

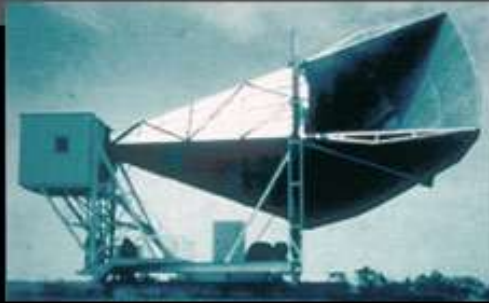
# La grande histoire de notre Univers



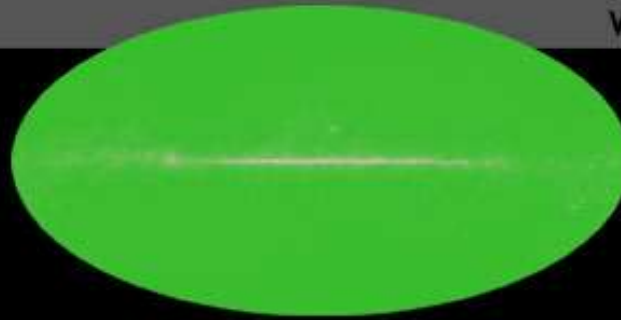
# Rappels historiques

- En 1922, Alexandre Friedmann imagine que l'Univers a été dans le passé plus petit, plus chaud et plus dense.
- En 1927, George Lemaître imagine que l'Univers a eu une naissance « ponctuelle ».
- En 1929, Edwin Hubble découvre la fuite des galaxies ; on parle alors d'expansion de l'Univers.
- Le terme « Big Bang » est né le 28 mars 1949 sur les ondes de la BBC, dans une émission de vulgarisation scientifique où le physicien Fred Hoyle, pour se moquer de la théorie de « l'atome primitif », invente cette expression !
- En 1965, Robert Wilson et Arno Penzias découvrent le fond diffus cosmologique.

