

Histoire et structure de notre Univers



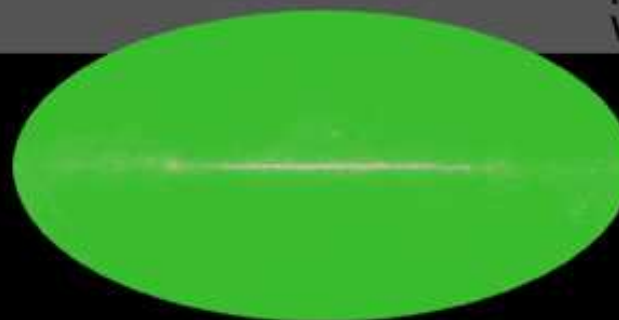
Rappels historiques

- 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



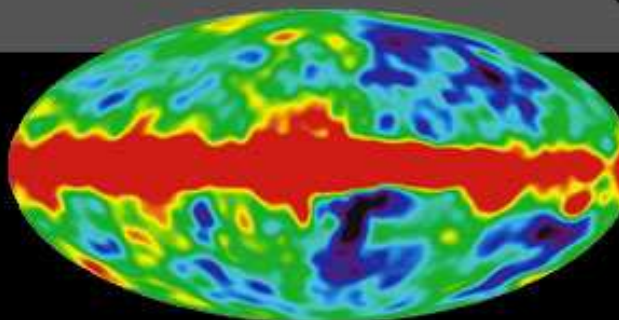
Penzias and
Wilson



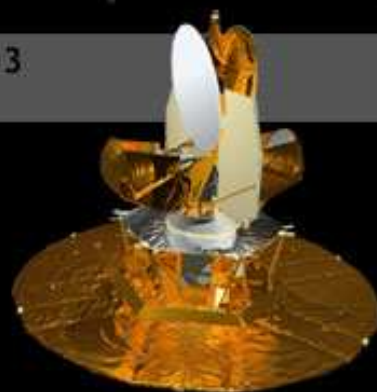
1992



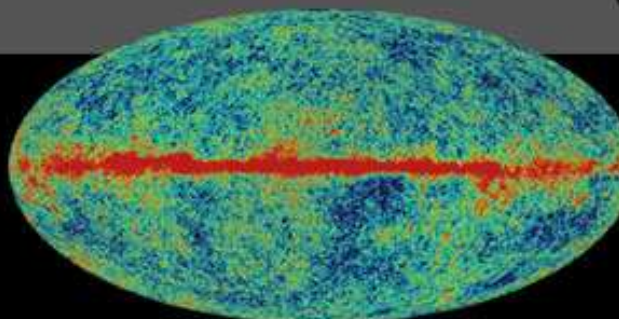
COBE

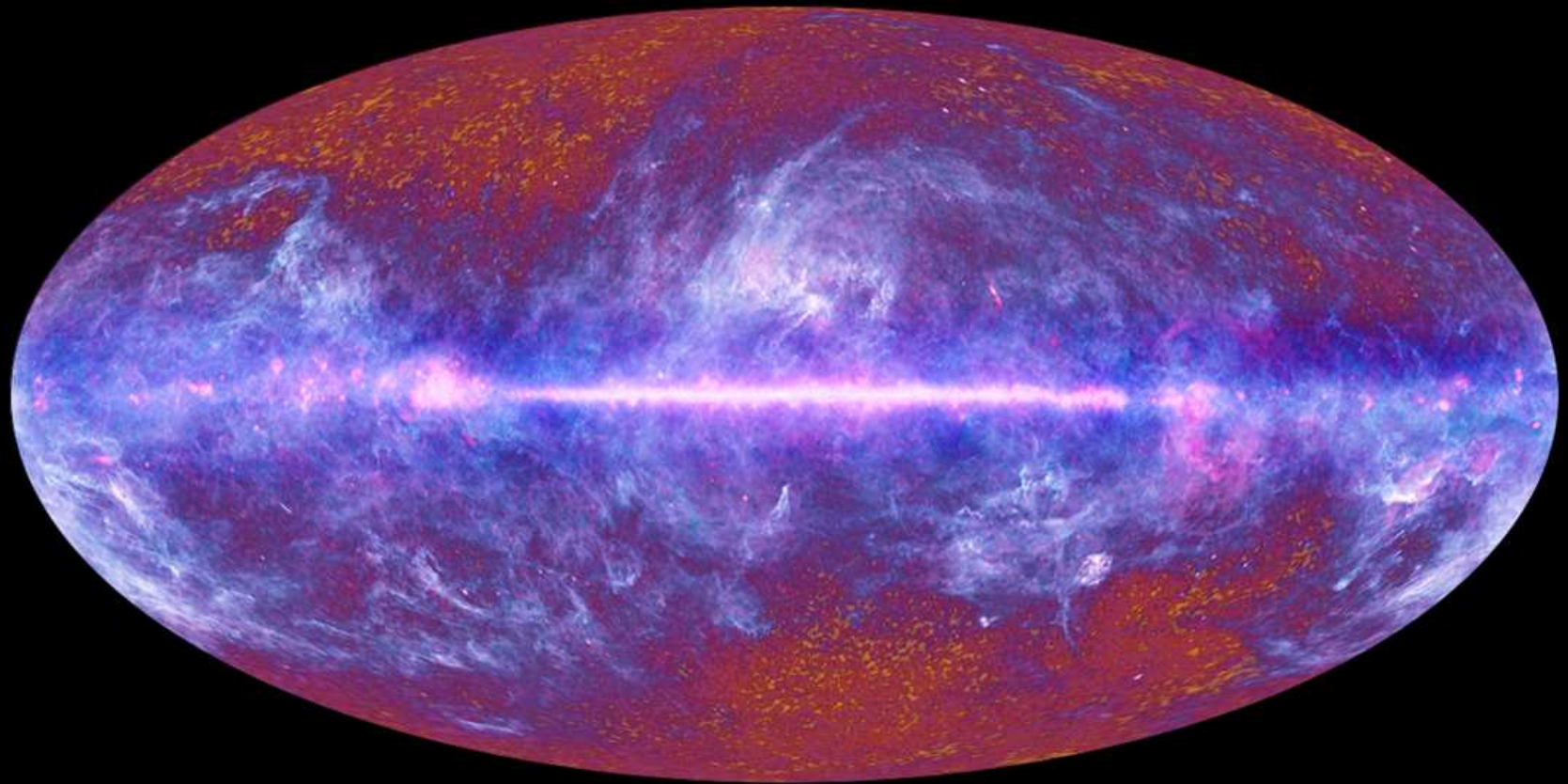


2003



WMAP

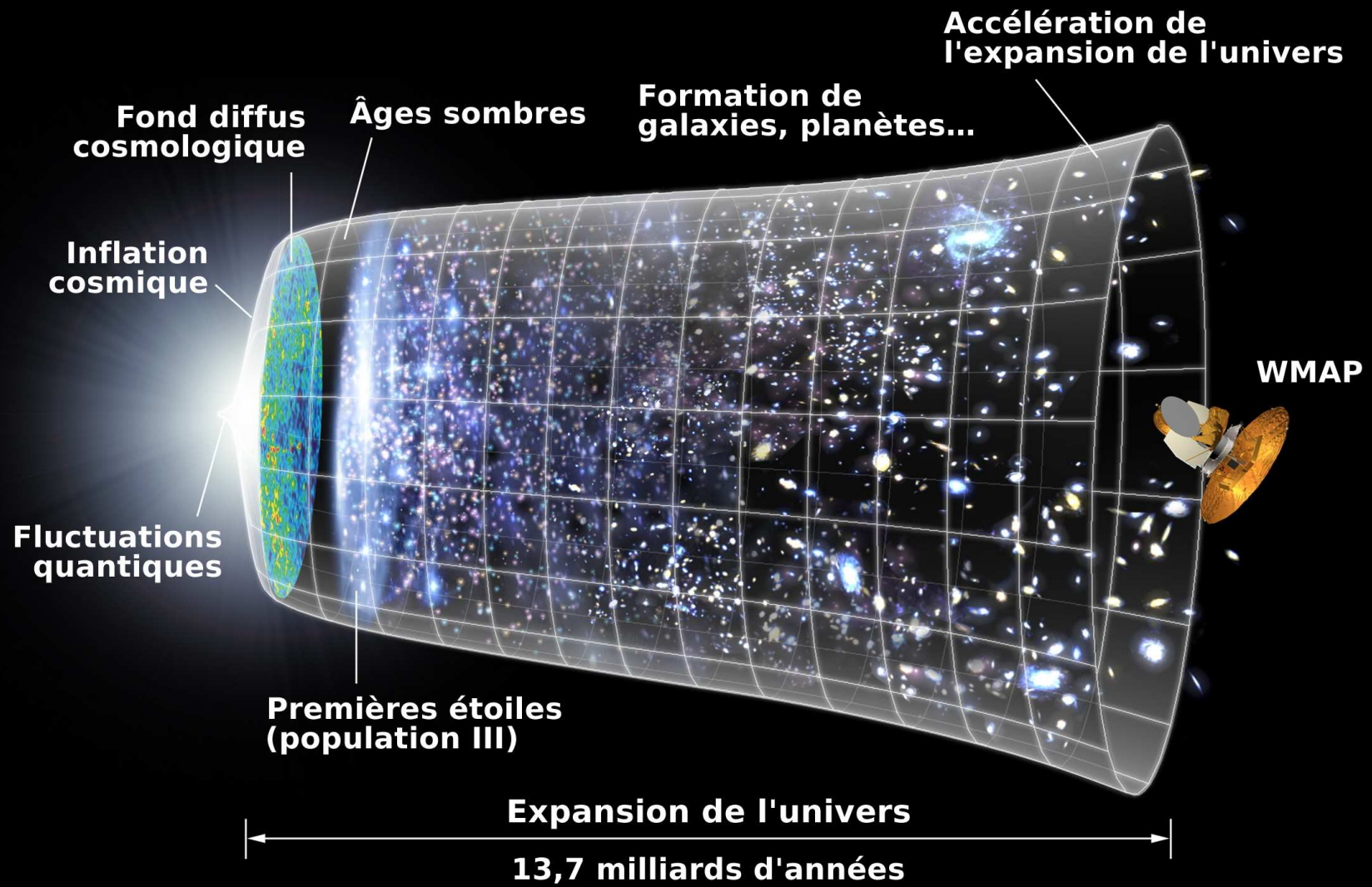


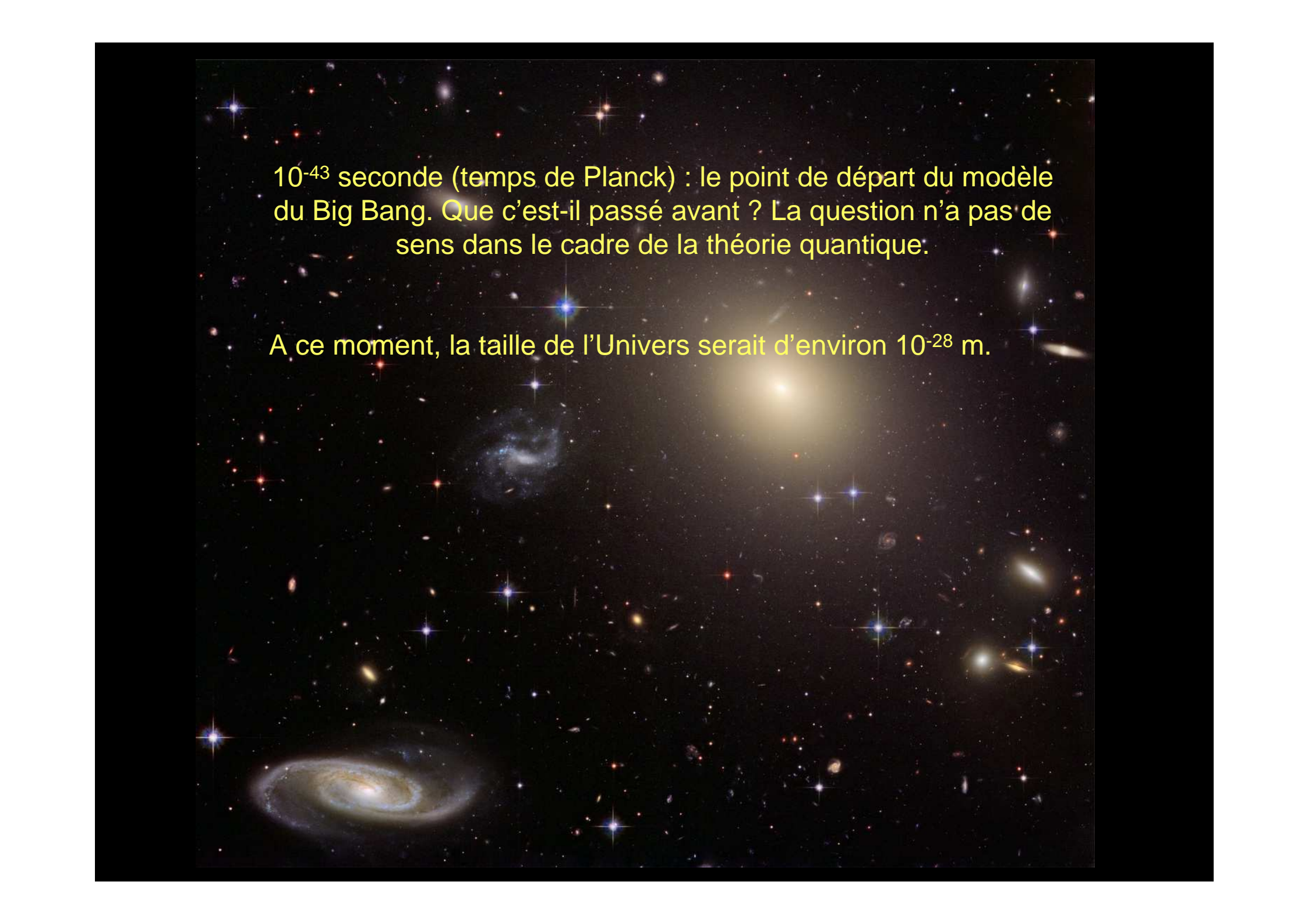


The Planck one-year all-sky survey



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

