

L'Univers est en expansion continue et il se refroidit. Constat sur lequel est fondé le modèle du big bang qui reconstitue l'évolution de l'Univers, des particules élémentaires aux galaxies... Jusqu'à atteindre un seuil à partir duquel les observations ne sont plus possibles et les théories plus opératoires.

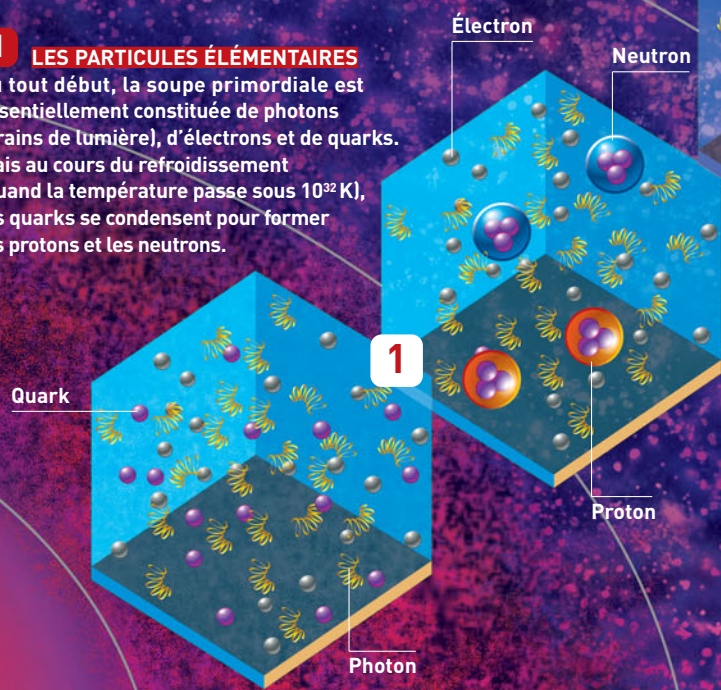
Le modèle du **big bang**

LE PRINCIPE

Observant que les galaxies lointaines s'éloignent les unes des autres, les astrophysiciens en ont déduit que l'Univers est en expansion et que, dans sa phase primordiale, il était très dense et très chaud. Les particules élémentaires formaient un plasma si chaud qu'elles ne pouvaient s'associer. Mais le refroidissement progressif induit par l'expansion de l'Univers a permis la constitution de structures de plus en plus complexes : noyaux, atomes, étoiles, galaxies... La mesure du rythme de cette expansion date l'Univers à 13,7 milliards d'années.

1 LES PARTICULES ÉLÉMENTAIRES

Au tout début, la soupe primordiale est essentiellement constituée de photons (grains de lumière), d'électrons et de quarks. Mais au cours du refroidissement (quand la température passe sous 10^{32} K), les quarks se condensent pour former les protons et les neutrons.

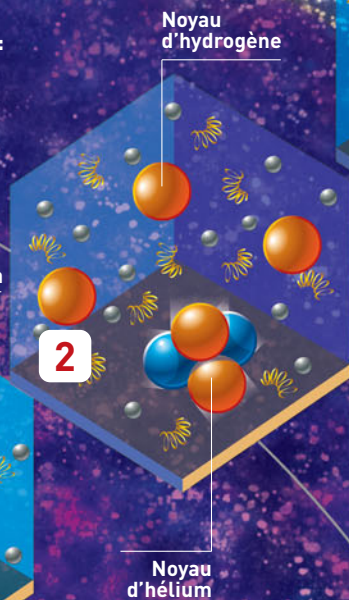


Durée : 1 seconde

2

2 LES NOYAUX ATOMIQUES

Une seconde après le big bang, la température de l'Univers est de 10^{10} K, permettant aux neutrons et aux protons (noyaux d'hydrogène) de former les premiers noyaux d'hélium. Cette période dite de nucléosynthèse primordiale ne dure que 3 minutes... Ensuite, l'Univers devient trop froid pour conduire à la formation de noyaux plus lourds.



3 minutes

3

3 LES ATOMES

Au bout de 380 000 ans, la température de l'Univers est d'environ 3000 K : les électrons se lient alors aux noyaux pour former les premiers atomes neutres. Les photons, jusque-là prisonniers de la soupe primordiale, se propagent librement en un rayonnement qui continue aujourd'hui d'inonder l'Univers. Ce rayonnement fossile (fond diffus cosmologique) est observable dans la gamme des micro-ondes.



380 000 ans

4

4 LES GALAXIES ET LES ÉTOILES

La matière s'est structurée peu à peu sous l'influence de la gravité, permettant au bout de 700 millions d'années la formation d'objets cosmiques selon la hiérarchie : étoiles, galaxies, amas de galaxies... À partir des noyaux primordiaux (hydrogène et hélium), toutes les étoiles fabriquent des noyaux plus lourds en leur cœur, mais seules les plus massives enrichissent le milieu interstellaire car elles explosent en supernovæ. L'Univers compte environ 100 milliards de galaxies, dont la nôtre, la Voie lactée, qui contient plus de 200 milliards d'étoiles.

Vers le présent

PERCER LE MYSTÈRE DES ORIGINES ?

Les instants précédant l'émission du rayonnement fossile sont inaccessibles car la matière était alors opaque à la lumière. Faute de pouvoir observer directement ces régions avec des télescopes, les physiciens poursuivent leurs investigations avec des collisionneurs de particules (comme le LHC) pour recréer les conditions physiques qui étaient celles de l'Univers primordial.

À SAVOIR

0 K = -273,15 °Celsius.
La température actuelle de l'Univers est environ de 3 K (-270,15 °C).
Dans la période la plus ancienne, elle atteint jusqu'à 10^{42} K.

AU CEA

Tous les services du CEA-Irfu sont impliqués dans l'exploration de l'Univers, tant dans la conception d'instruments d'observation que dans l'analyse de données ou dans la réalisation de modèles théoriques.