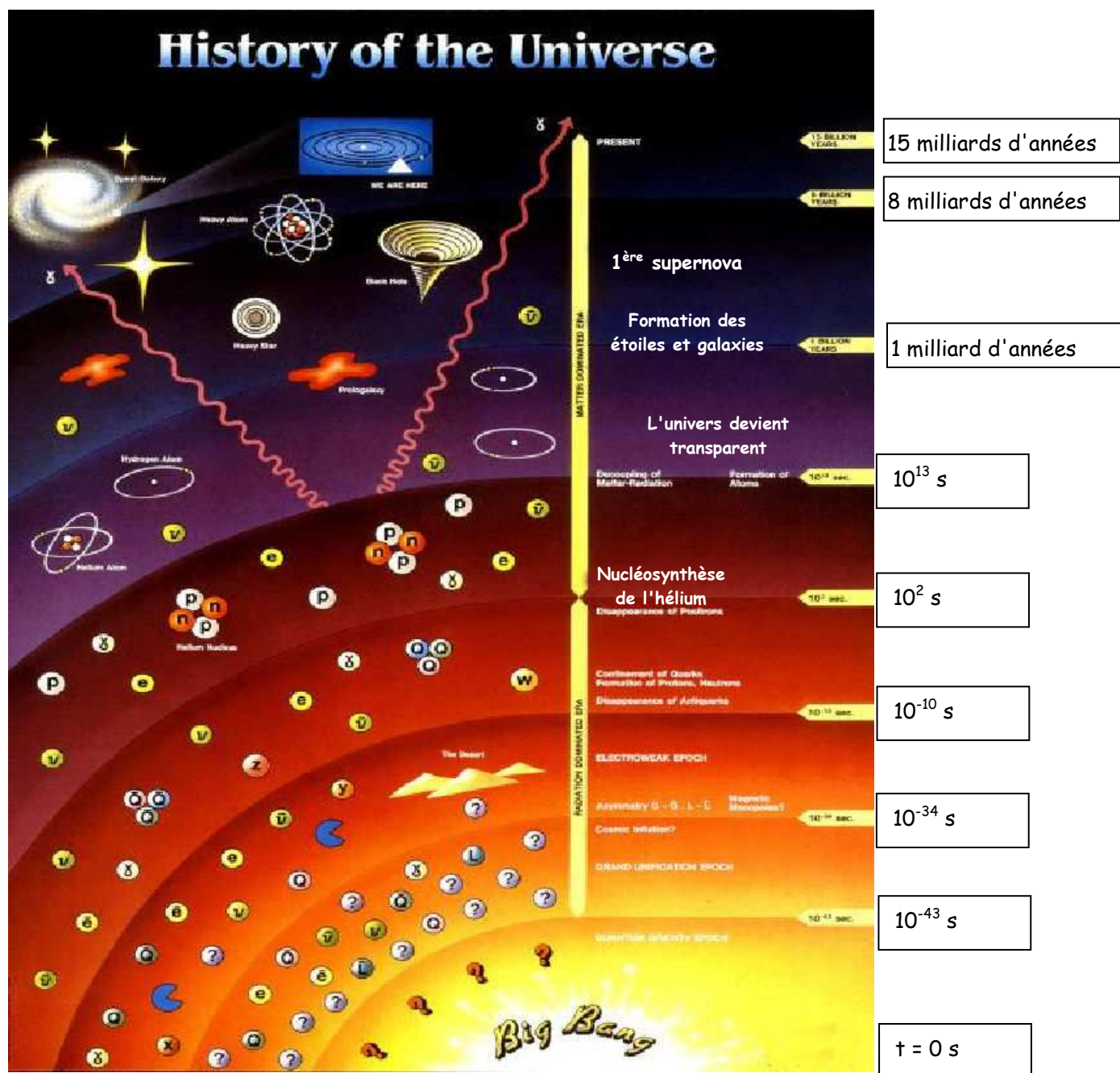


LA PHYSIQUE DU BIG BANG

Après avoir étudié l'organisation et la disposition des étoiles, on va aujourd'hui regarder à l'intérieur de celles-ci.

Pour cela, il faut remonter au début de l'univers : le big bang.

Le schéma ci-dessous décrit l'évolution de l'univers de sa création à nos jours



Les trois premières étapes sont encore le sujet de beaucoup d'études et de spéculations mais le déroulement général est bien admis par la totalité de la communauté scientifique.

A l'aide des informations précédentes et des documents en fin d'activité, on peut répondre à beaucoup de questions sur le cœur des étoiles et leur évolution :