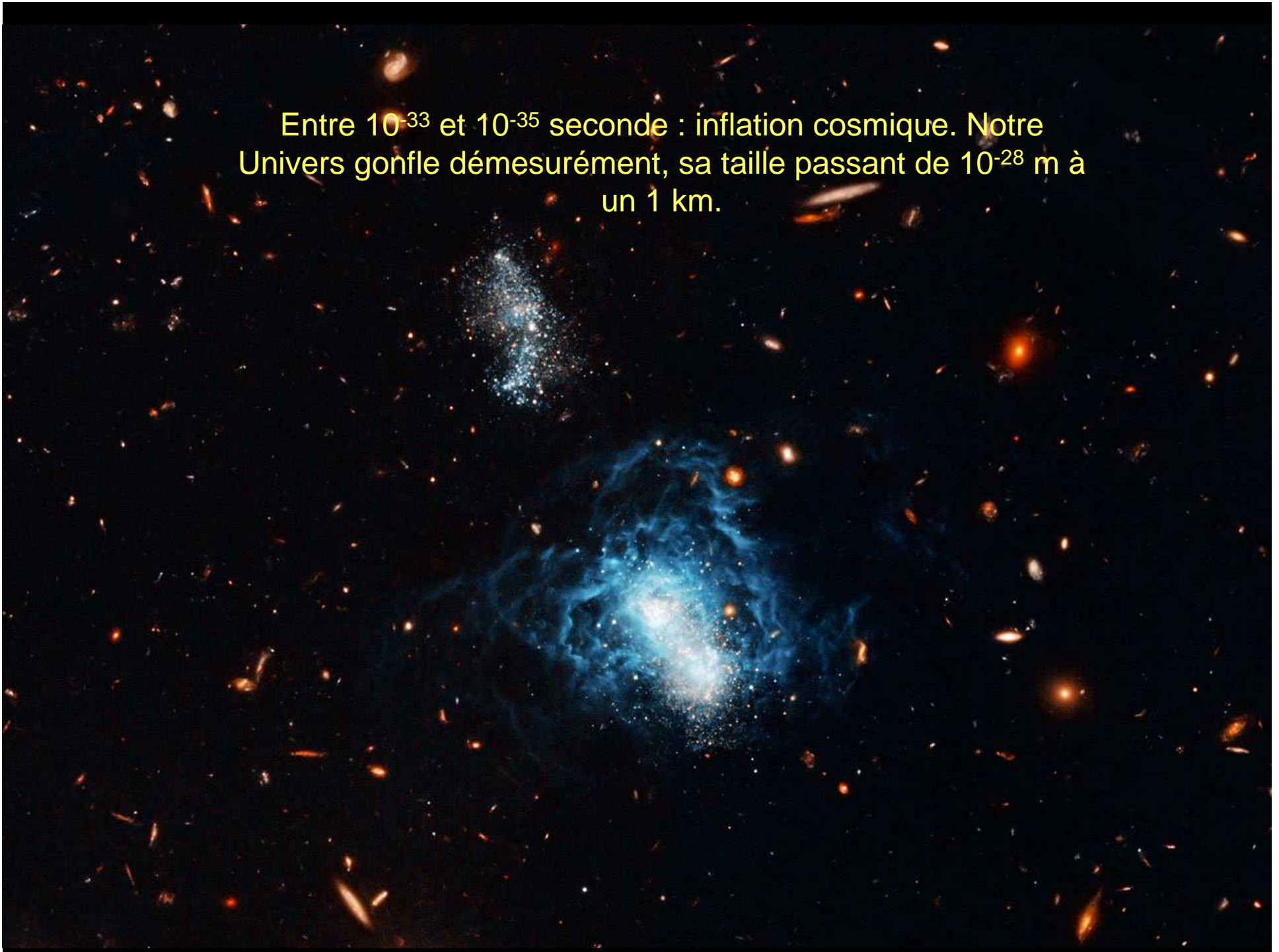


A deep field image of the universe, showing a vast field of galaxies and stars. The galaxies are of various shapes and sizes, including spiral, elliptical, and irregular forms. The stars are scattered throughout the field, with some appearing as bright, multi-pointed sources. The background is a deep black, punctuated by the light of these celestial objects.

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) radiation map showing temperature fluctuations across the sky. The map