1965



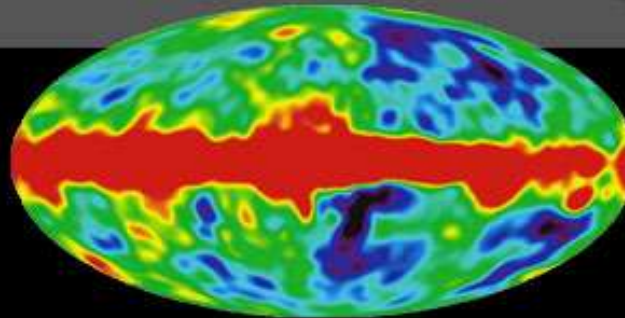
Penzias and  
Wilson



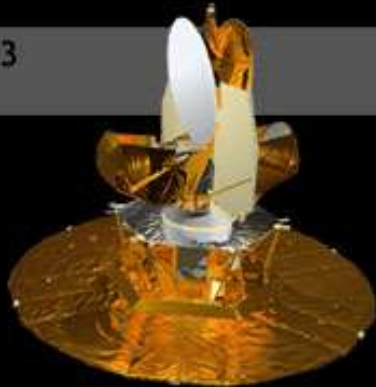
1992



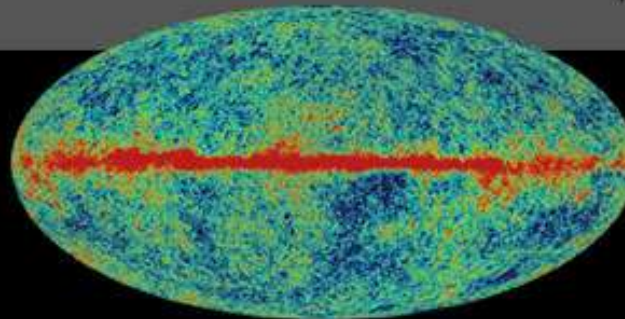
COBE

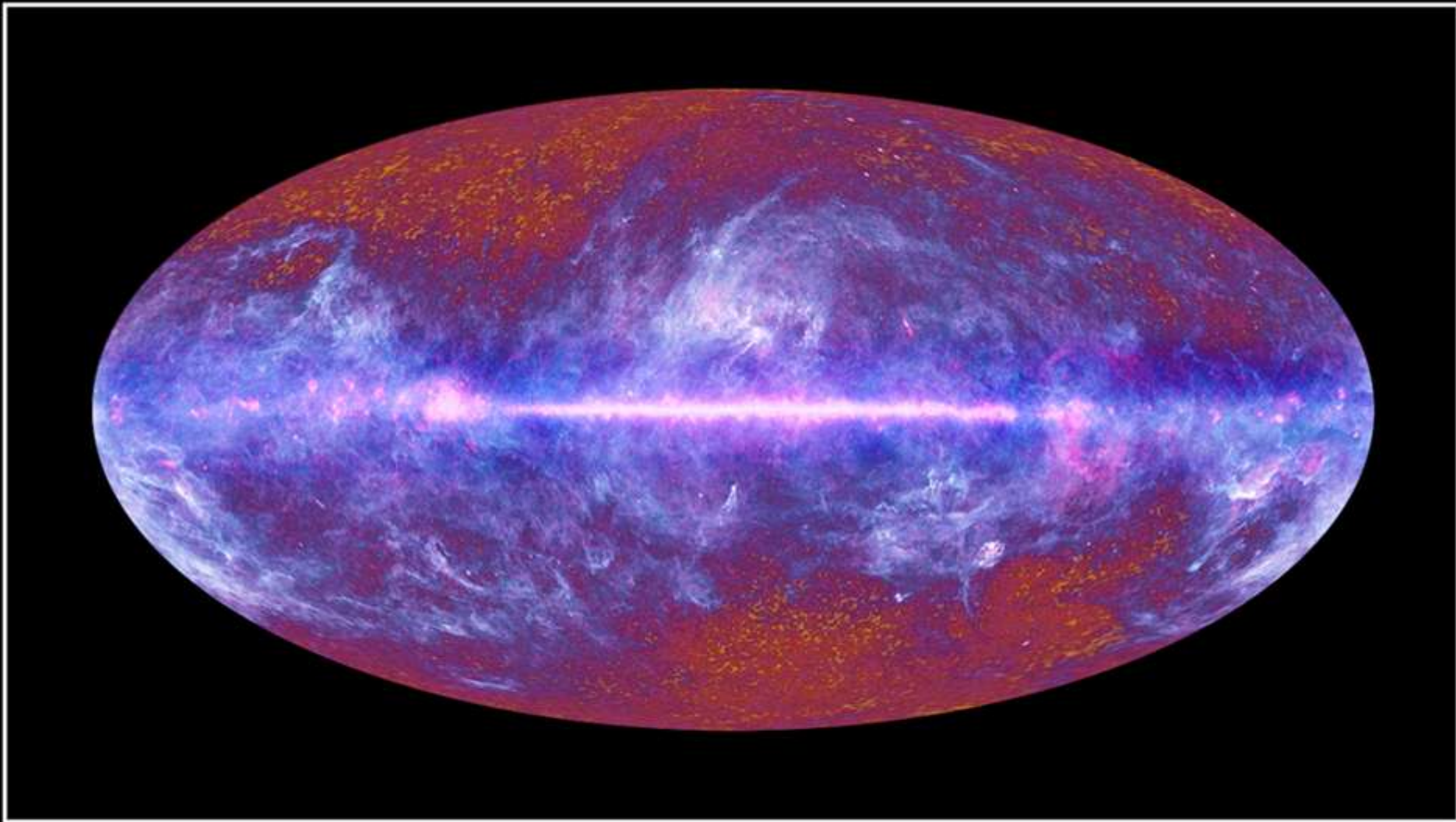


2003



WMAP

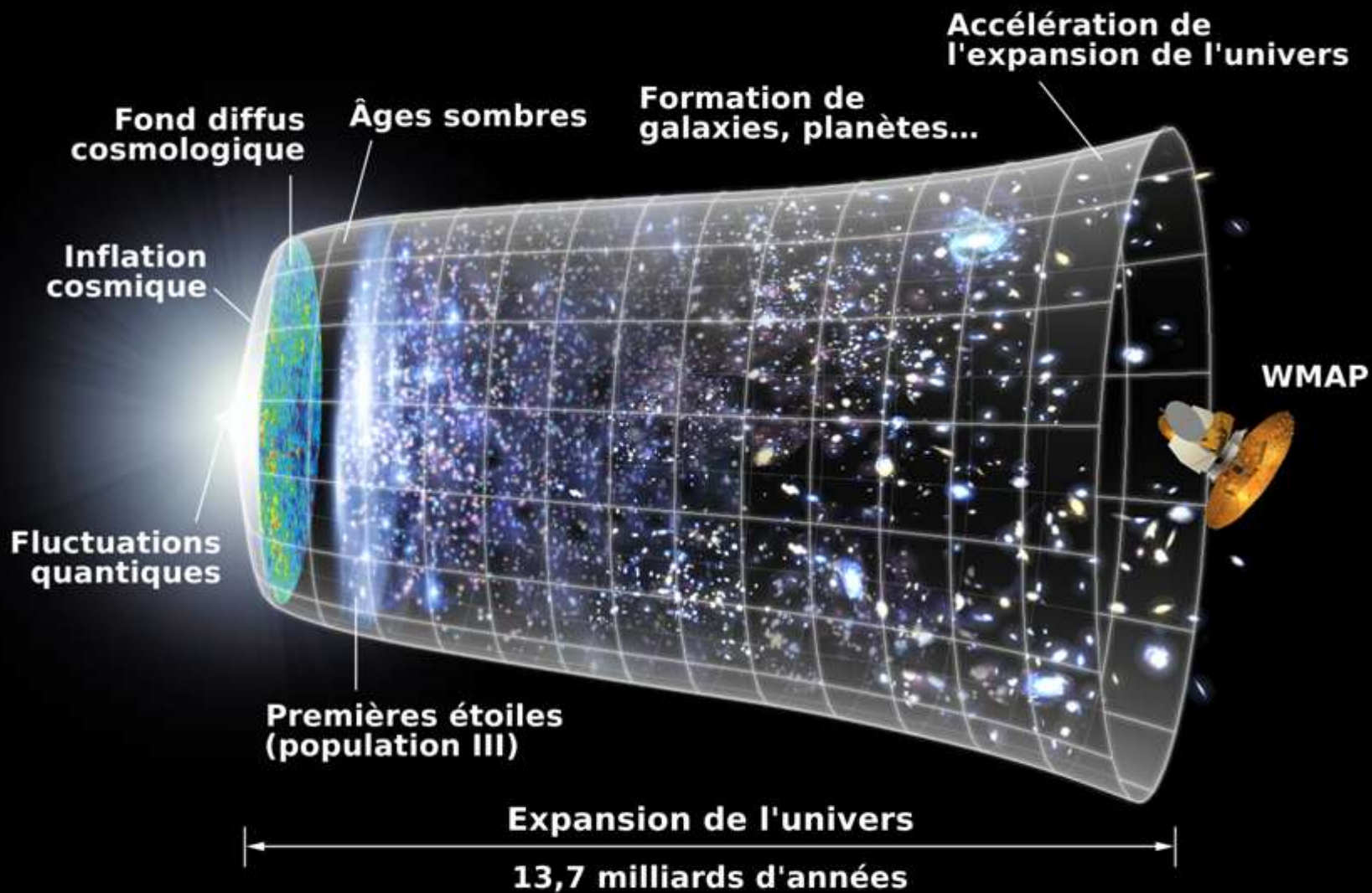





The Planck one-year all-sky survey



(c) ESA, HFI and LFI consortia, July 2010

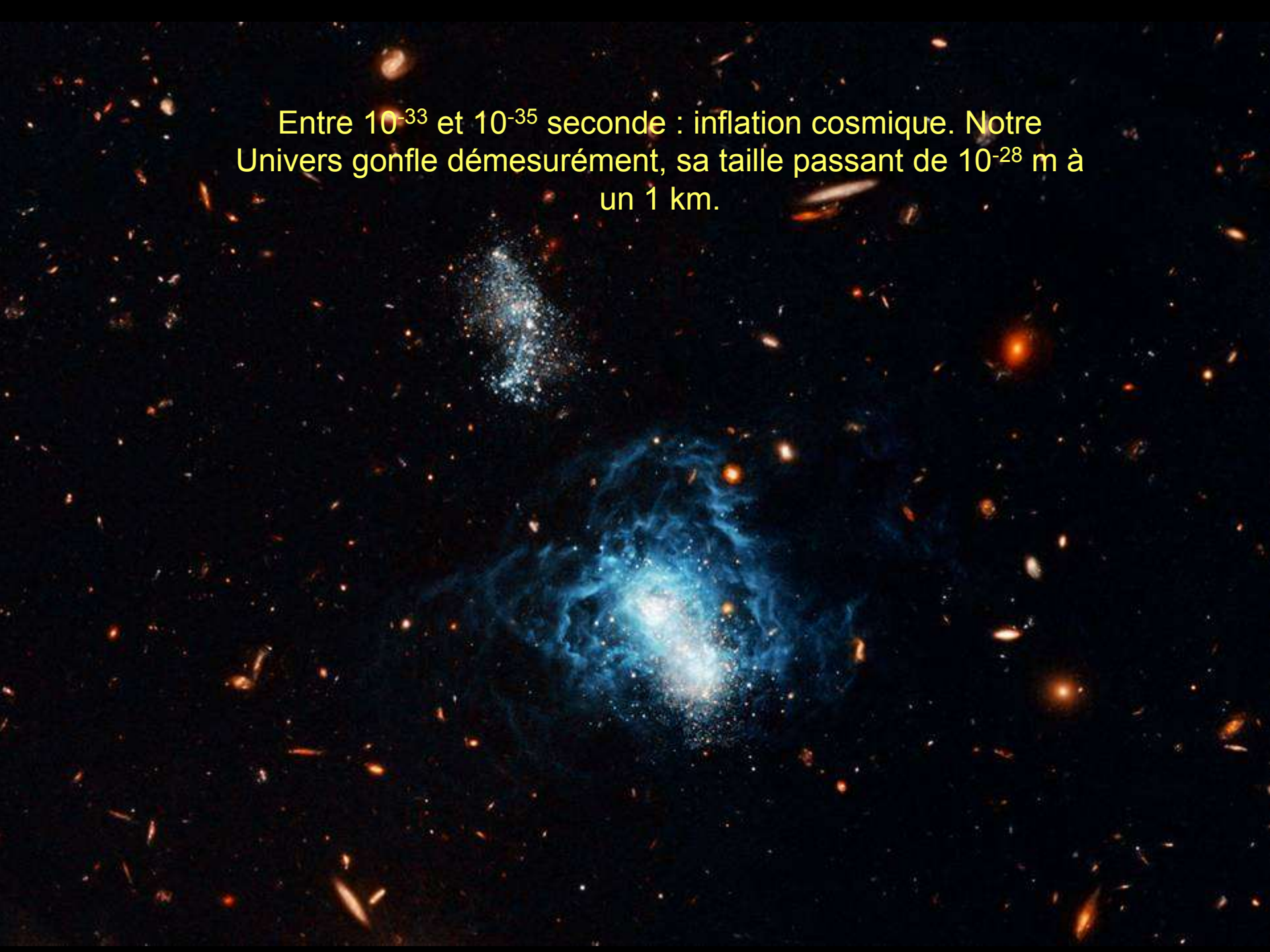


A deep space photograph showing a vast field of galaxies and stars against a dark background. The image is filled with numerous galaxies of various shapes and sizes, including spiral, elliptical, and irregular forms. The colors range from bright yellow and white to deep blues and reds. The stars are scattered throughout, some appearing as bright points of light with diffraction spikes, while others are fainter. The overall scene is a rich and complex representation of the universe's structure.

$10^{-43}$  seconde (temps de Planck) : le point de départ du modèle du Big Bang. Que c'est-il passé avant ? La question n'a pas de sens dans le cadre de la théorie quantique.

A ce moment, la taille de l'Univers serait d'environ  $10^{-28}$  m.

Entre  $10^{-33}$  et  $10^{-35}$  seconde : inflation cosmique. Notre Univers gonfle démesurément, sa taille passant de  $10^{-28}$  m à un 1 km.



Entre  $10^{-33}$  et  $10^{-12}$  seconde : le « zoo des particules ». Une multitude de particules (quarks, électrons, neutrinos) et d'antiparticules se forment et disparaissent aussitôt.

A  $10^{-12}$  seconde, notre Univers mesure moins d'un millions de kilomètre et contient déjà les particules élémentaires de notre monde actuel.

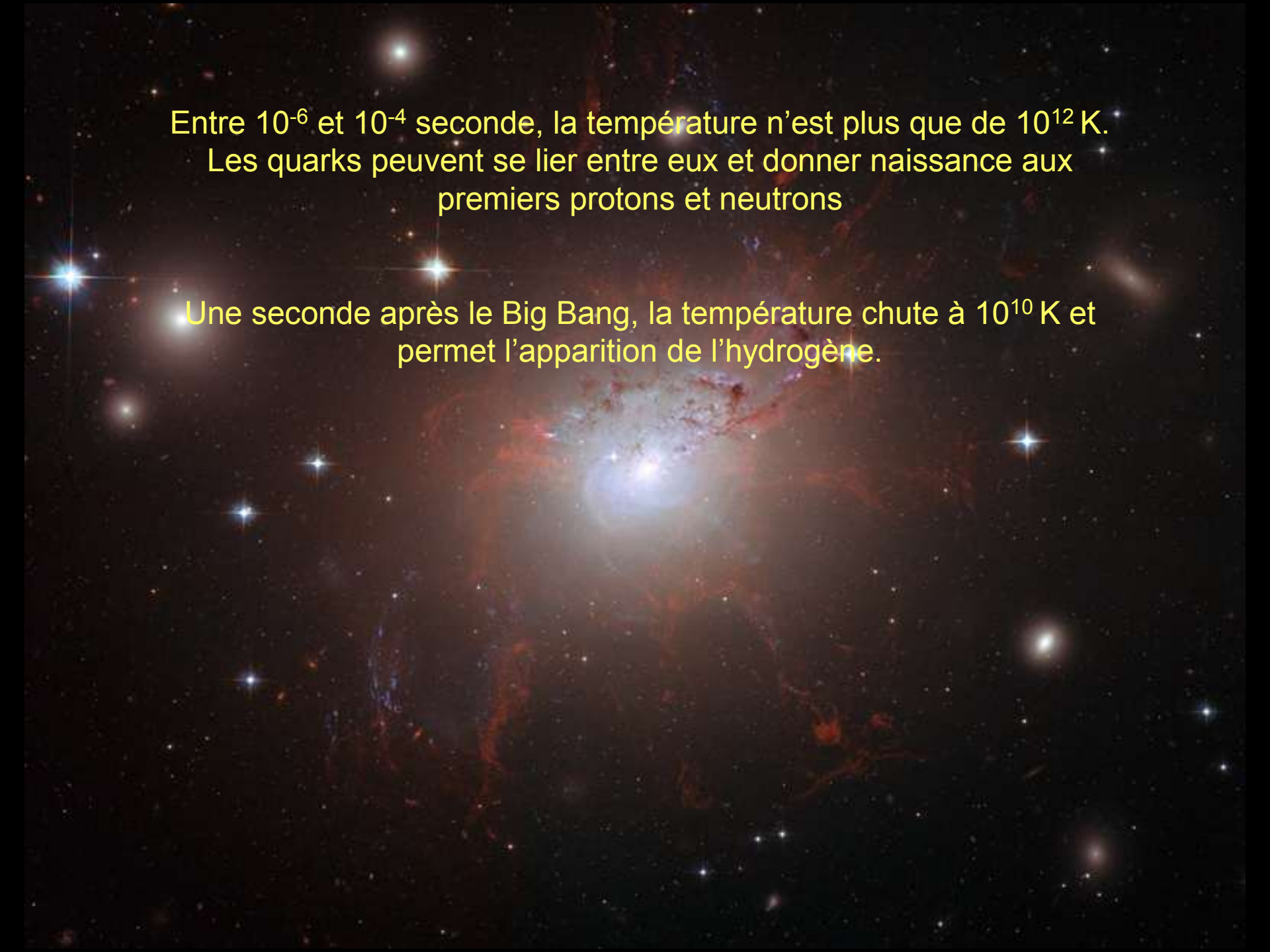




$T = 10^{-6}$  seconde : la température de l'Univers a chuté à  $10^{15}$  K et il mesure environ 100 milliards de kilomètre. Cette température empêche les quarks de se combiner pour former des protons et des neutrons stables.

Les particules de matière acquièrent leur masse via l'hypothétique boson de Higgs.



A Cosmic Microwave Background (CMB) fluctuation map, showing temperature variations across the sky. The map features a central bright blue region, surrounded by a complex pattern of red and orange filaments and spots, indicating areas of higher temperature, and darker blue and black regions indicating areas of lower temperature. The overall appearance is that of a textured, multi-colored sphere.