1. De quoi sont précisément composés les noyaux d'hydrogène et d'hélium ?
2. Au bout de quelle durée, les atomes sont-ils apparus ? De quoi sont-ils formés ?
3. Pourquoi les atomes ne se forment-ils qu'après autant de temps ?
4. Pourquoi la nucléosynthèse ne se fait-elle que dans les étoiles ou au moment du Big Bang ?
5. L'hydrogène est l'élément le plus abondant dans l'Univers. Le sera-t-il toujours ?
6. D'où viennent la plupart des éléments chimiques que l'on trouve sur Terre et dans l'Univers ?
7. "L'Univers devient transparent" signifie que la lumière peut s'y propager. Quel est le phénomène qui rend possible cette "libération" ?
8. Qu'a entraîné la baisse de température de l'Univers après quelques minutes ?
9. Dans ces premières minutes de l'Univers, y a-t-il eu création de l'élément carbone, l'élément essentiel de la vie sur Terre ?
10. Comment se fait-il que la température de l'Univers actuel soit de -271°C alors que des milliards de milliards d'étoiles dégagent énormément de chaleur ?
11. Si on pouvait fusionner parfaitement un noyau de carbone et un noyau d'oxygène, quel serait le résultat (aider vous de la classification périodique de votre livre et des exemples à la fin de la feuille) ?
12. Question bonus : Pourquoi les réactions qui se font au cœur des étoiles ne sont-elles pas des réactions chimiques ?

Lexique

photon : particule de lumière (symbole γ)

quark : composant des protons et des neutrons

Le Big Bang

- L'explosion primordiale du Big Bang serait à l'origine de l'Univers il y a 13,7 milliards d'années. Il n'y avait pas d'atomes, seulement une « soupe » de particules fondamentales (des quarks et des électrons) infiniment plus dense que l'eau.
- Trois minutes après le Big Bang, les quarks commencèrent à s'associer pour former le plus simple des noyaux atomiques, celui de l'hydrogène composé d'un seul proton.
- 380 000 ans après le Big Bang, la température était descendue à 3000°C et l'hélium put capturer les électrons libres, devenant des atomes. Une fois les électrons piégés, les photons (la lumière) purent circuler. C'est le début de l'Univers visible.
- Au bout d'un million d'années, les atomes se regroupèrent sous l'action de la gravité en écharpes de gaz séparées par du vide.
- Après 300 millions d'années, ces gaz s'amalgamèrent en nuages plus denses puis, ayant atteint la masse critique, se contractèrent, formant étoiles et galaxies.

La nucléosynthèse primordiale (+ 3 minutes)

Moins de 380 000 ans après le Big Bang, l'Univers est composé d'un plasma d'électrons et de noyaux atomiques. Quand la température est suffisamment élevée, les noyaux atomiques eux-mêmes ne peuvent exister. On est alors en présence d'un mélange de protons, de neutrons et d'électrons. Dans les conditions qui règnent dans l'Univers primordial, ce n'est que quand sa température descend en

dessous de 0,1 MeV (soit environ un milliard de degrés) que les nucléons peuvent se combiner pour former des noyaux atomiques. Il n'est cependant pas possible de fabriquer ainsi des noyaux atomiques lourds plus gros que le lithium. Ainsi, seuls les noyaux d'hydrogène, d'hélium et de lithium sont produits lors de cette phase qui commence environ une seconde après le Big Bang et qui dure environ trois minutes. C'est ce que l'on appelle la nucléosynthèse primordiale.

La recombinaison (+ 380 000 ans)

380 000 ans après le Big Bang, alors que l'Univers est mille fois plus chaud et un milliard de fois plus dense qu'aujourd'hui, les étoiles et les galaxies n'existaient pas encore. Ce moment marque l'époque où l'Univers est devenu suffisamment peu dense pour que la lumière puisse s'y propager, essentiellement grâce au fait que le principal obstacle à sa propagation était la présence d'électrons libres. Lors de son refroidissement, l'Univers voit les électrons libres se combiner aux noyaux atomiques pour former les atomes. Cette époque porte pour cette raison le nom de recombinaison. Comme elle correspond aussi au moment où l'Univers a permis la propagation de la lumière, on parle aussi de découplage entre matière et rayonnement. Cette lueur a donc pu se propager jusqu'à nous depuis cette époque.

L'Univers aujourd'hui (+ 13,7 milliards d'années)

L'Univers est à l'heure actuelle extrêmement peu dense (quelques atomes par mètre cube) et froid (2,73 kelvins, soit -271 °C). En effet, s'il existe des objets astrophysiques très chauds (les étoiles), le rayonnement ambiant dans lequel baigne l'Univers est très faible. Ceci provient du fait que la densité d'étoiles est extrêmement faible dans l'Univers. L'observation astronomique nous apprend de plus que les étoiles ont existé très tôt dans l'histoire de l'Univers : moins d'un milliard d'années après le Big Bang, étoiles et galaxies existaient déjà en nombre.

Quelques minutes après le Big Bang

« Quelques minutes après le Big Bang, il y a 15 milliards d'années, il fait effroyablement chaud, si chaud que les briques élémentaires des noyaux atomiques, protons et neutrons, ne peuvent s'assembler. Cependant, l'expansion de l'Univers refroidit la soupe cosmique.

Pendant environ trois minutes, de petites constructions de deux protons et deux neutrons apparaissent. Ce sont des noyaux d'hélium. A mesure du refroidissement, les réactions nucléaires entre protons et neutrons deviennent impossibles. Aucun noyau plus lourd ne peut se former. L'Univers n'est alors composé que d'hydrogène (un proton) et d'hélium. Il est vide de nickel, mais aussi de tous les autres éléments. »

(Roland Lehoucq et Robert Mochkovitch, L'épopée du nickel, Pour la science)

La nucléosynthèse des premiers noyaux