features a central bright blue region, likely representing the galactic center, surrounded by a complex pattern of red, orange, and yellow filaments and spots against a dark background. Numerous bright stars are visible as white and blue points of light.

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.

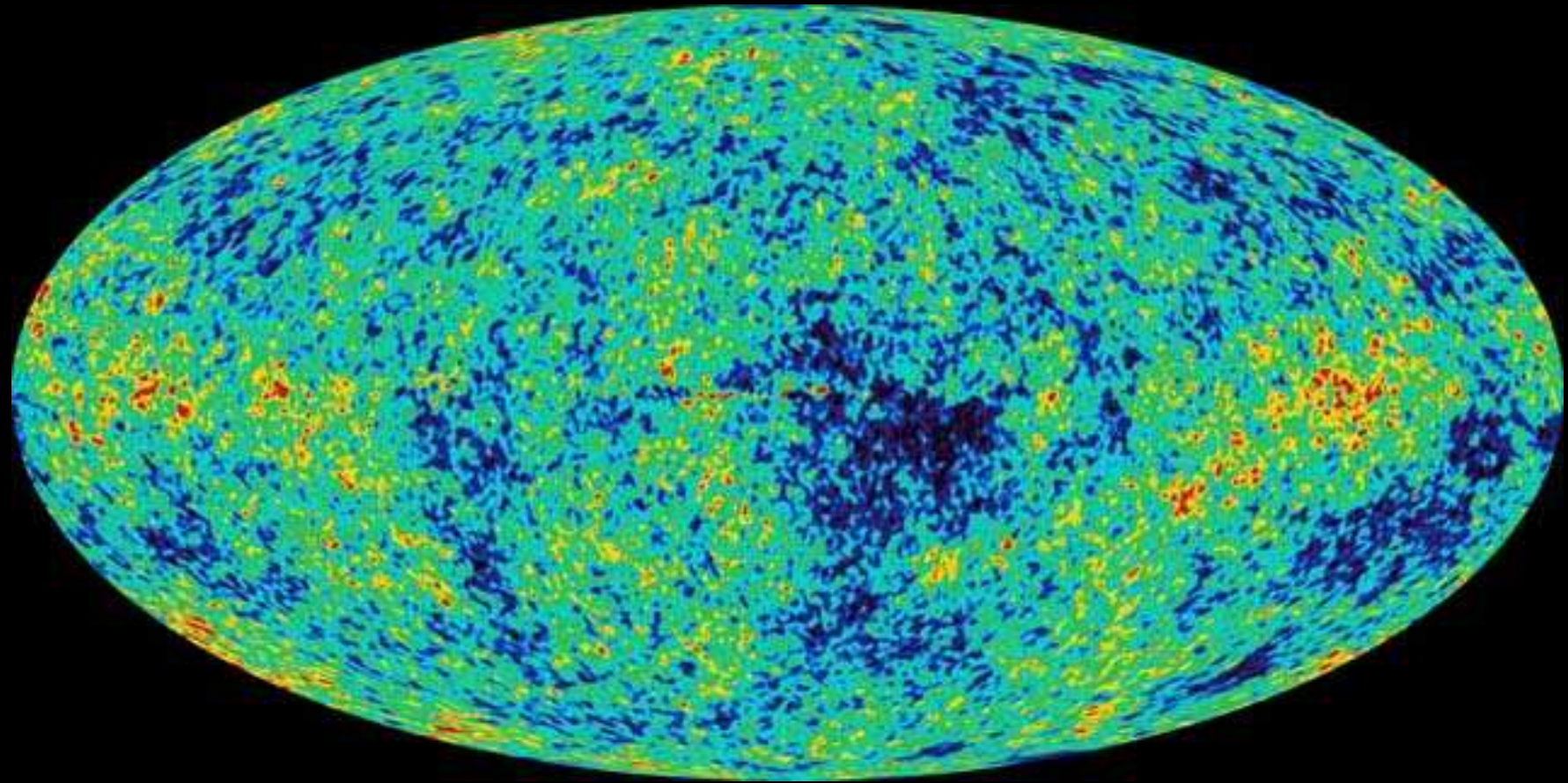
Entre 20 minutes et 380000 ans, l'Univers poursuit son expansion et son refroidissement. Les photons sont présents, mais constamment absorbés par les électrons. L'univers est toujours opaque