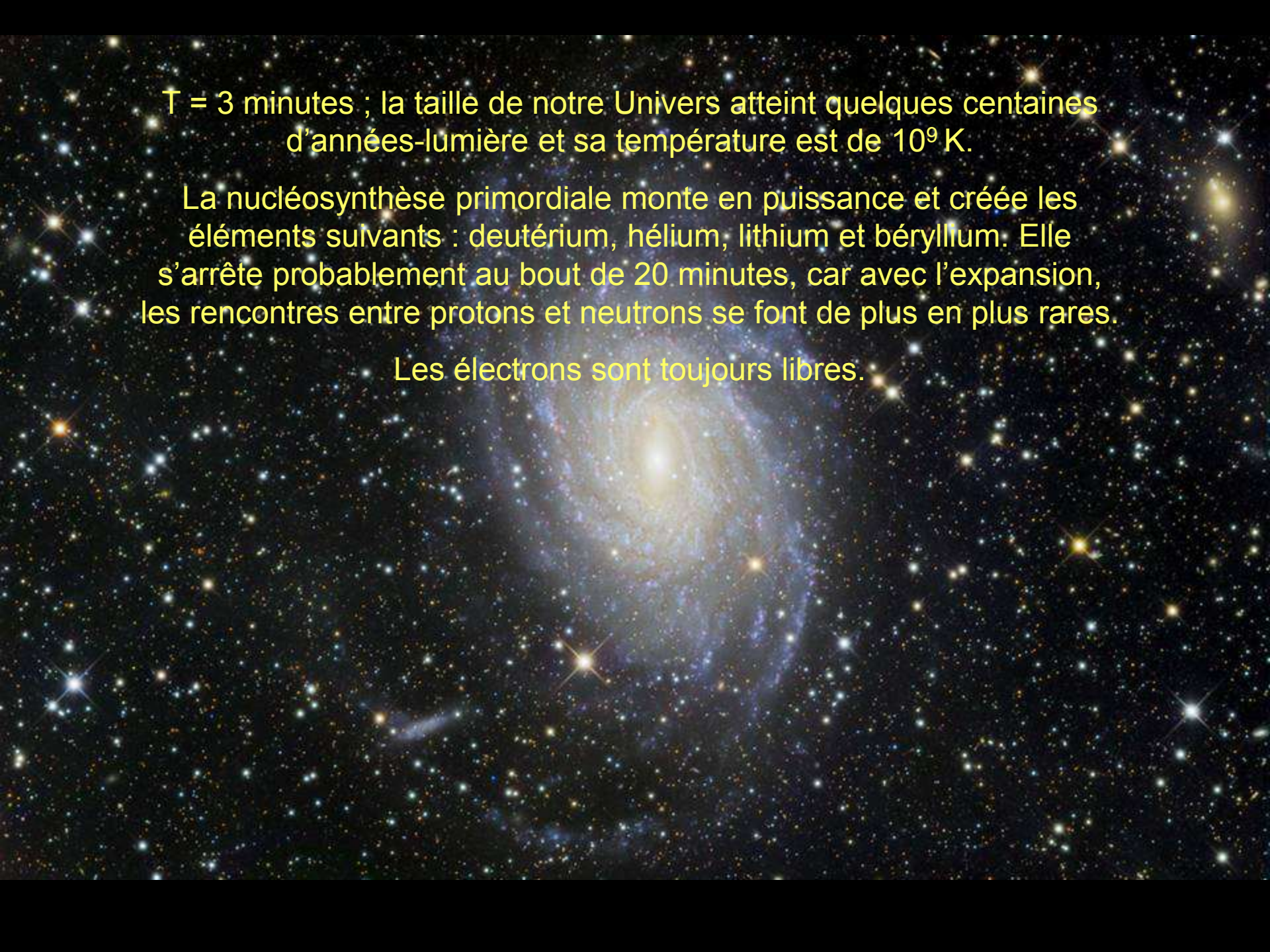
Entre  $10^{-6}$  et  $10^{-4}$  seconde, la température n'est plus que de  $10^{12}$  K.  
Les quarks peuvent se lier entre eux et donner naissance aux premiers protons et neutrons

Une seconde après le Big Bang, la température chute à  $10^{10}$  K et permet l'apparition de l'hydrogène.

T = 3 minutes ; la taille de notre Univers atteint quelques centaines d'années-lumière et sa température est de  $10^9$  K.


La nucléosynthèse primordiale monte en puissance et crée les éléments suivants : deutérium, hélium, lithium et béryllium. Elle s'arrête probablement au bout de 20 minutes, car avec l'expansion, les rencontres entre protons et neutrons se font de plus en plus rares.

Les électrons sont toujours libres.



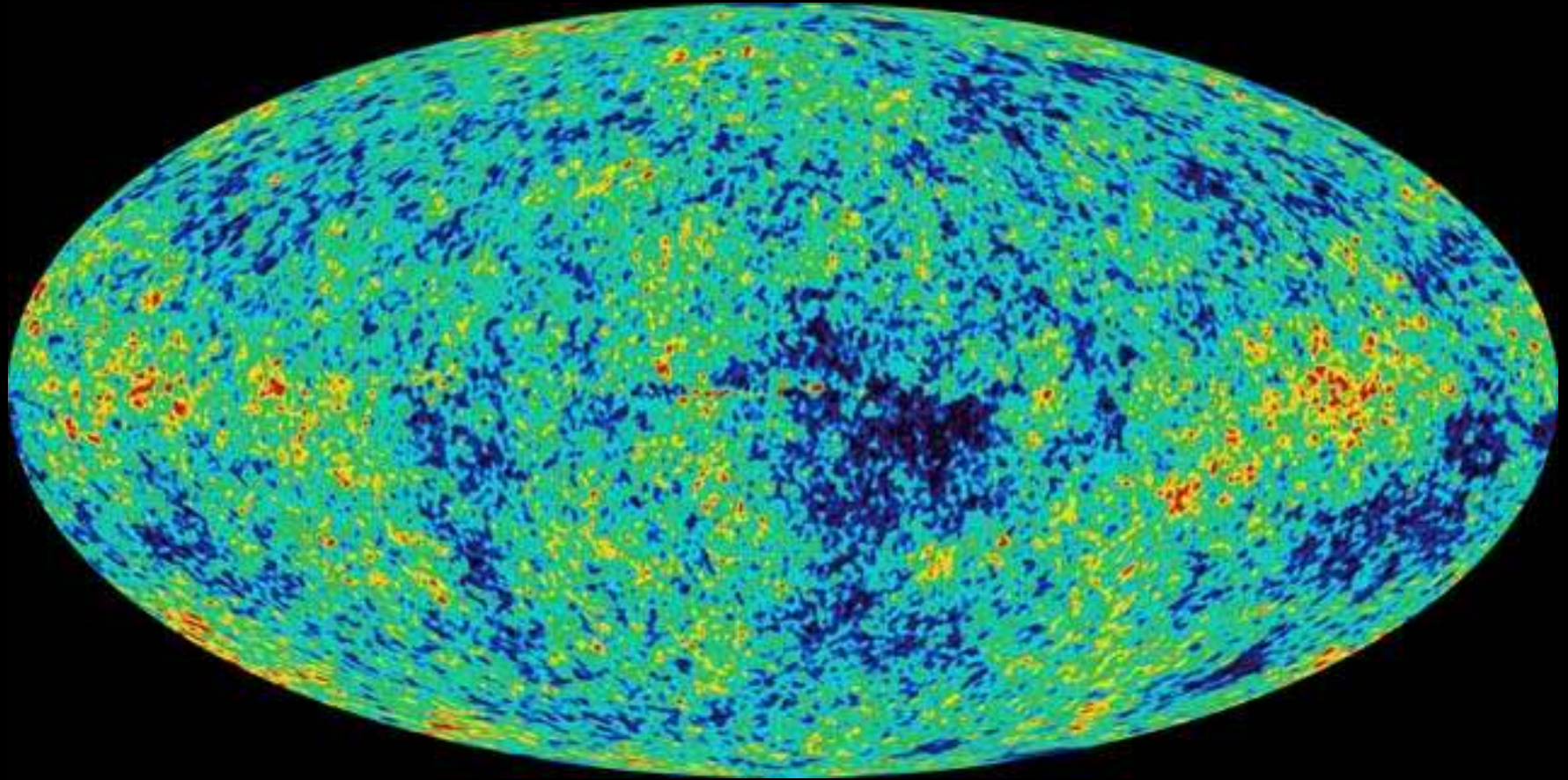
Entre 20 minutes et 380000 ans, l'Univers poursuit son expansion et son refroidissement. Les photons sont présents, mais constamment absorbés par les électrons. L'univers est toujours opaque





T= 380000 ans : l'expansion se poursuit. La force électromagnétique rentre en jeux : les électrons sont capturés par les noyaux, ce qui permet aux photons de pouvoir se déplacer normalement. L'Univers devient visible !

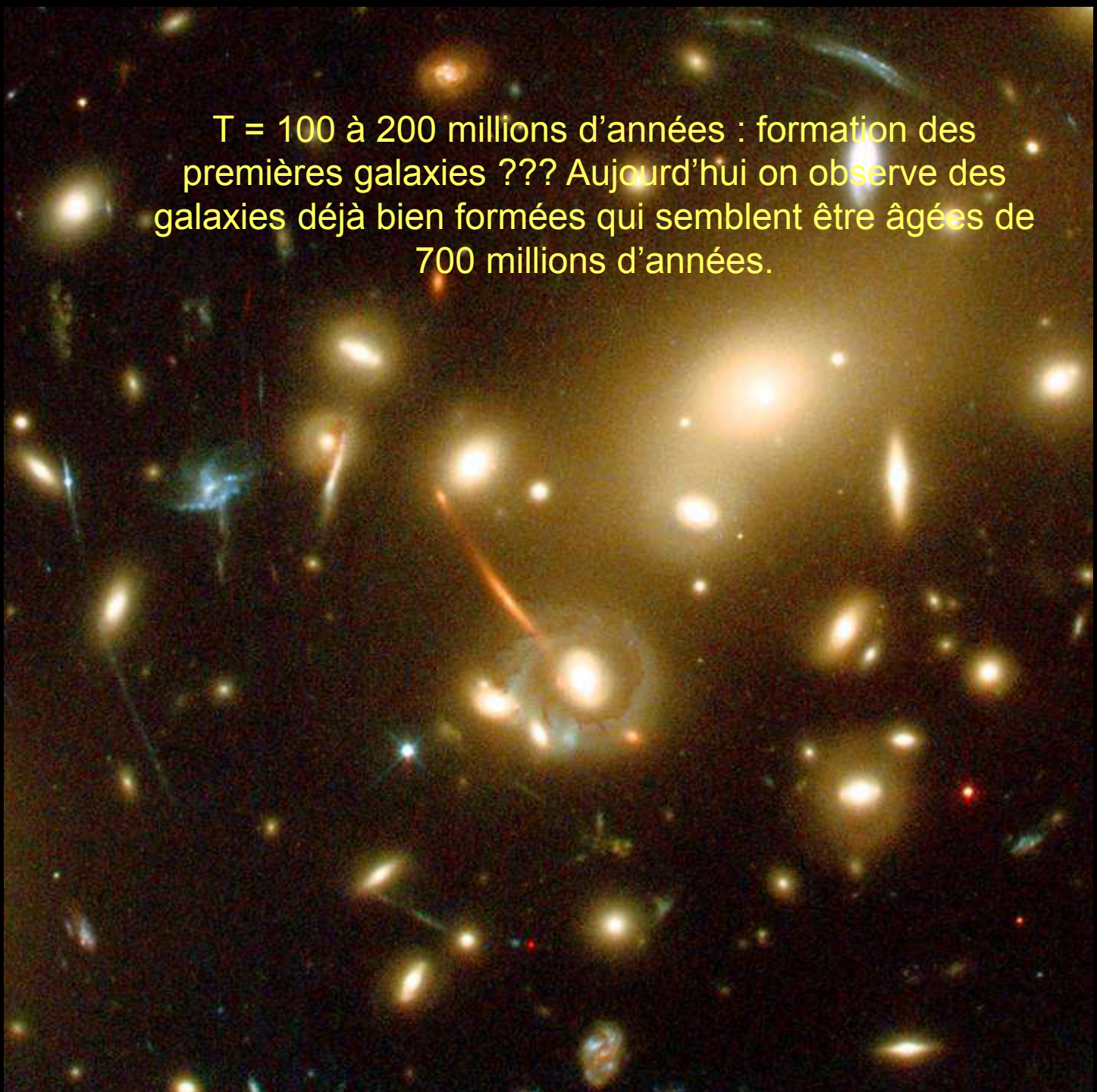
T = 380 000 ans : le rayonnement fossile « s'installe ». La gravitation, jusque là absente, entre en jeu. Les filaments de matières donnant naissances aux futures protogalaxies et protoamas de galaxies sont là.

