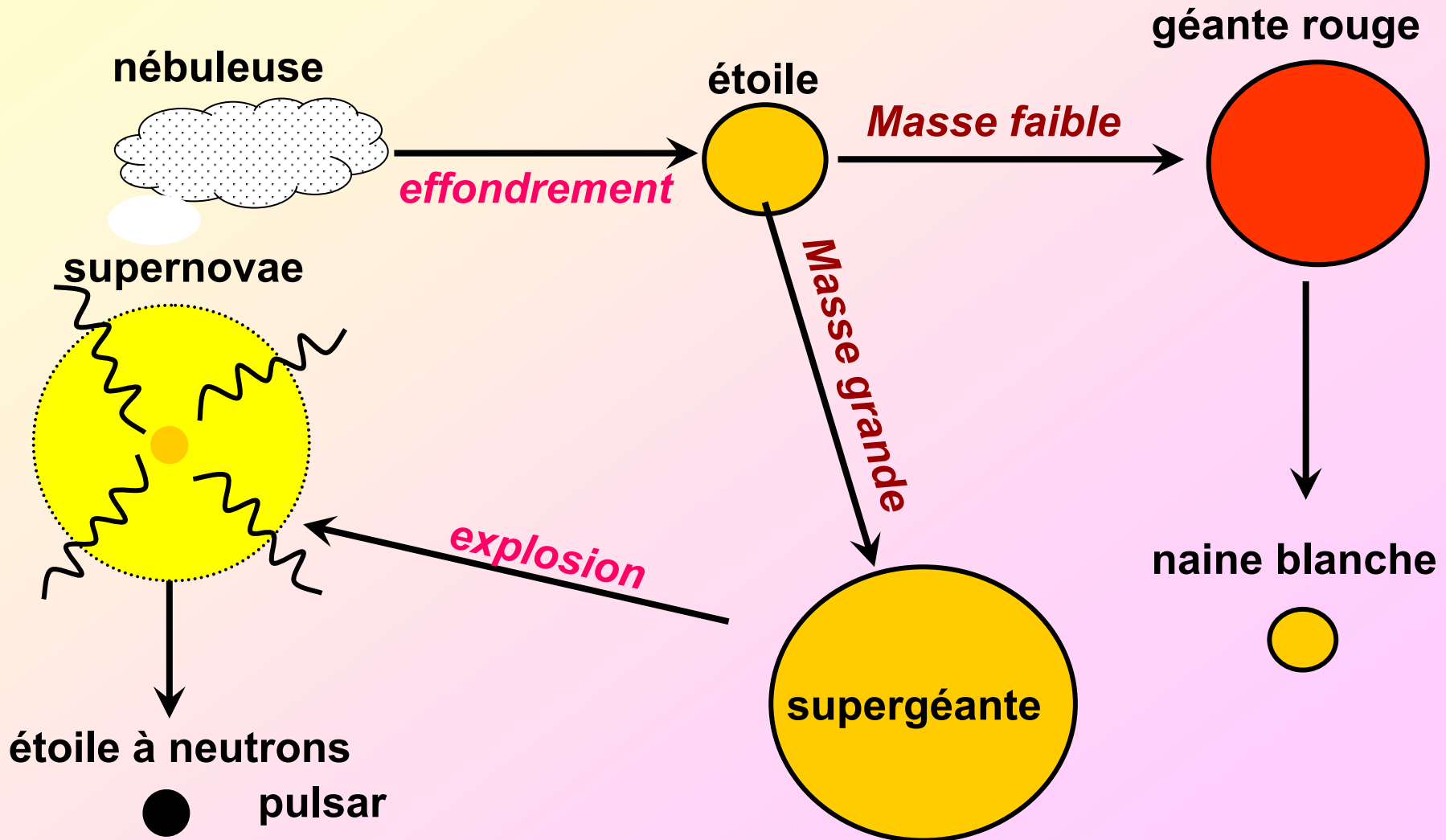
**Cette énergie est d'origine gravitationnelle provenant d'un trou noir massif, situé au centre de la galaxie**

**Grâce à l'énorme quantité d'énergie, la matière interstellaire peut-être chauffée et ionisée jusqu'à des distances très grandes, nous révélant ainsi l'existence d'une composante gazeuse aussi éloignée.**