T= 380000 ans : l'expansion se poursuit. La force électromagnétique rentre en jeu : 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.

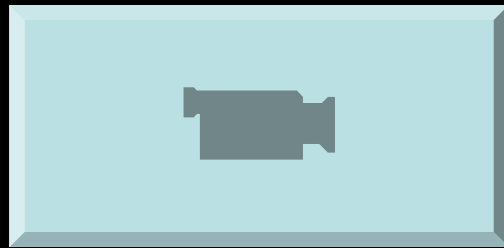


Le fond diffus cosmologique
cartographié par WMAP

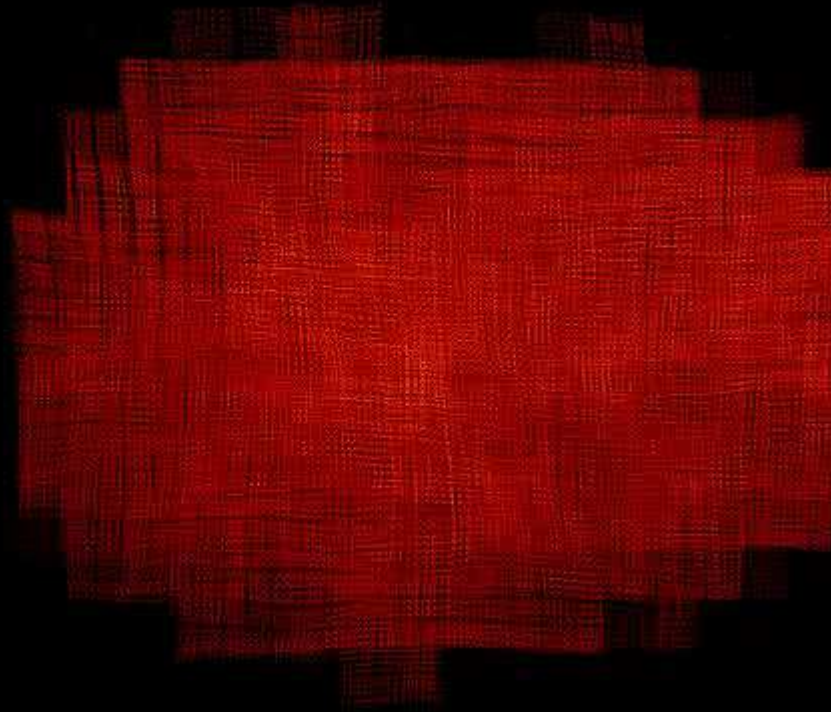
- 4 % de matière baryonique (protons, neutrons)
- 26% de matière noire
- 70% d'énergie noire

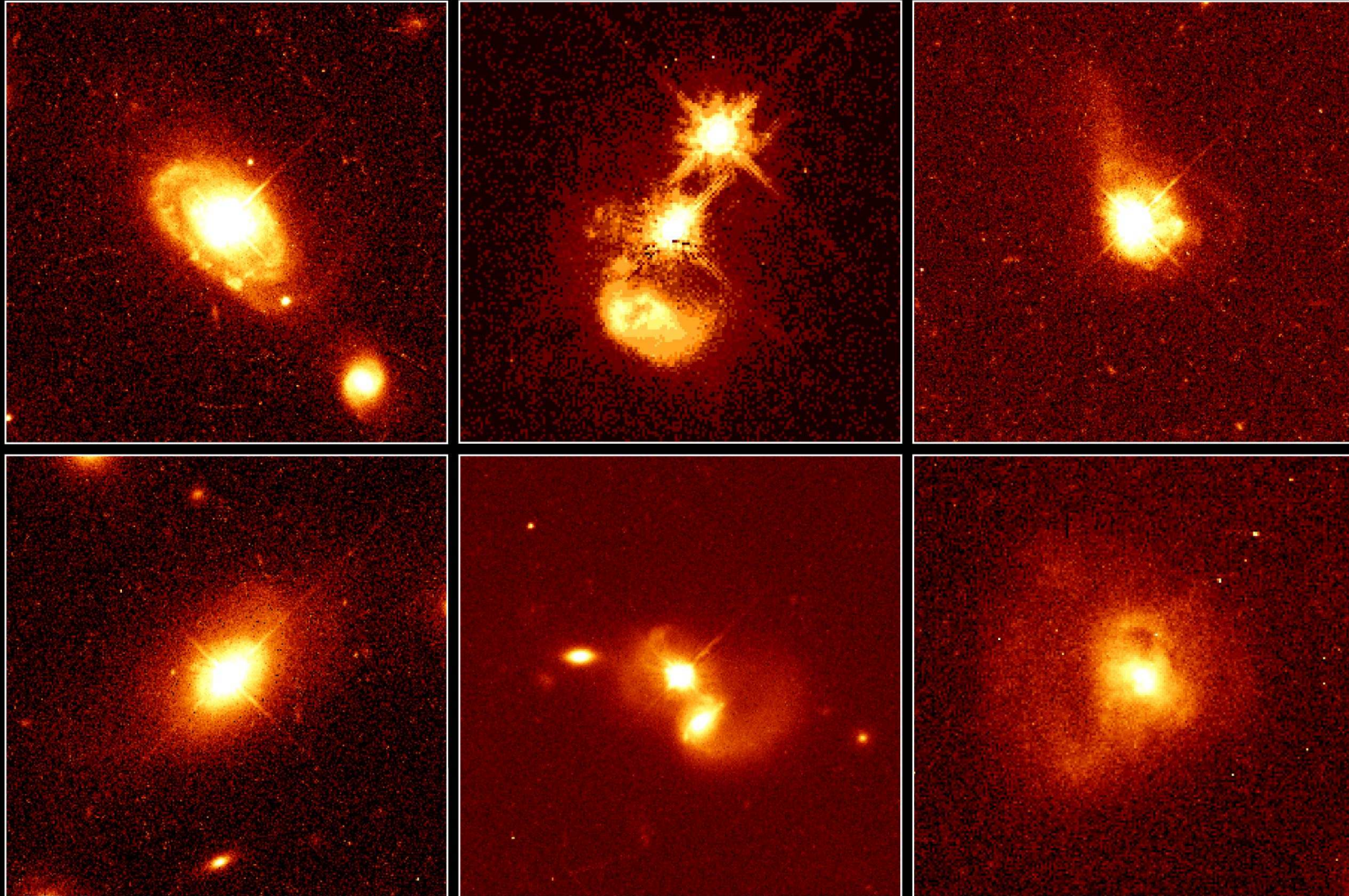
T = 100 à 200 millions d'années : formation des premières galaxies ??? Aujourd'hui on observe des galaxies déjà bien formées qui semblent être âgées de 700 millions d'années.