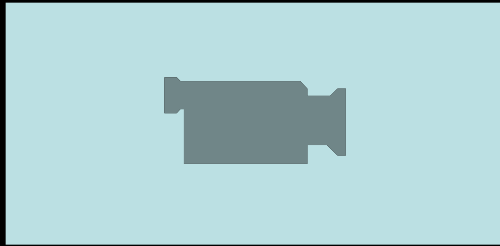


Le fond diffus cosmologique  
cartographié par WMAP

- 4 % de matière baryonique  
(protons, neutrons)
- 26% de matière noire
- 70% d'énergie noire

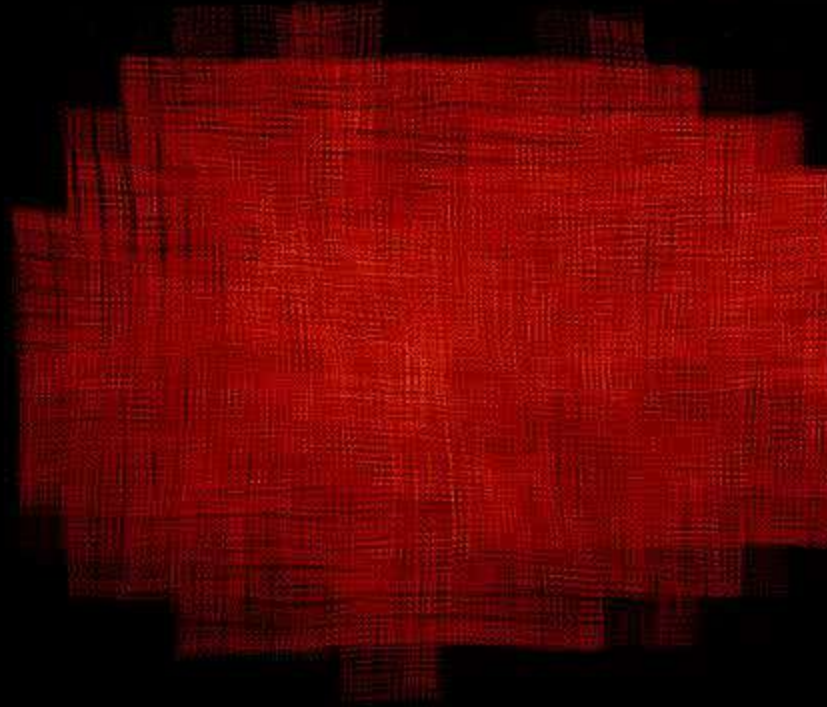
T = 100 à 200 millions d'années : formation des premières galaxies ??? Aujourd'hui on observe des galaxies déjà bien formées qui semblent être âgées de 700 millions d'années.

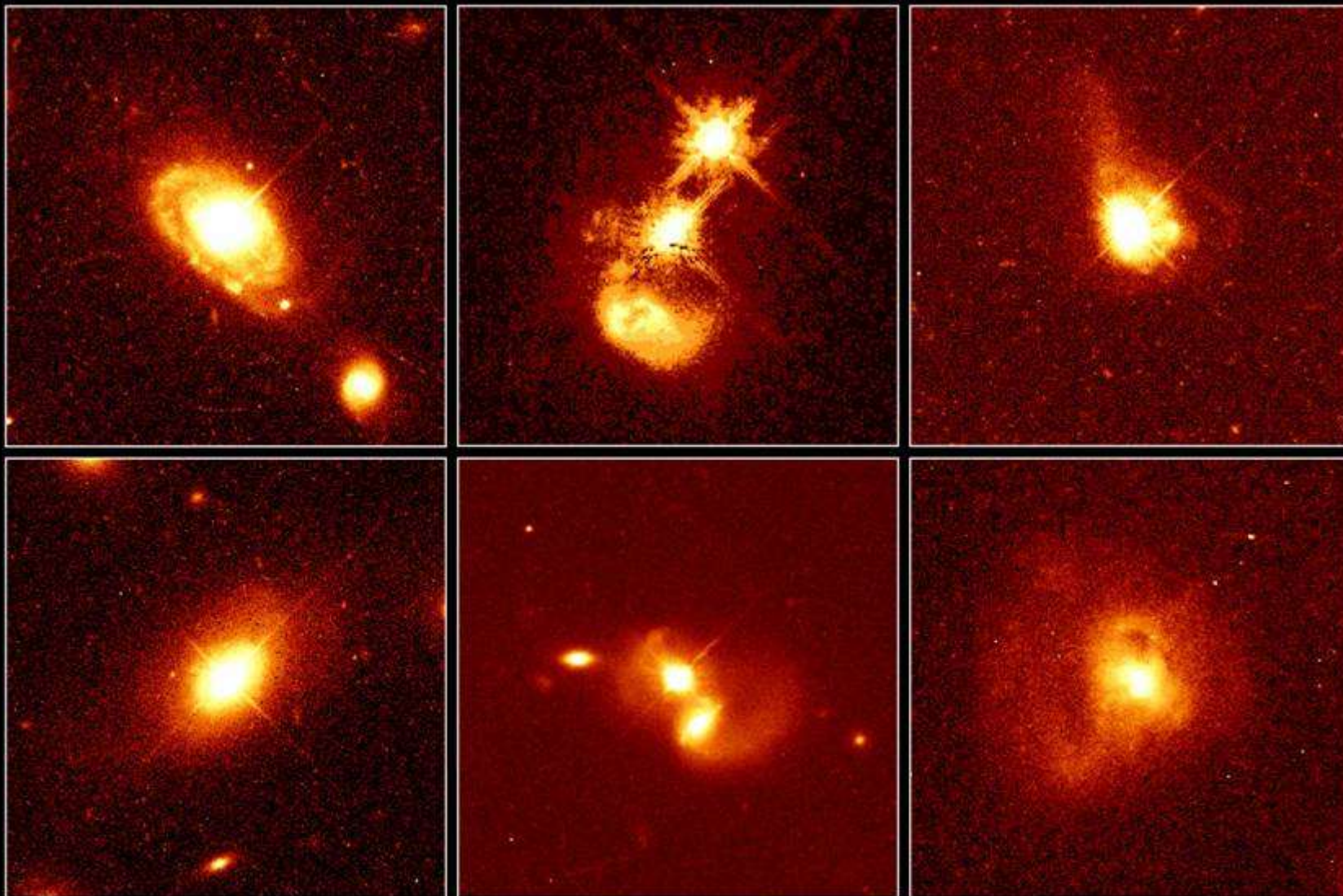






Quelques centaines de millions d'années après le Big Bang, les collisions entre galaxies sont très nombreuses

