

Le modèle du big-bang

Le big-bang est souvent associé à la genèse de l'Univers, provoquée par une gigantesque explosion. Or il s'agit du modèle physique qui reconstitue l'évolution de l'Univers sur 13,7 milliards d'années; en deçà, les théories n'opèrent plus. Ce modèle se fonde notamment sur l'observation d'un Univers en expansion qui se refroidit. Il décrit comment les particules élémentaires qui le composent s'assemblent au fur et à mesure de son refroidissement en des structures de plus en plus complexes: noyaux, atomes, étoiles, galaxies...

1 PARTICULES ÉLÉMENTAIRES

Il y a 13,7 milliards d'années, l'Univers est une « soupe primordiale » très dense de 10^{43} degrés Kelvin, constituée de photons, d'électrons, de quarks et de gluons. Son expansion abaisse la température à 10^{32} K, favorable à la condensation des quarks et des gluons, qui forment ainsi les protons et les neutrons.

2 NOYAUX ATOMIQUES

Une seconde après, la température chute à 10^{10} K: les neutrons et protons forment les premiers noyaux d'hydrogène (1 proton) et d'hélium (2 protons, 2 neutrons). Cette période, dite « nucléosynthèse primordiale », dure trois minutes. Ensuite, l'Univers n'est plus assez dense et trop froid pour occasionner les collisions de particules qui formeraient des noyaux plus lourds.

3 ATOMES

Bien plus tard, 380 000 ans, la température est descendue à 3 000 K: les électrons se lient 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, le fond diffus cosmologique, est observable dans la gamme des micro-ondes.

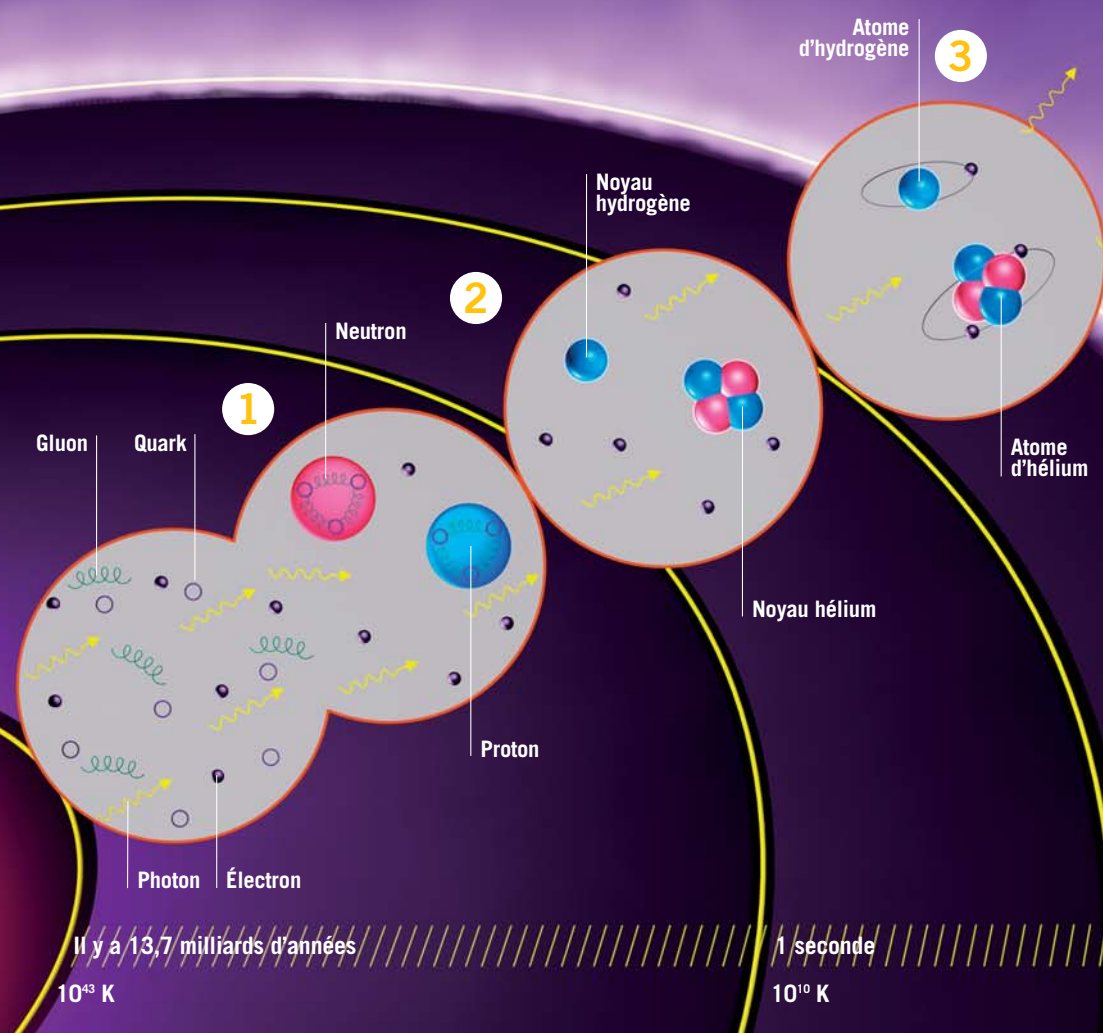
$K = ^\circ C + 273,15$;
soit $0 K = - 273,15 ^\circ C$;
 $3 K = 270,15 ^\circ C$

4 ÉTOILES ET GALAXIES

Au bout de 700 millions d'années, la matière se structure progressivement, sous l'influence de la gravité, en objets cosmiques: 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 en explosant en supernovae. Aujourd'hui, la température est de 3 K et l'Univers compte 100 milliards de galaxies, dont la Voie lactée qui contient plus de 200 milliards d'étoiles.

Observation, expérimentation & théorie

>> L'Univers est observé par les télescopes qui en restituent des images dans toute une gamme de longueurs d'onde. Mais les instants précédant l'émission du rayonnement fossile sont inaccessibles à l'observation car, à cette période, la matière était opaque à la lumière. Les physiciens poursuivent alors leurs investigations en expérimentant sur des collisionneurs de particules (comme le LHC) qui peuvent recréer les conditions physiques (notamment d'énergie) de l'Univers primordial. Mais à partir d'un seuil, les théories physiques n'opèrent plus: c'est le fameux mur de Planck qui empêche, pour l'instant, de connaître les conditions qui régnaient au-delà d'une énergie de 10^{19} GeV, et en deçà de 10^{-43} s après le big-bang.



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.