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

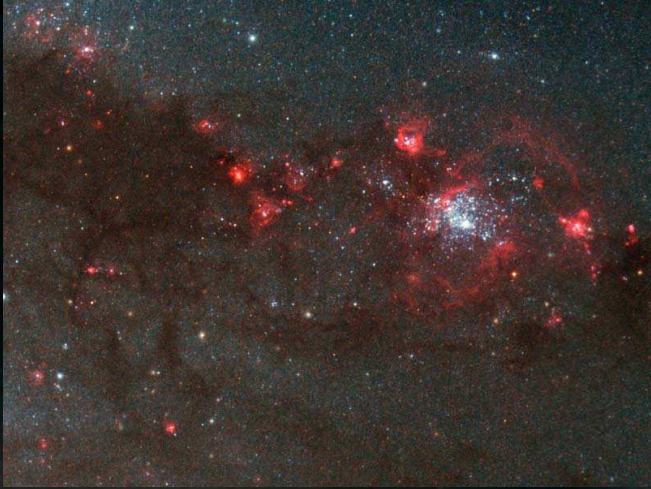




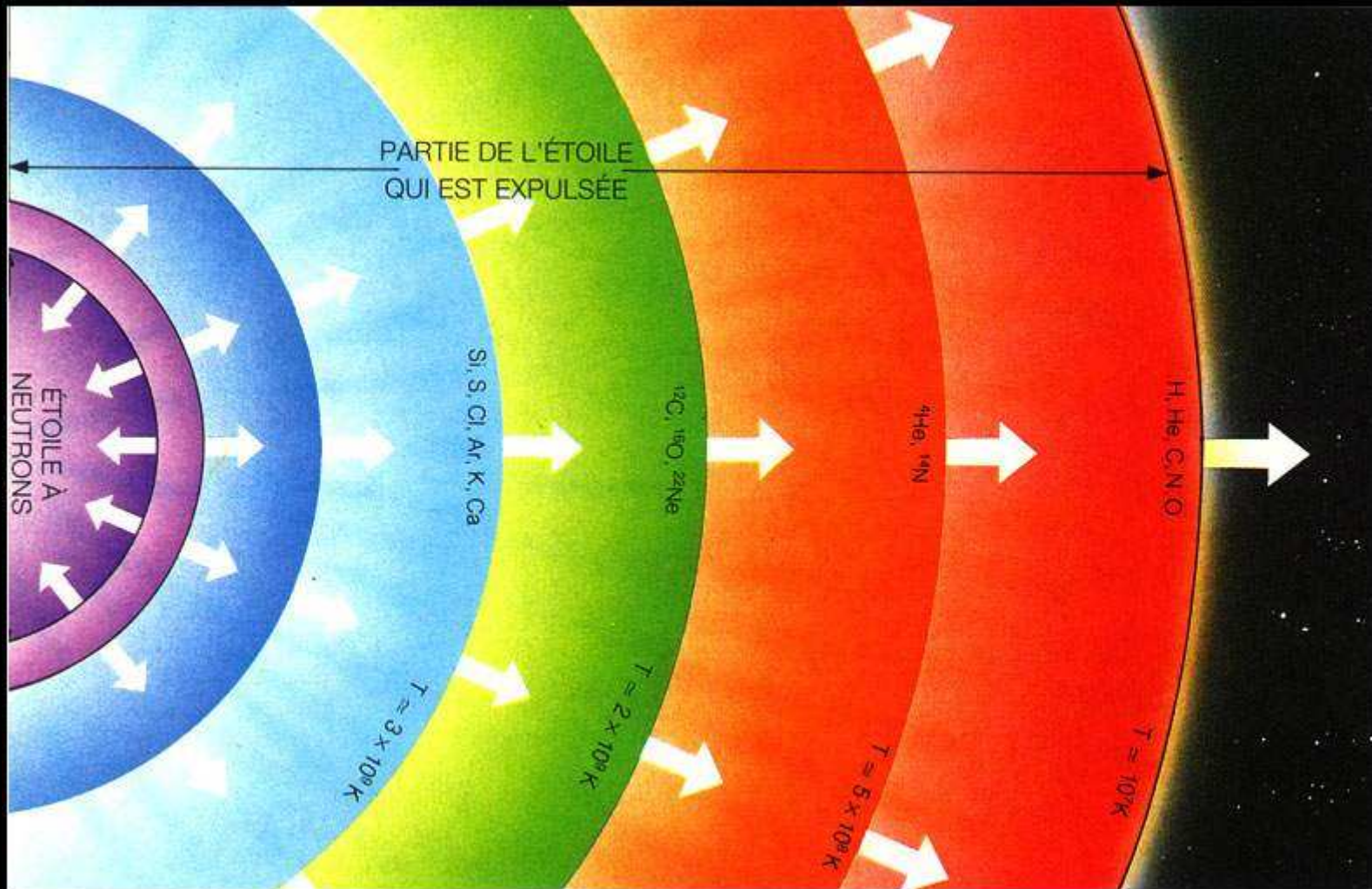
Quasar Host Galaxies

Hubble Space Telescope • Wide Field Planetary Camera 2

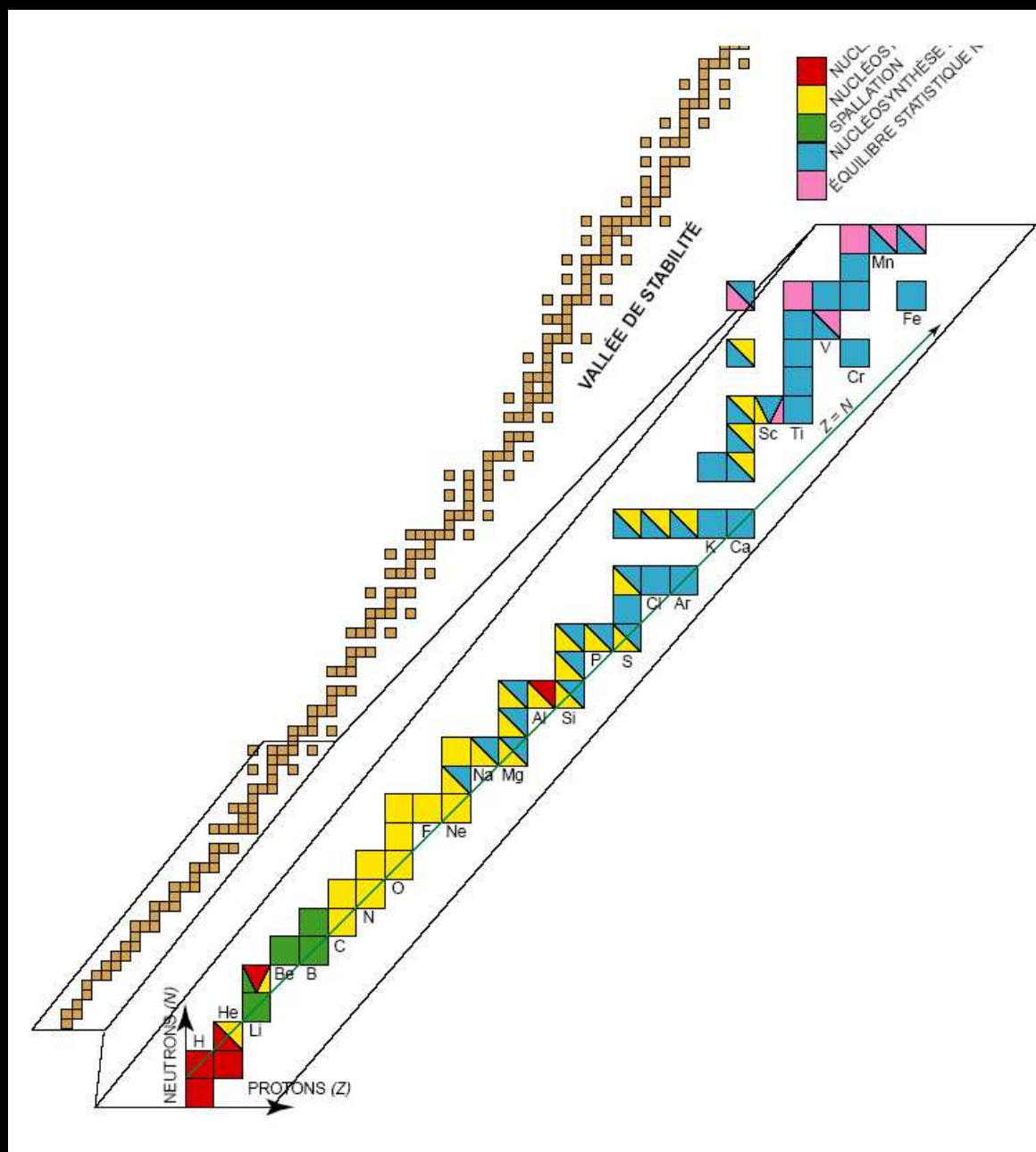
Dans les galaxies, de très nombreuses
nébuleuses vont donner naissance aux
premières générations d'étoiles.