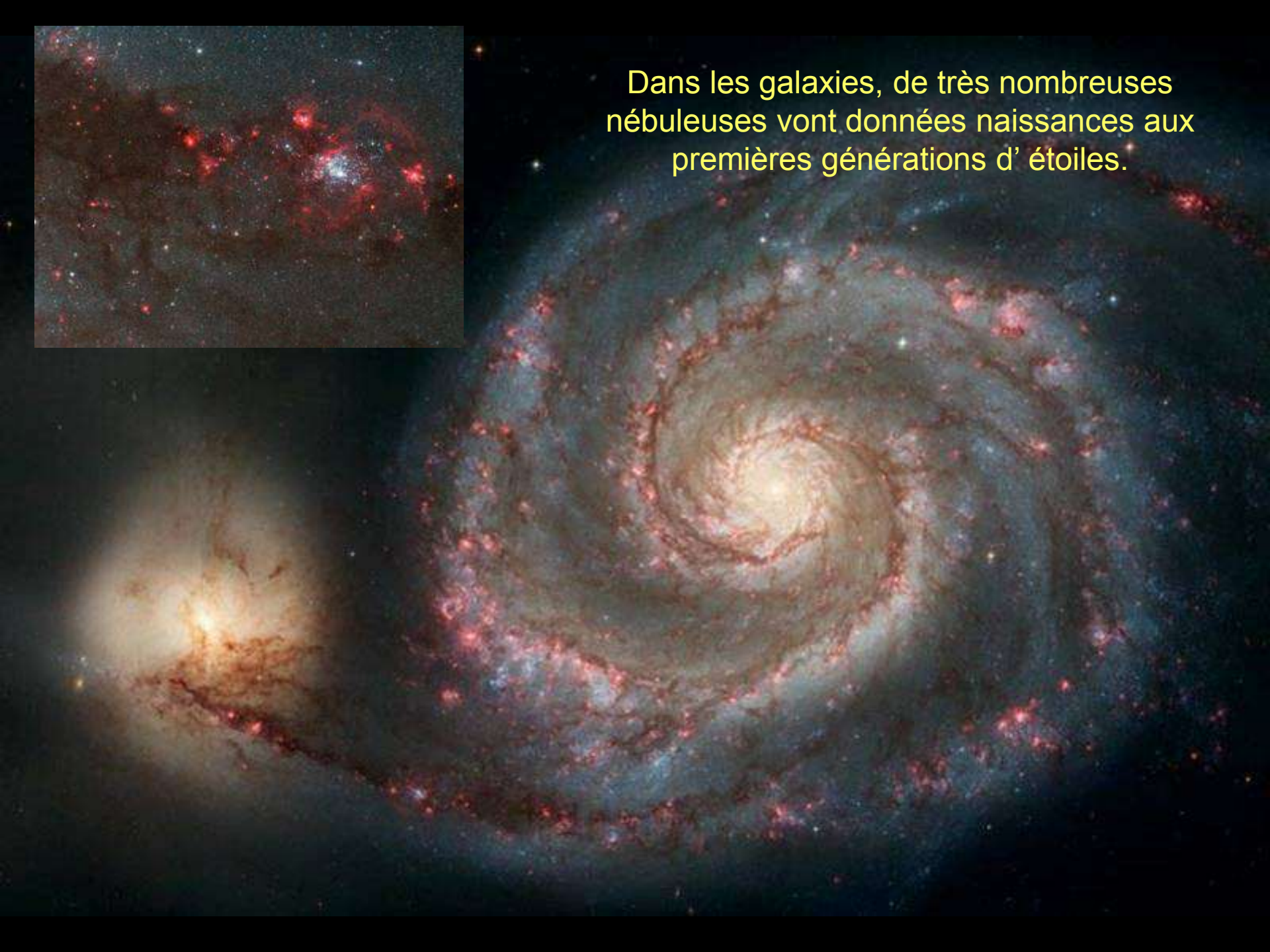




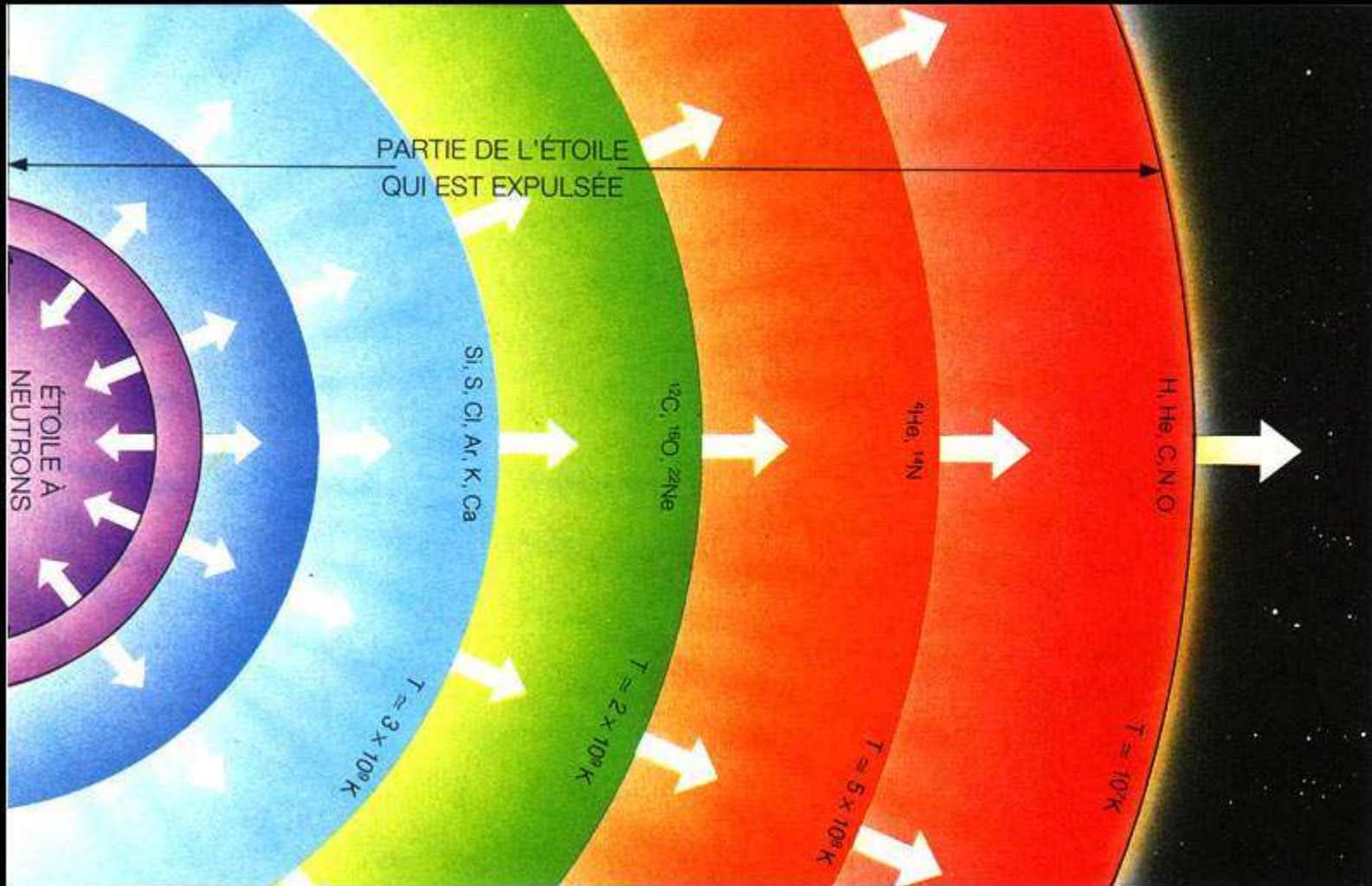
## Quasar Host Galaxies

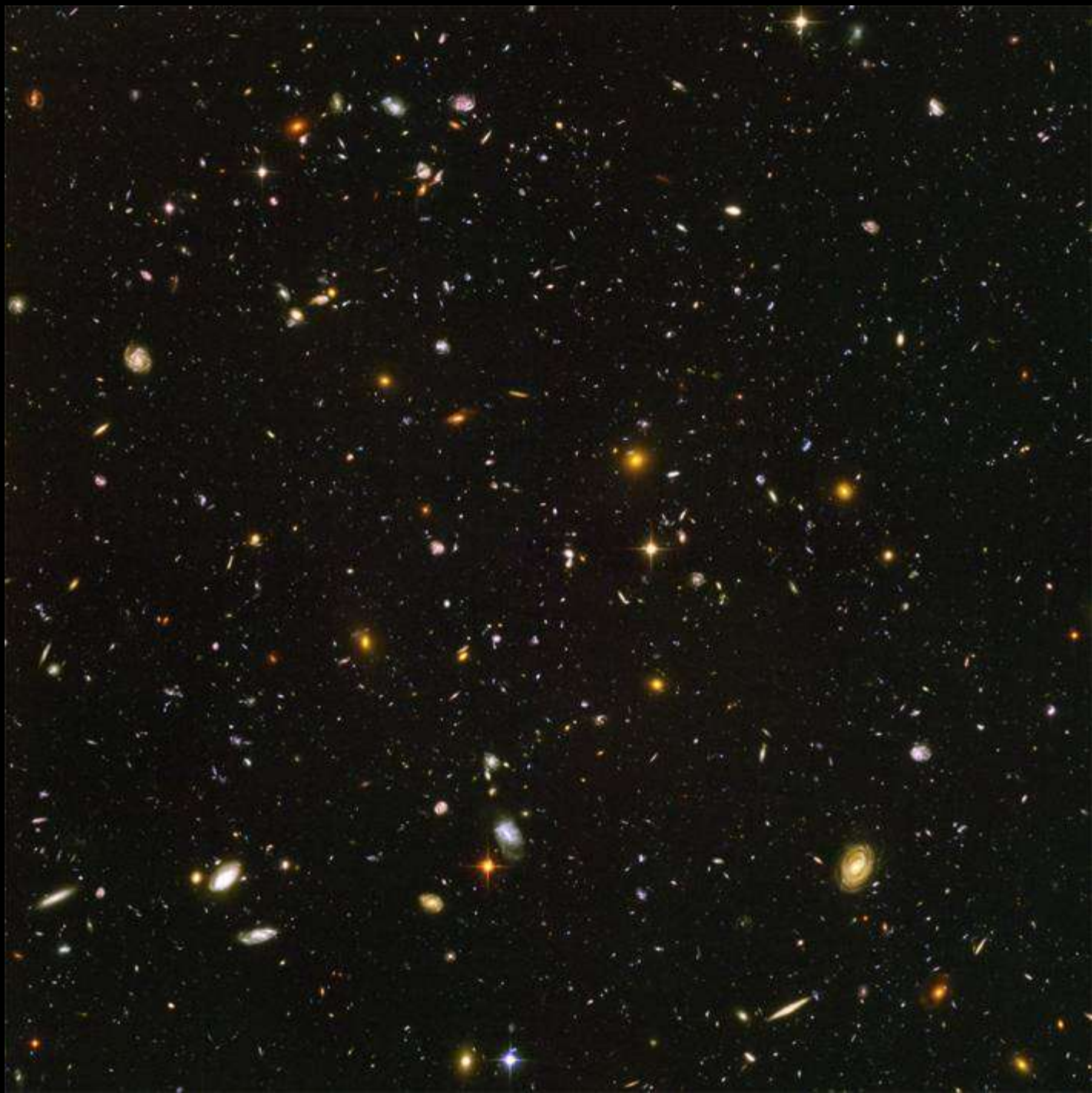
Hubble Space Telescope • Wide Field Planetary Camera 2

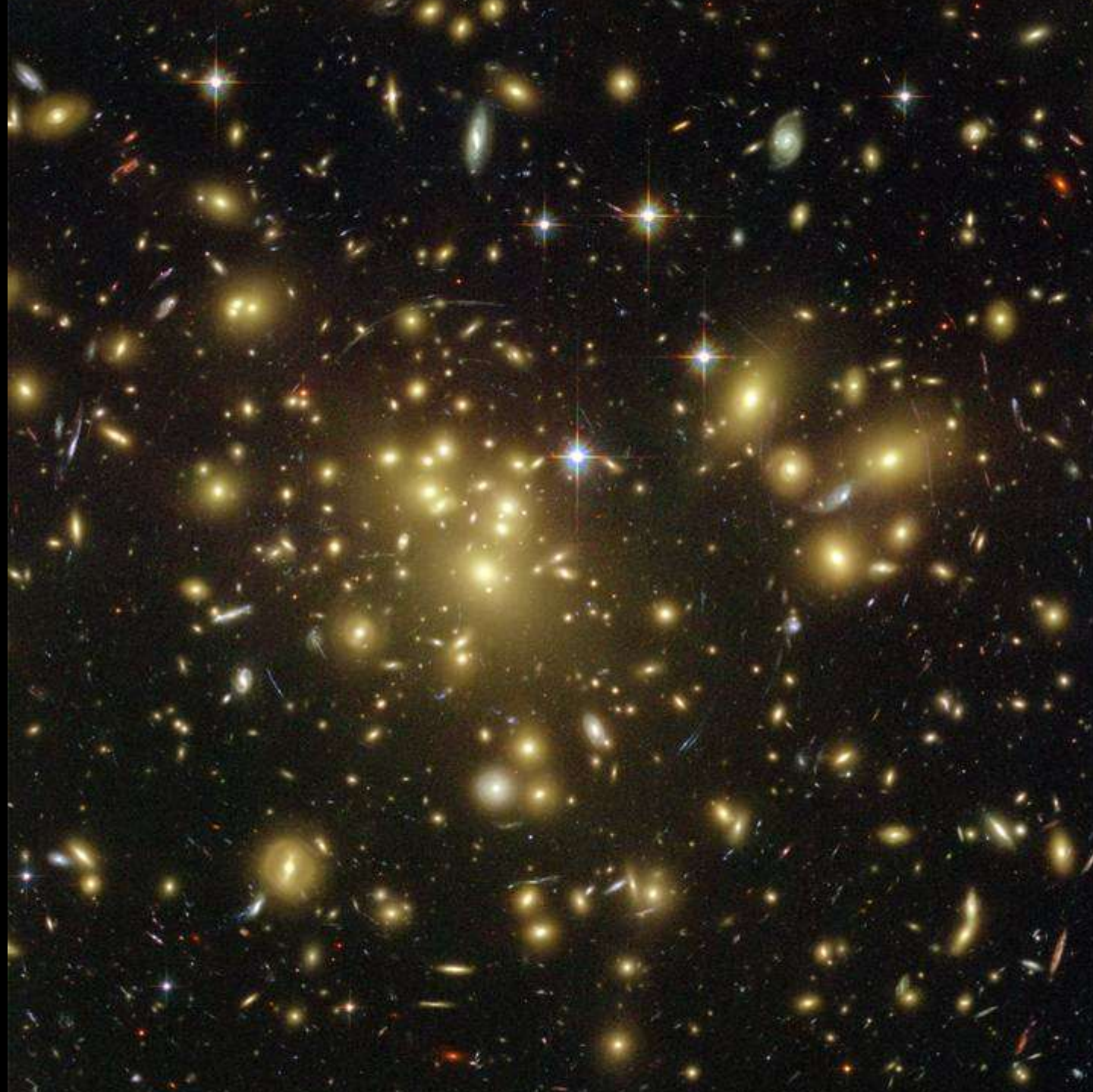
Dans les galaxies, de très nombreuses nébuleuses vont donner naissance aux premières générations d'étoiles.