# IV - LES ETOILES

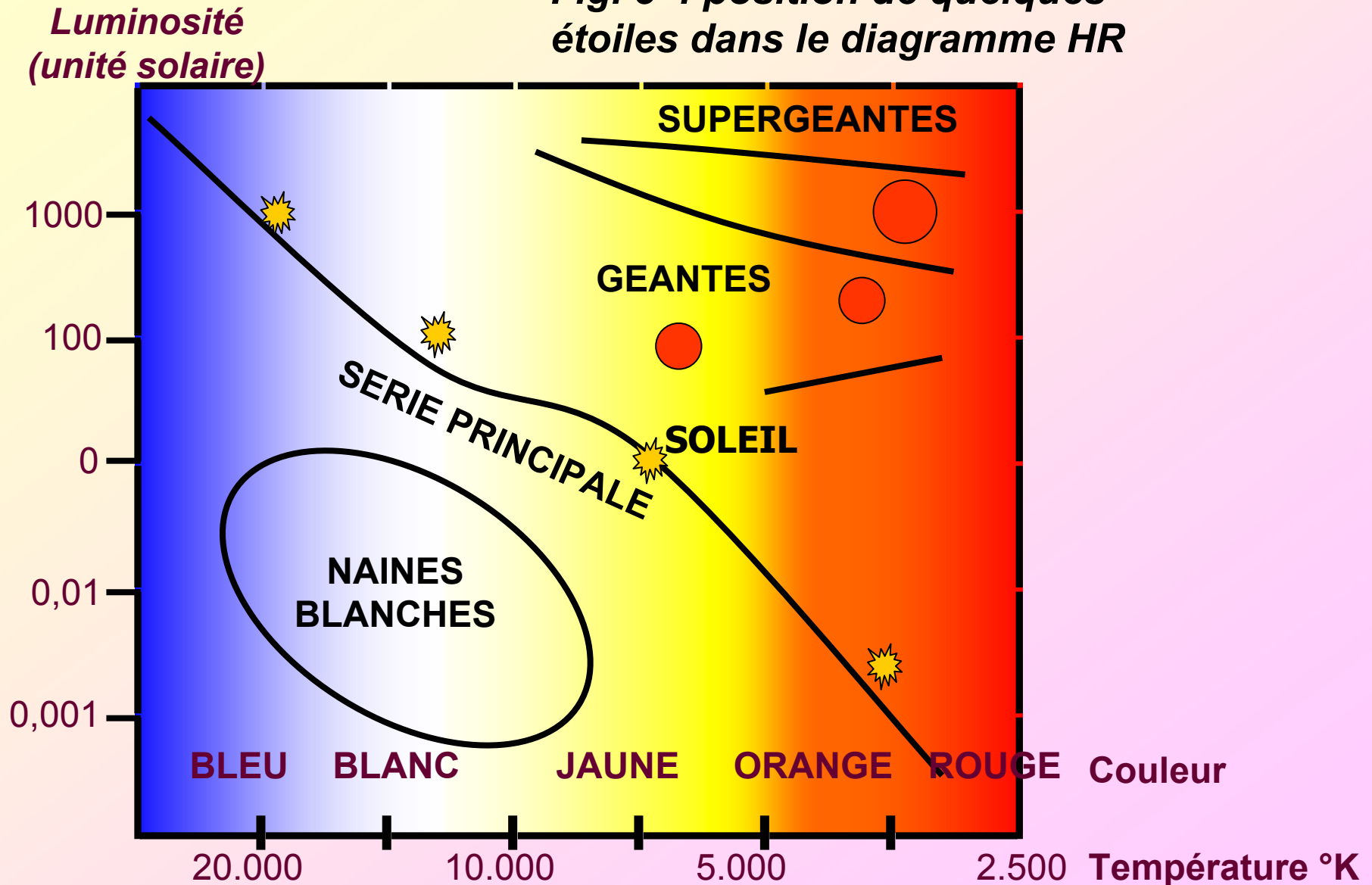
## 1 – Evolution des étoiles

Fig. 7

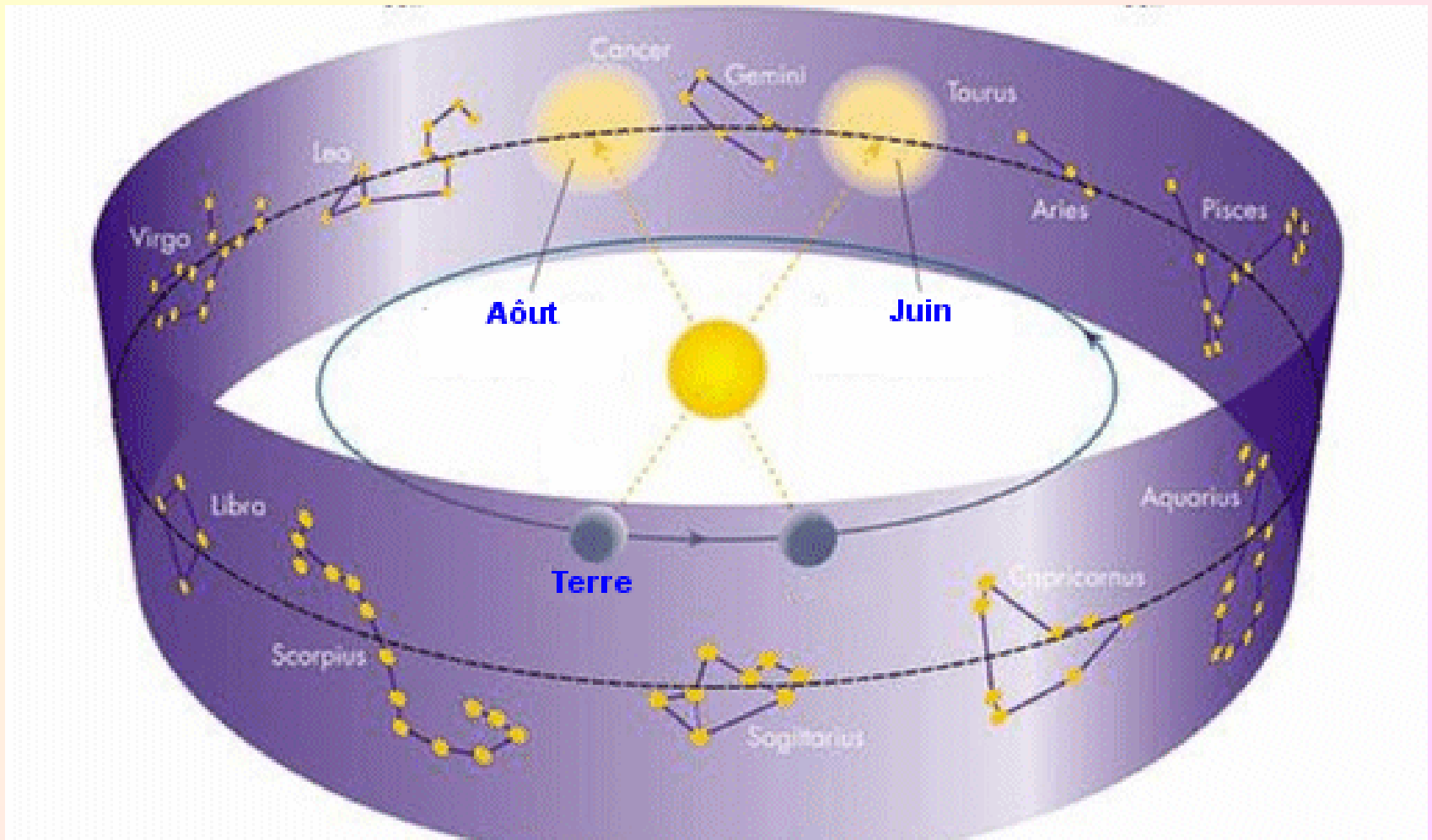


## 2. – Couleur et luminosité des étoiles

*Fig. 8 : position de quelques étoiles dans le diagramme HR*



### 3. - Les constellations (voir TD)



# V. – LA COMPOSITION DU MILIEU INTERSTELLAIRE

**zones relativement denses et froides** (10<sup>3</sup> particules par cm<sup>3</sup>)

- Les nuages moléculaires  étoiles
- Les régions H II chaudes à hydrogène ionisé, chauffées par des étoiles (1.000 °K).
- Les restes de supernovae

**zones dilués et chaudes** (0,01 à 10 particules par cm<sup>3</sup>)

- Les régions H I à hydrogène neutre (1 atome par cm<sup>3</sup>)  
la température = 50 et 150 °K

- Les régions inter nuages (0,05 à 0,2 atome par cm<sup>3</sup>)  
La température = 6 000 °K.

## **VII – AGE DE L'UNIVERS**

**L'âge de l'Univers a été estimé à  $15 \pm 5$  milliards d'années. Il a été obtenu par trois méthodes indépendantes les unes des autres :**

- le mouvement des galaxies,**
- l'âge des plus vieilles étoiles (en examinant leurs spectres)**
- l'âge des plus vieux atomes (chapitre VI).**

## VI – LES DIMENSIONS DE L'UNIVERS

Les dimensions et la survie de l'Univers dépendent d'une valeur critique de sa masse qu'on note VC

**la masse de l'Univers  $> VC$   $\longrightarrow$  forces de gravitation importantes**  
**l'Univers serait fini et il s'effondrera sur lui-même = Big Crunch**

**la masse de l'Univers  $< VC$   $\longrightarrow$  forces de gravitation faibles**  
**l'expansion se poursuivra éternellement en s'accroissant**  
**l'Univers serait spatialement infini**

**la masse de l'Univers = valeur critique**

**Rapprochement des objets massifs et l'expansion sera ralenti sans jamais s'arrêter**

**l'Univers est dit "plat".**

**VC calculée =  $5 \cdot 10^{-30}$  gramme de matière par mètre cube**

**VC observée =  $5 \cdot 10^{-32}$  gramme de matière par mètre cube**

**VC réelle = une grande inconnue à cause de la présence de matière noire très dense non inventoriée**

**Fig.8 : le Devenir de l'Univers**