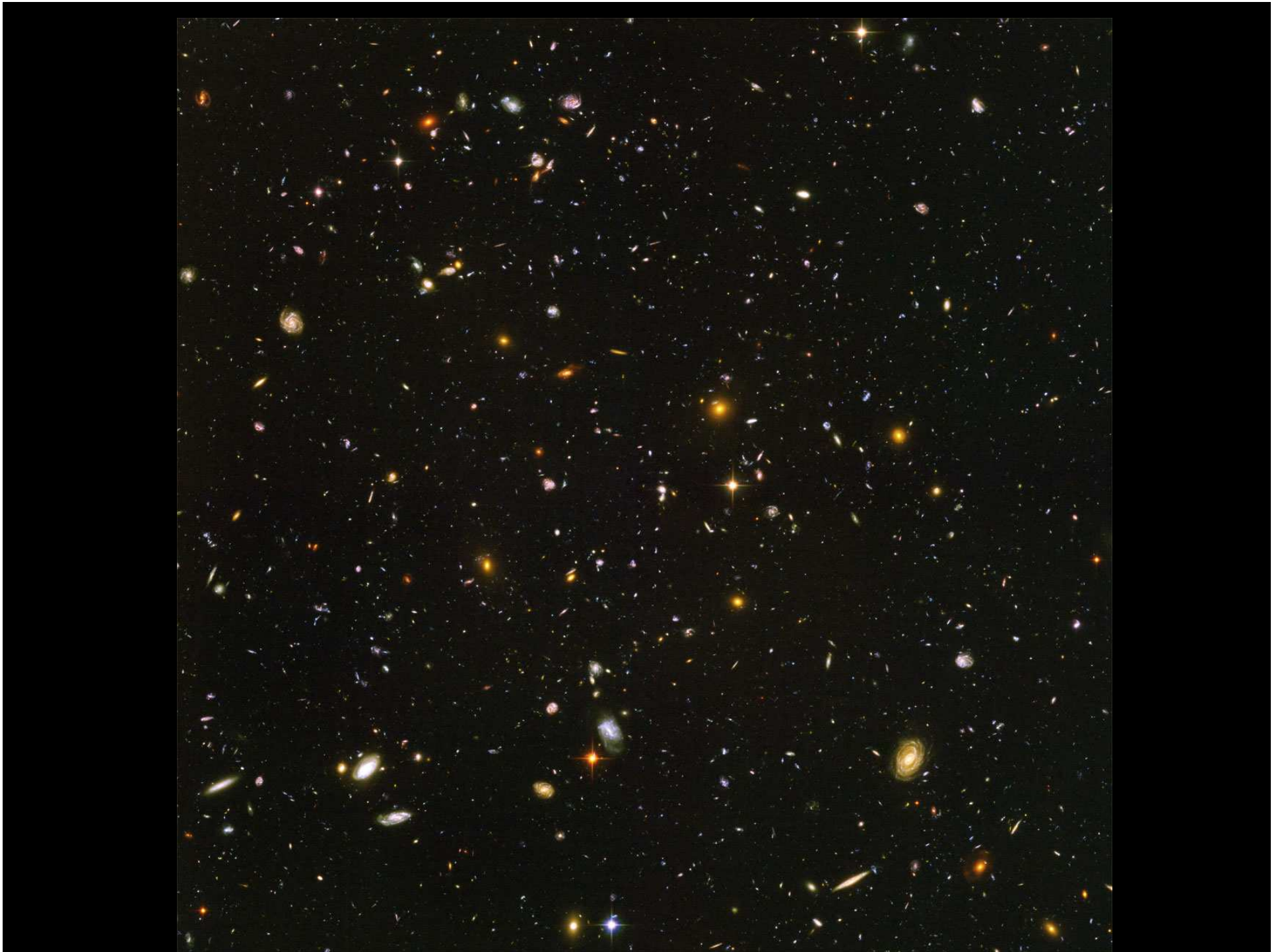


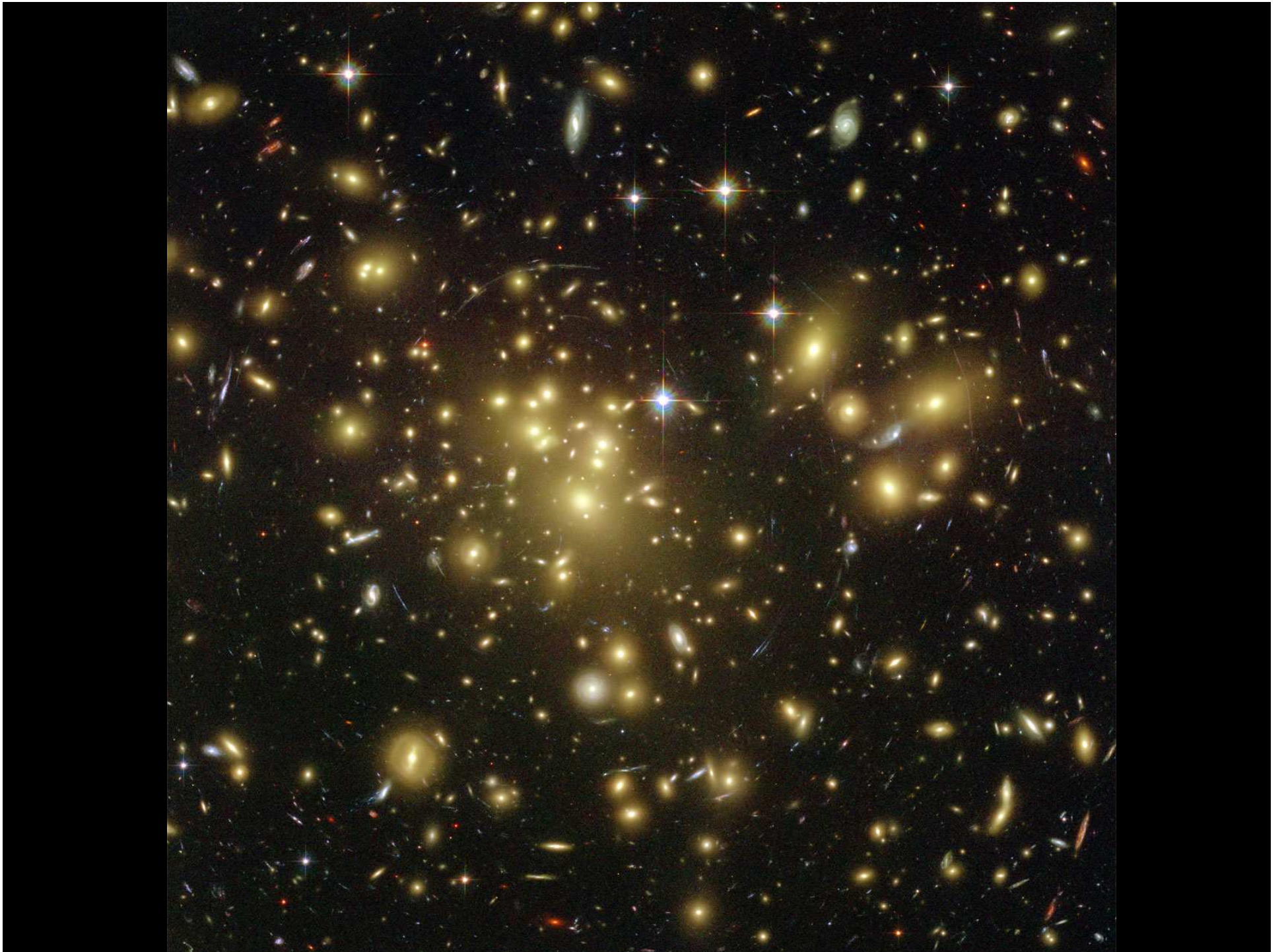
Les étoiles de premières générations sont bien souvent des étoiles supermassives dont la durée de vie est de quelques millions d'années. En se transformant en supernova, elles synthétisent les éléments les plus élaborés qui ensemencent l'Univers : la nucléosynthèse stellaire.