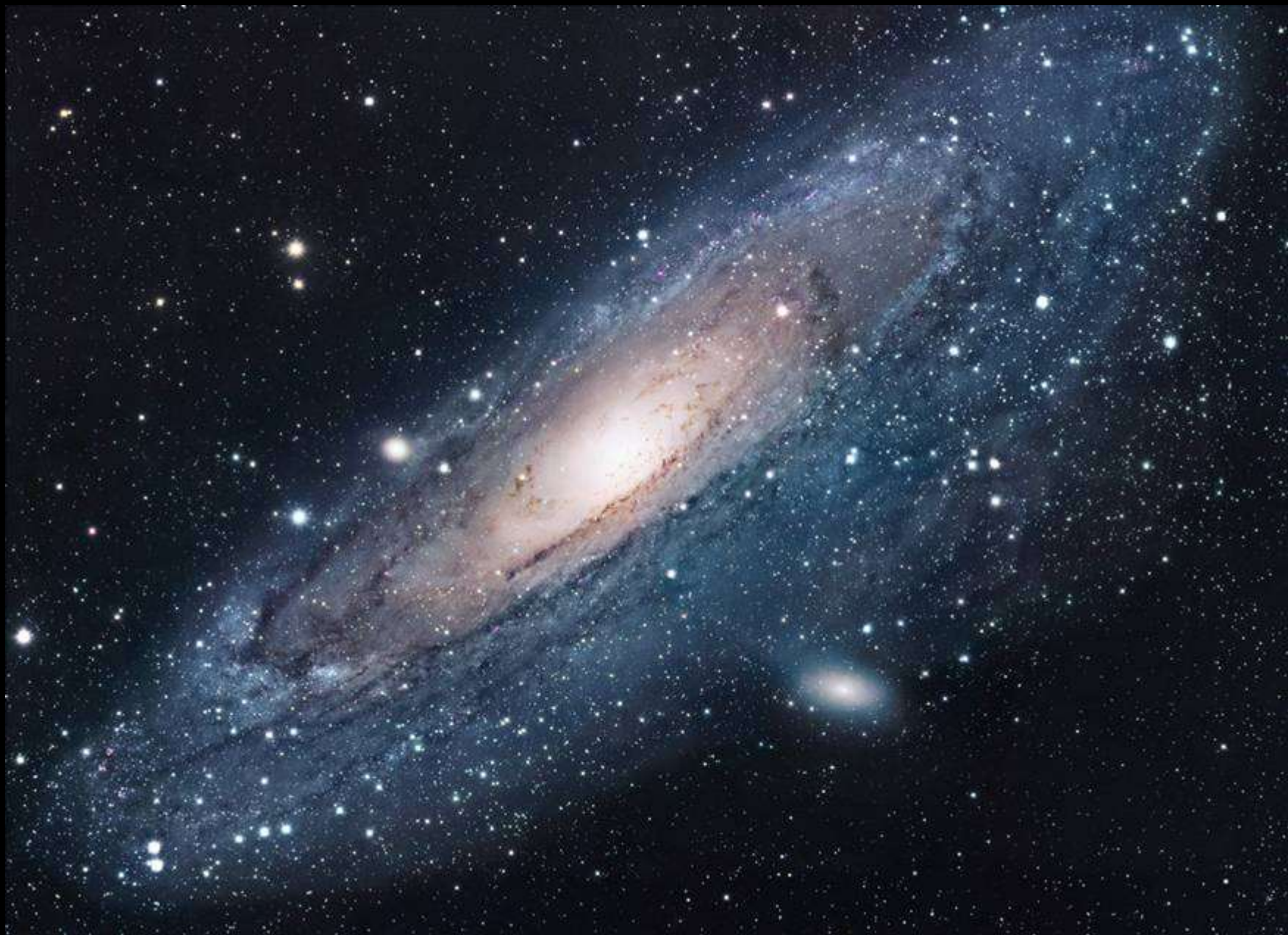


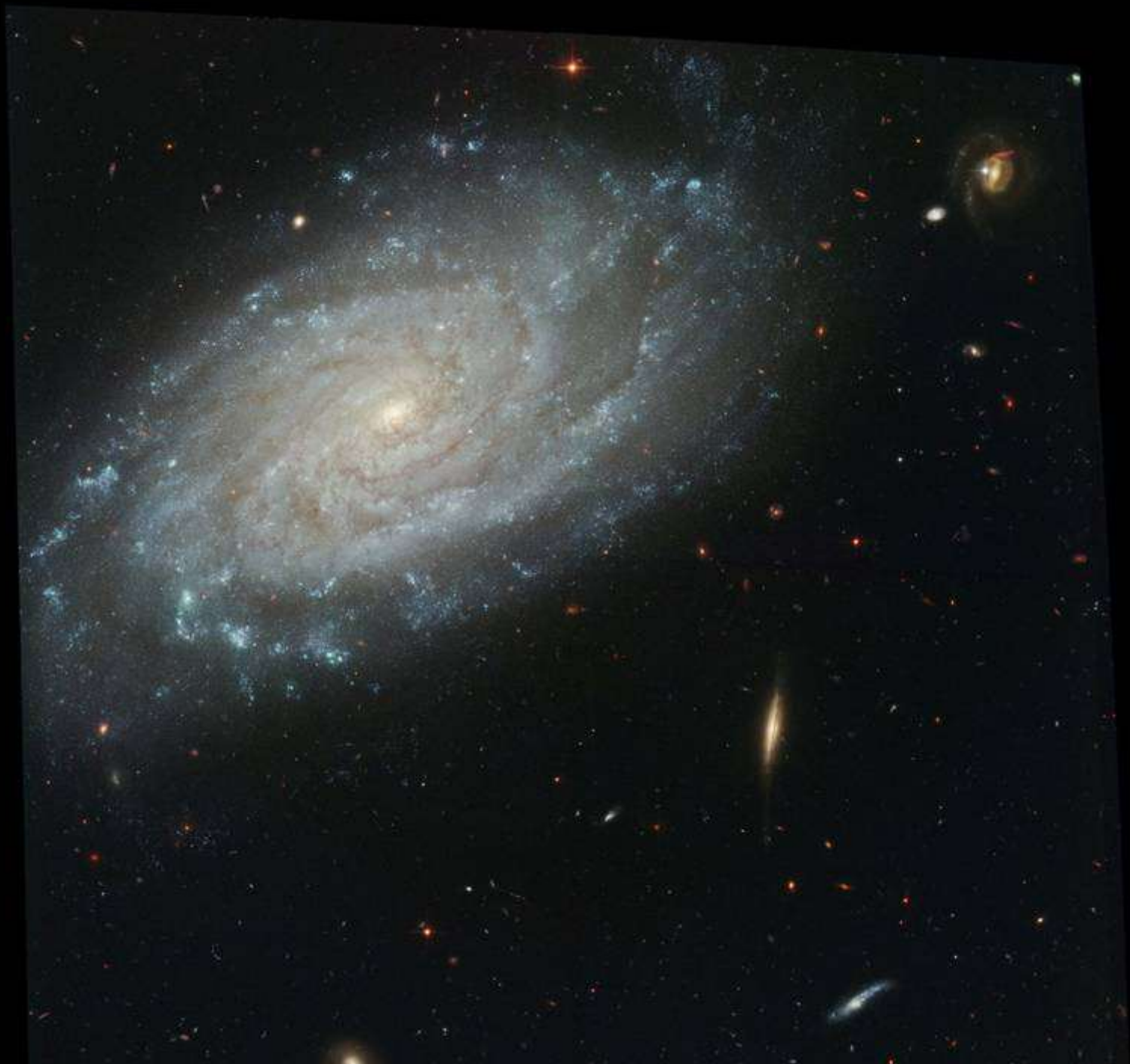
Les étoiles de premières générations sont bien souvent des étoiles supermassives dont la durée de vie est de quelques millions d'années. En se transformant en supernova, elles synthétisent les éléments les plus élaborés qui ensemencent l'Univers : la nucléosynthèse stellaire.



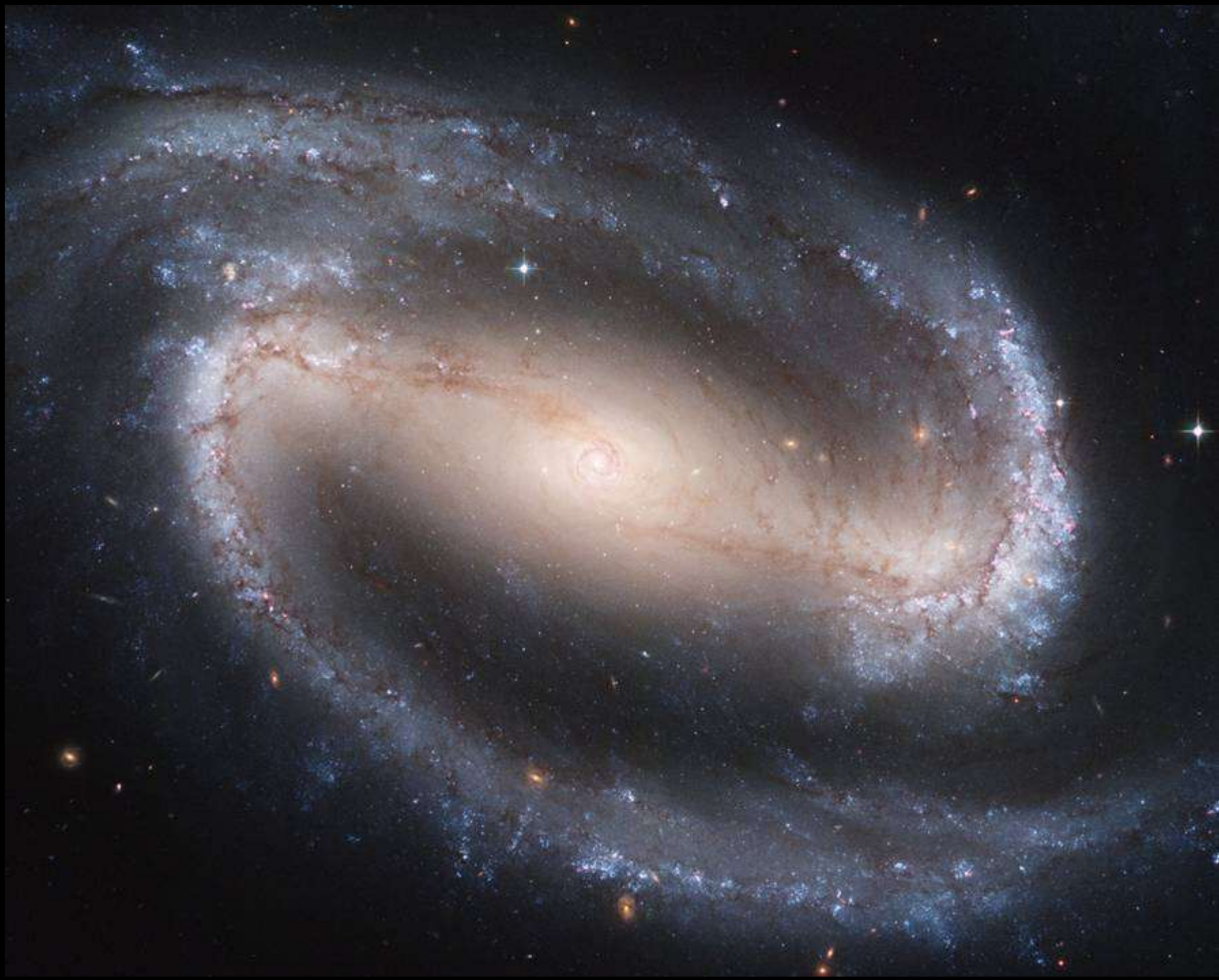


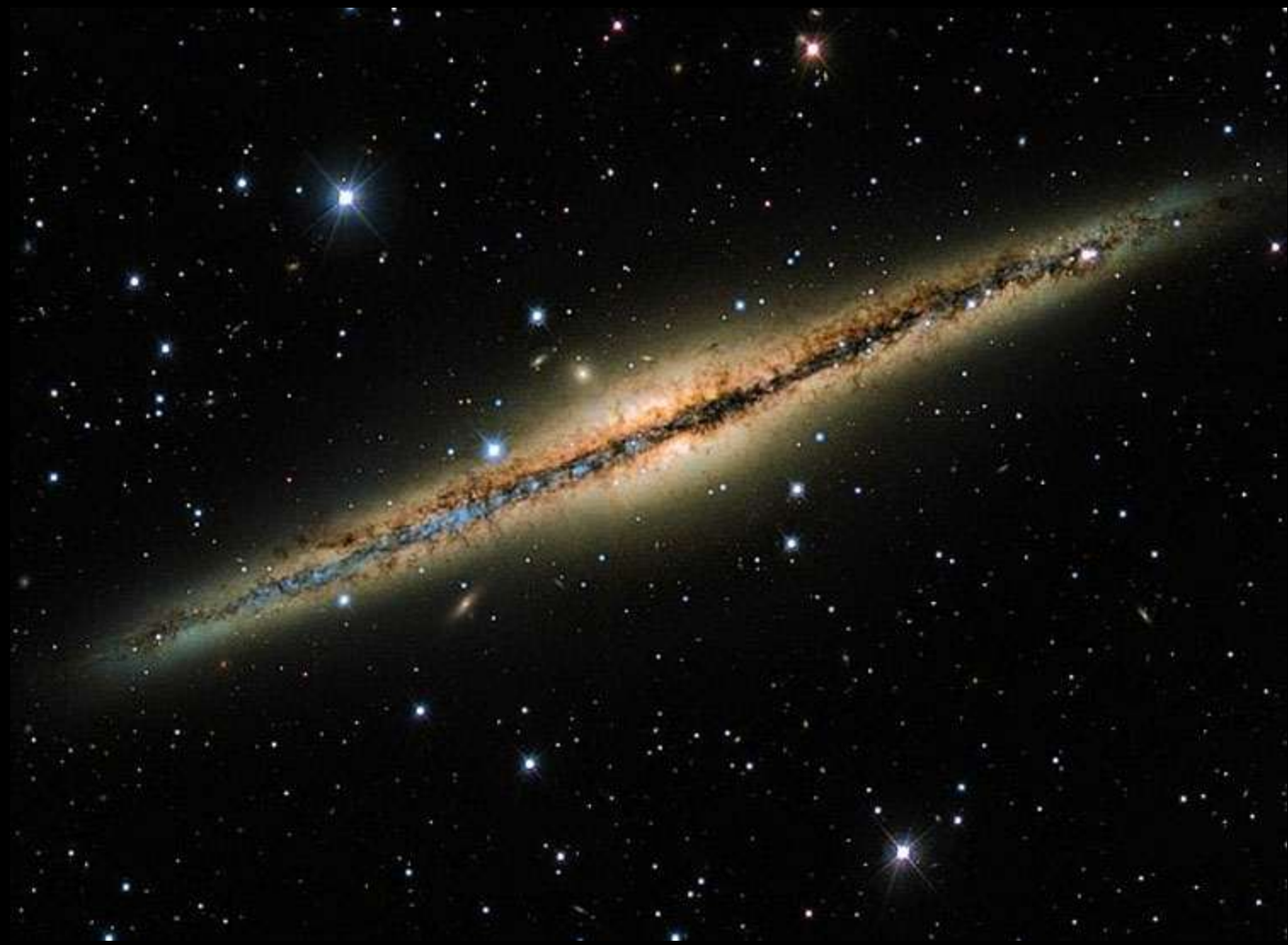






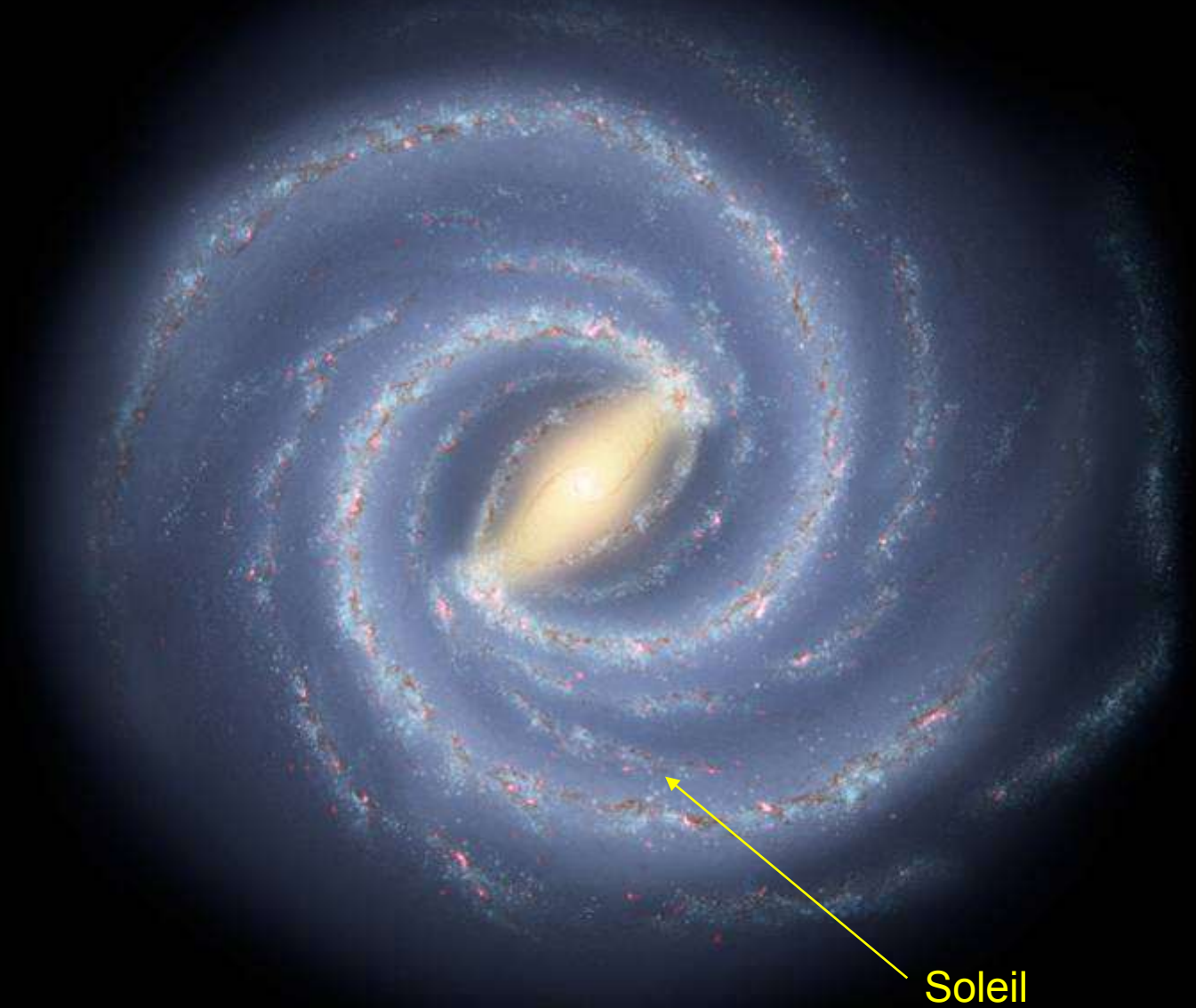






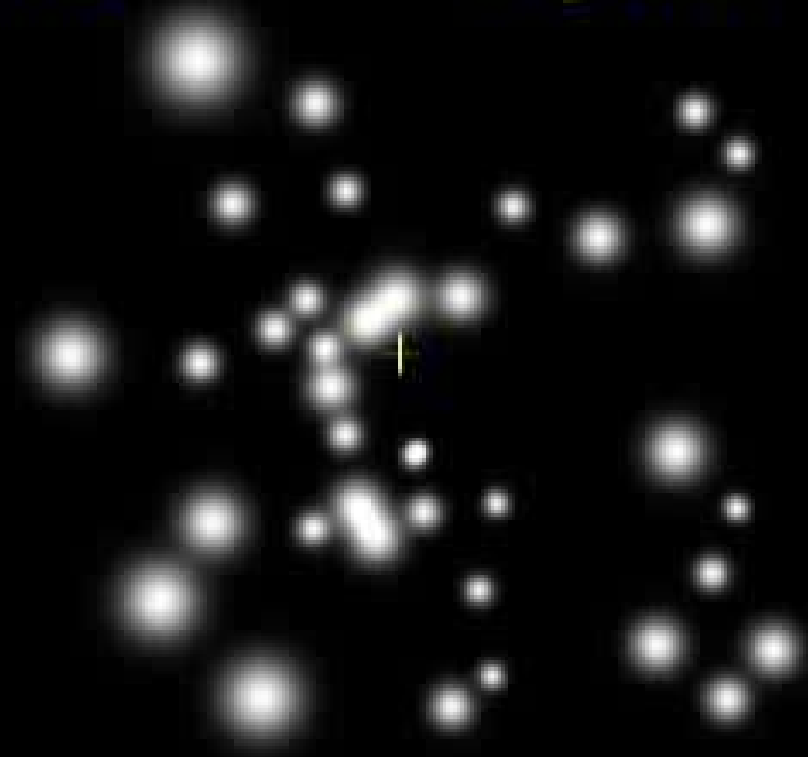


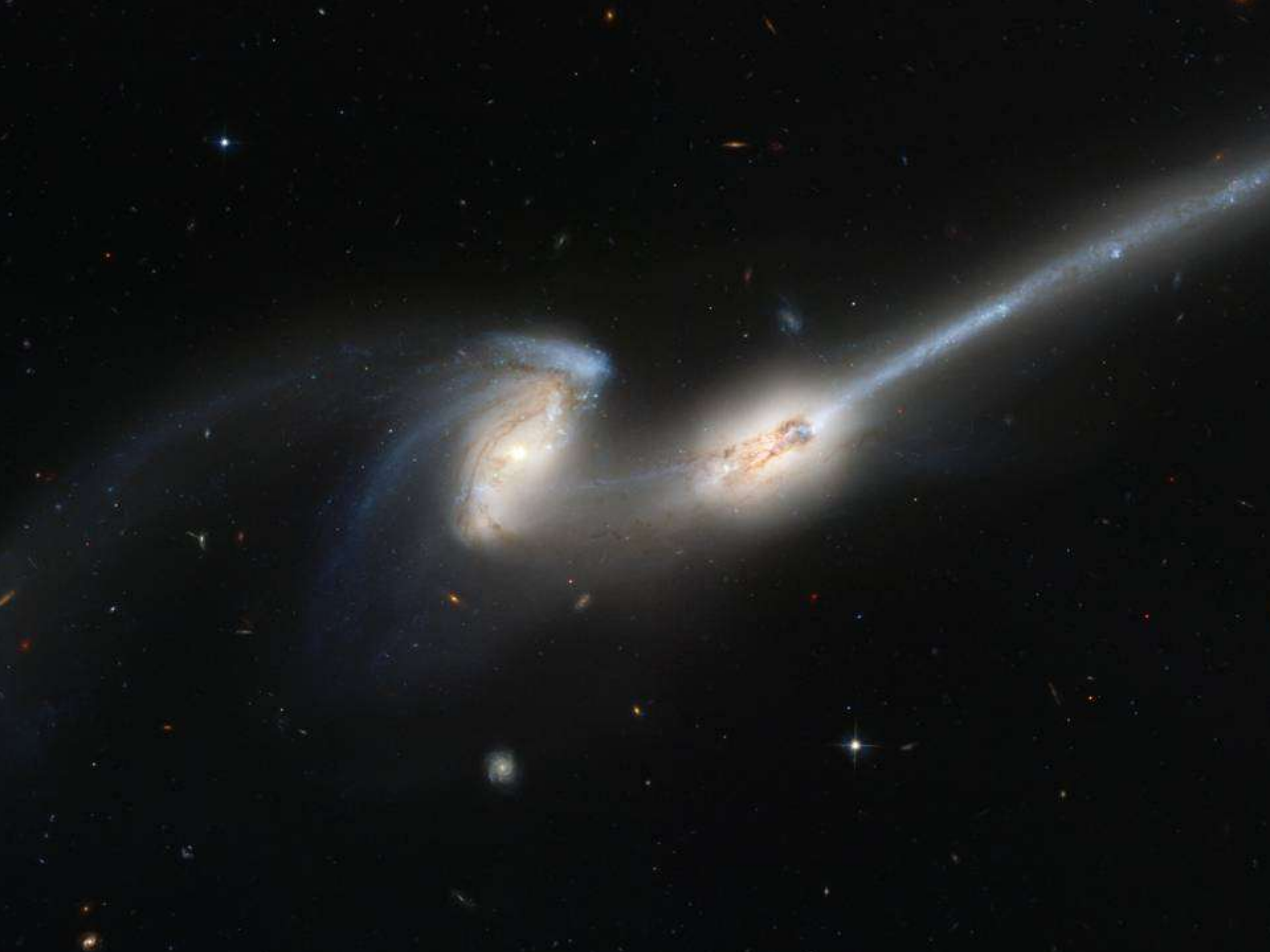




1992

10 light days

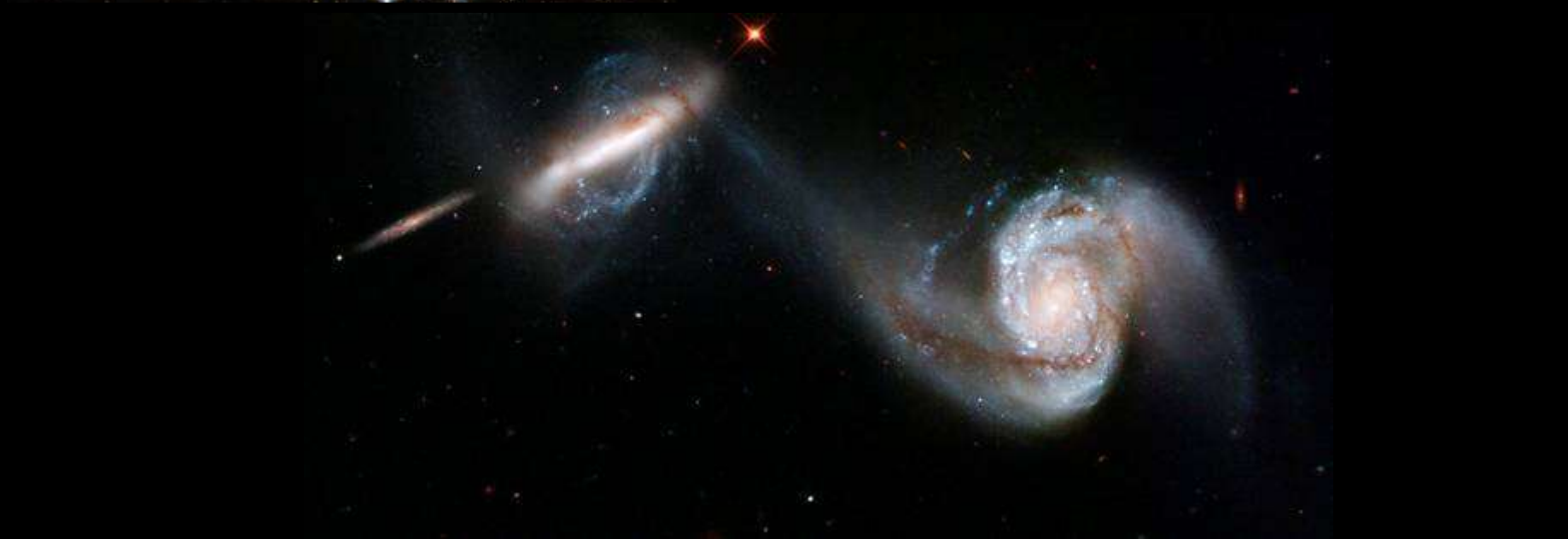
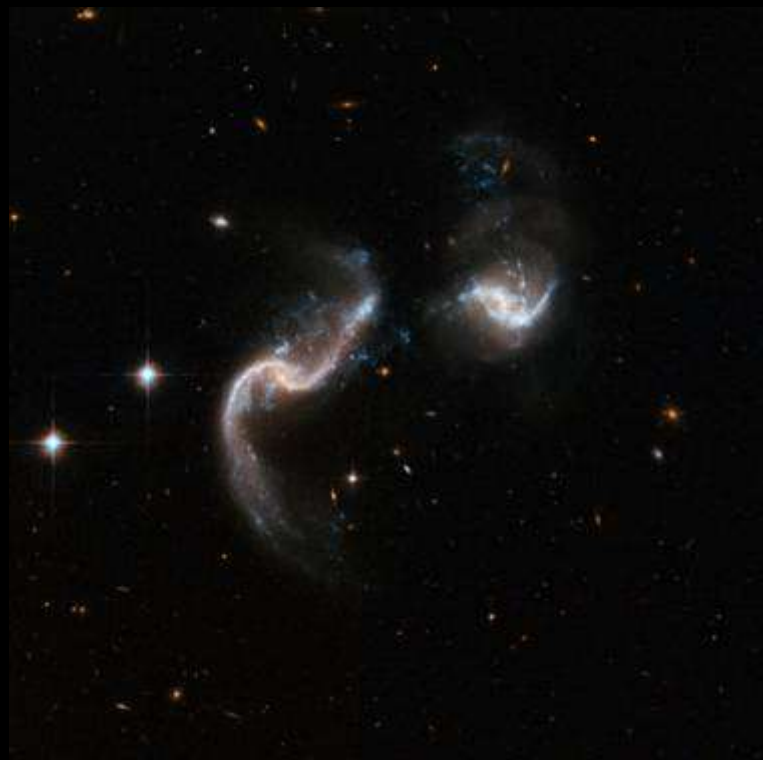
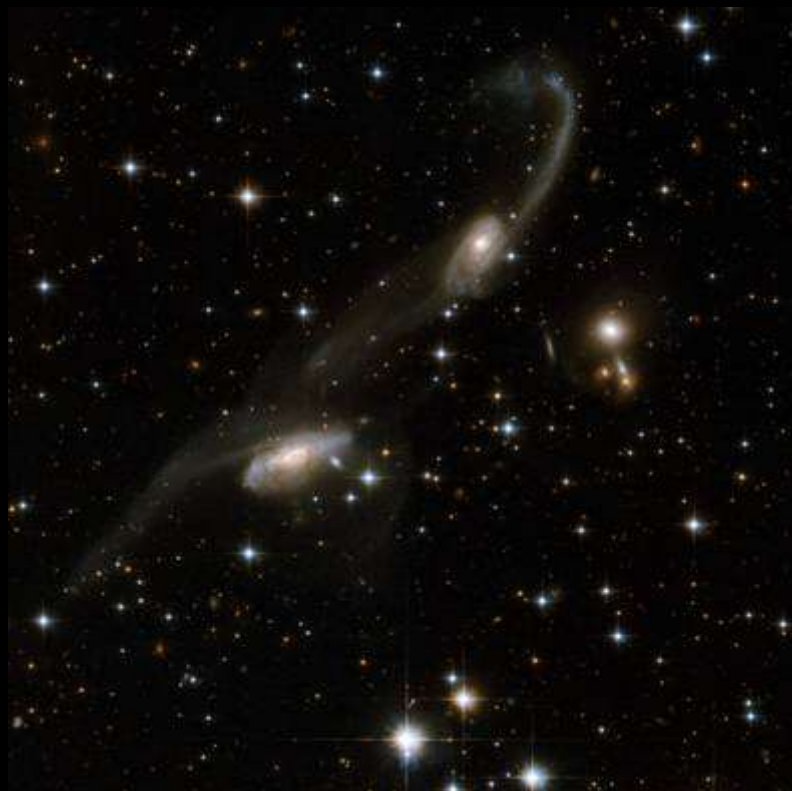












# *L'inventaire galactique*



Les nébuleuses diffuses :  
les pouponnières d'étoiles



Des rassemblements  
de jeunes étoiles : les  
amas ouverts



Des rassemblements  
de vieilles étoiles :  
les amas globulaires



Des petites, mais aussi des  
grosses étoiles qui meurent...



# A comparison of star sizes

Red Dwarf

Lower limit:  
0.08 solar  
masses



Our Sun

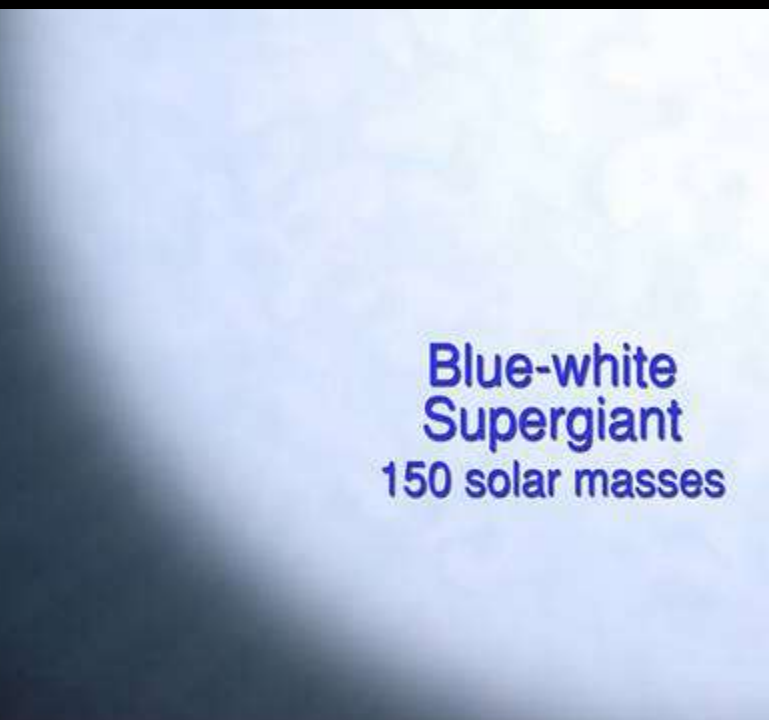
1 solar mass



Red Giant

Very old stars that  
evolve from stars of  
<5 solar masses

Blue-white  
Supergiant  
150 solar masses



# Si l'Univers avait un an...

Selon la théorie du Big Bang, notre Univers a environ quinze milliards d'années.  
Une échelle de temps difficile à appréhender sauf si l'on imagine que l'Univers n'a qu'un an...

1<sup>er</sup> janvier  
à 0 h 00'



Big Bang

1<sup>er</sup> avril



formation de  
la Voie Lactée

9 septembre



naissance du  
système solaire

29 septembre



premières  
cellules vivantes

19 décembre



apparition  
des plantes

20 décembre



apparition  
des poissons

21 décembre



apparition  
des insectes

23 décembre



apparition  
des reptiles

24 décembre



apparition  
des dinosaures

26 décembre



apparition  
des mammifères

27 décembre



apparition  
des oiseaux

28 décembre



extinction  
des dinosaures

Quant à l'Homme, toute son histoire se déroulerait dans la seule soirée du 31 décembre :

22 h 30'



premiers  
hommes

23 h 59'



Lascaux

23 h 59' 50"



début de  
la civilisation  
égyptienne

23 h 59' 55"



naissance  
du Bouddha

23 h 59' 56"



naissance  
du Christ

23 h 59' 59"



découverte  
de l'Amérique

Minuit



début  
du xx<sup>e</sup> siècle