La fabrication des éléments

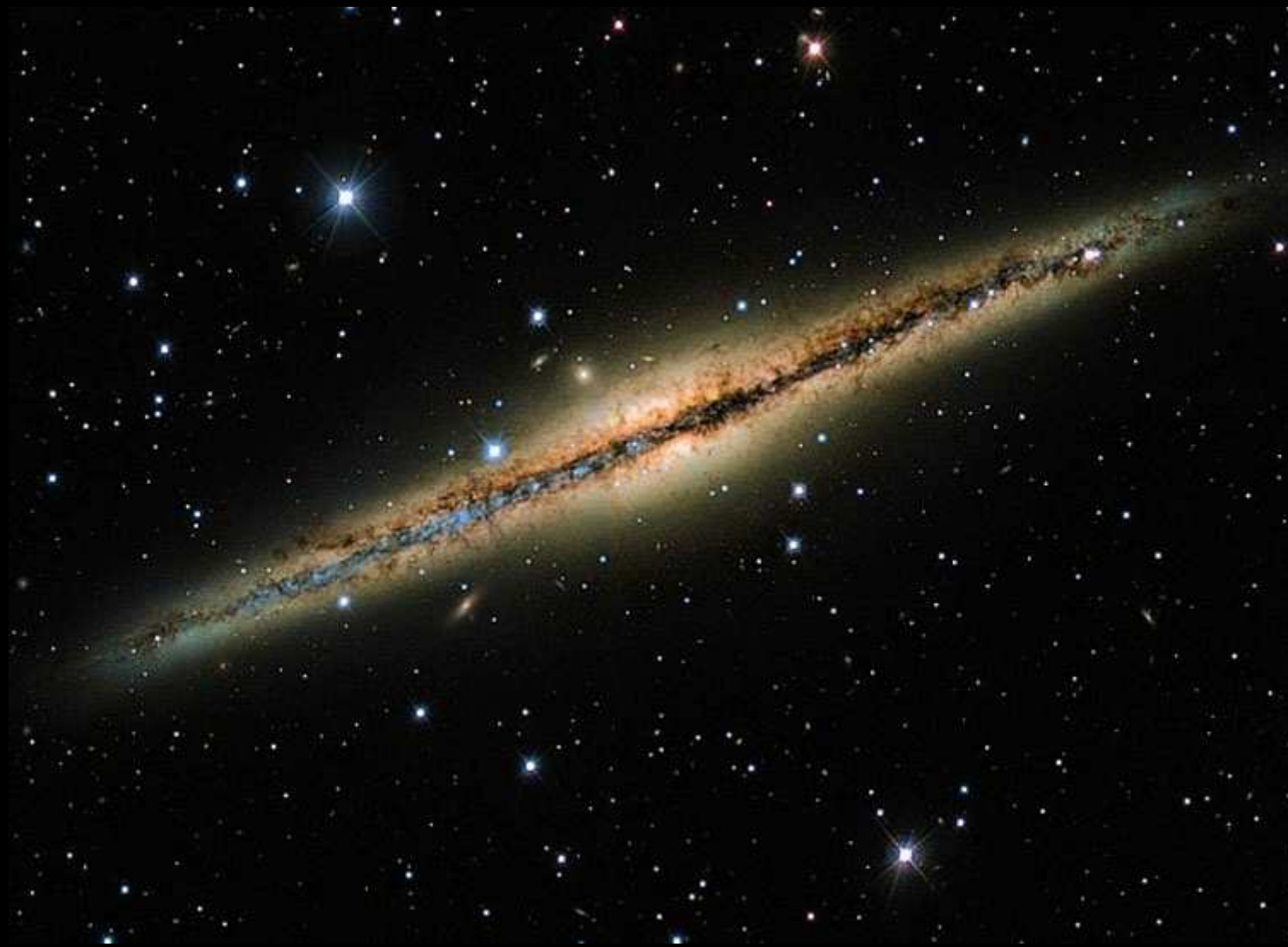










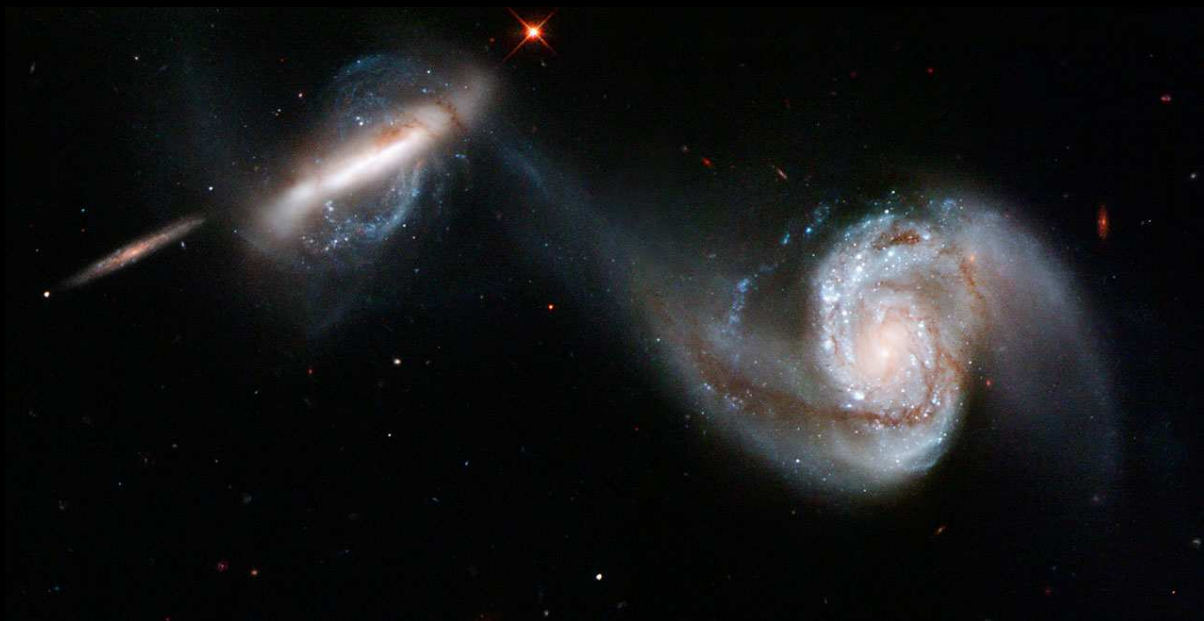
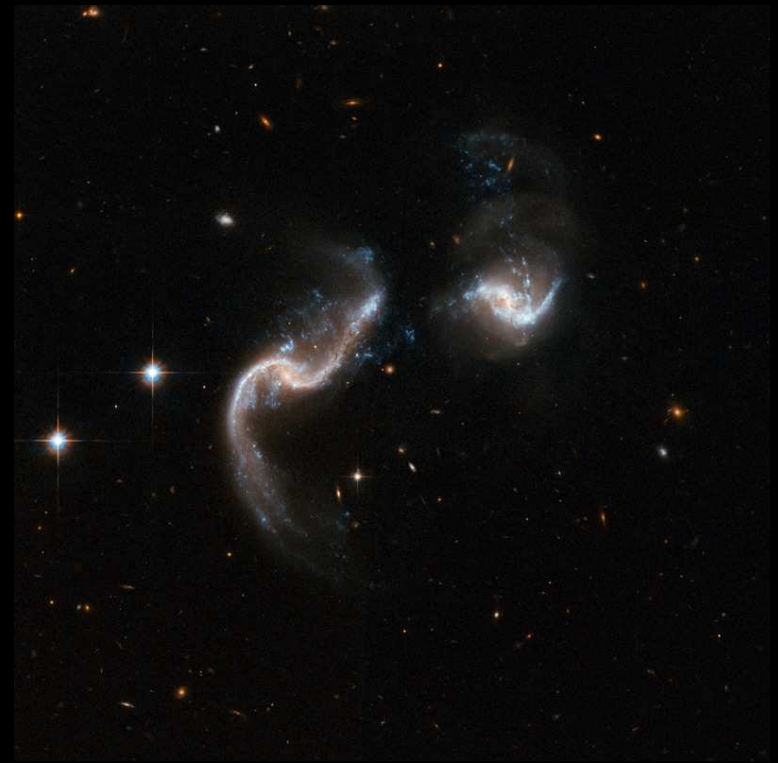
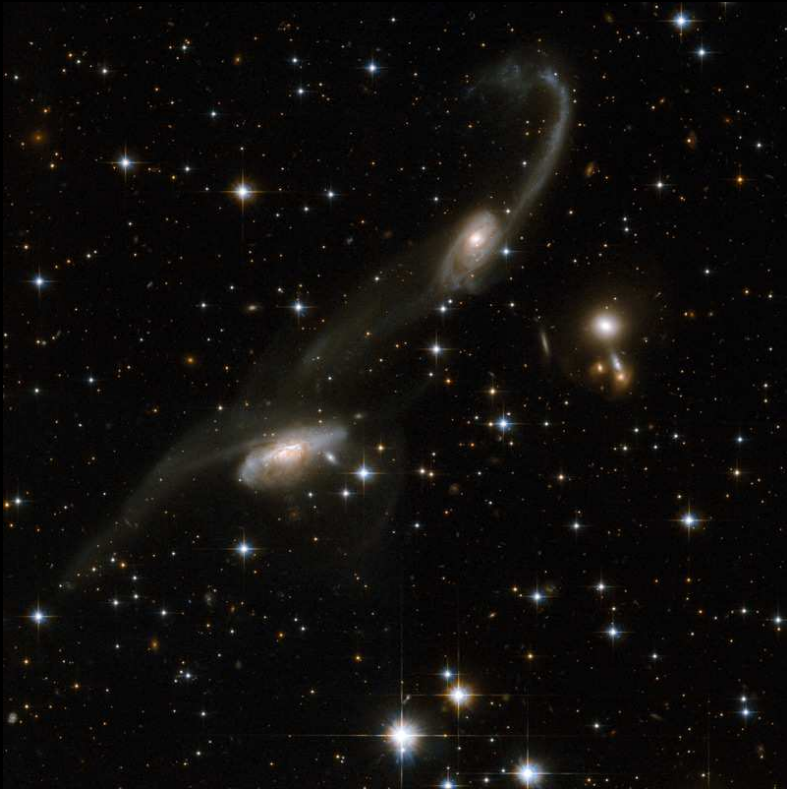












L'inventaire galactique



**Les nébuleuses diffuses :
les pouponnières d'étoiles**



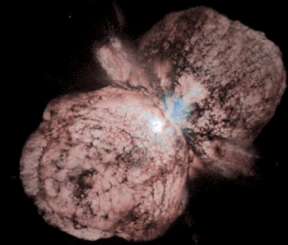
**Des rassemblements
de jeunes étoiles : les
amas ouverts**



**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



**Blue-white
Supergiant**
150 solar masses

Red Giant

Very old stars that
evolve from stars of
<5 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^{er} janvier
à 0 h 00'



Big Bang

1^{er} 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 XXI^e siècle