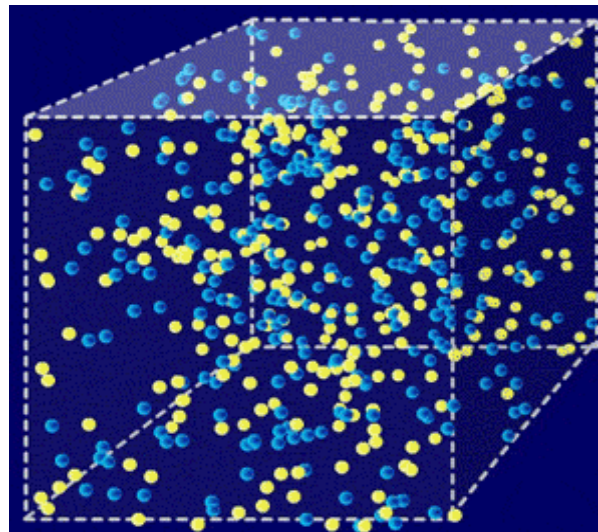
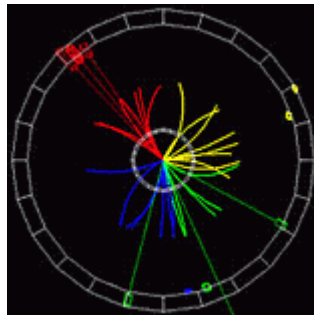


Ouverture sur l'univers et perspectives

Sylvie Dagoret-Campagne



Observation de l'Univers



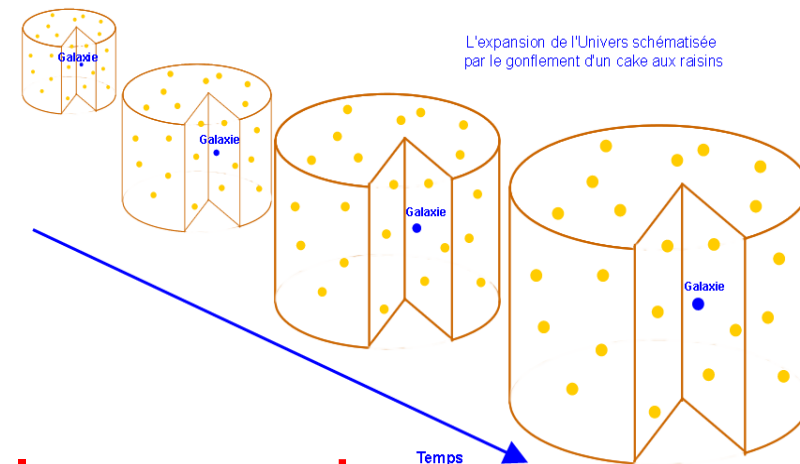
1. Edwin Hubble :
Découverte en 1929
du décalage
Vers le rouge de la lumière
Émise par les galaxies



Les galaxies s'éloignent les
unes des autres

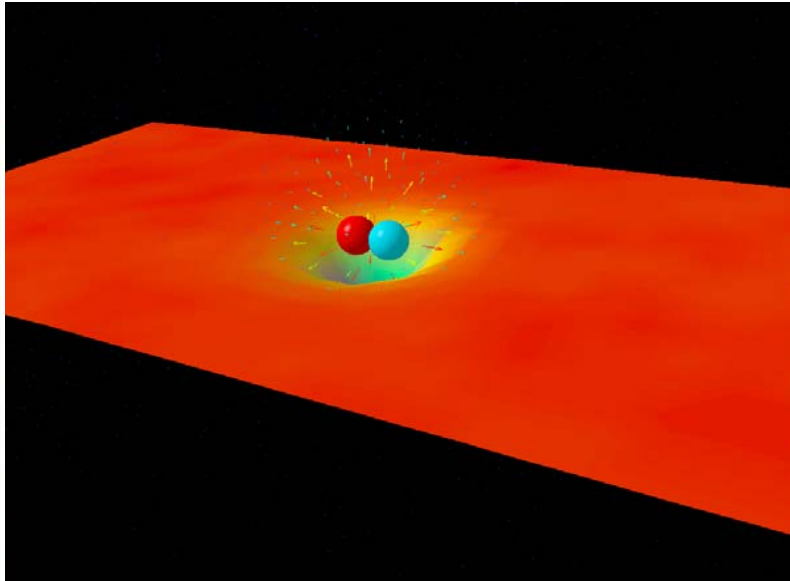


2. Découverte d'un rayonnement
fossile radio par Penzias et Wilson
en 1965

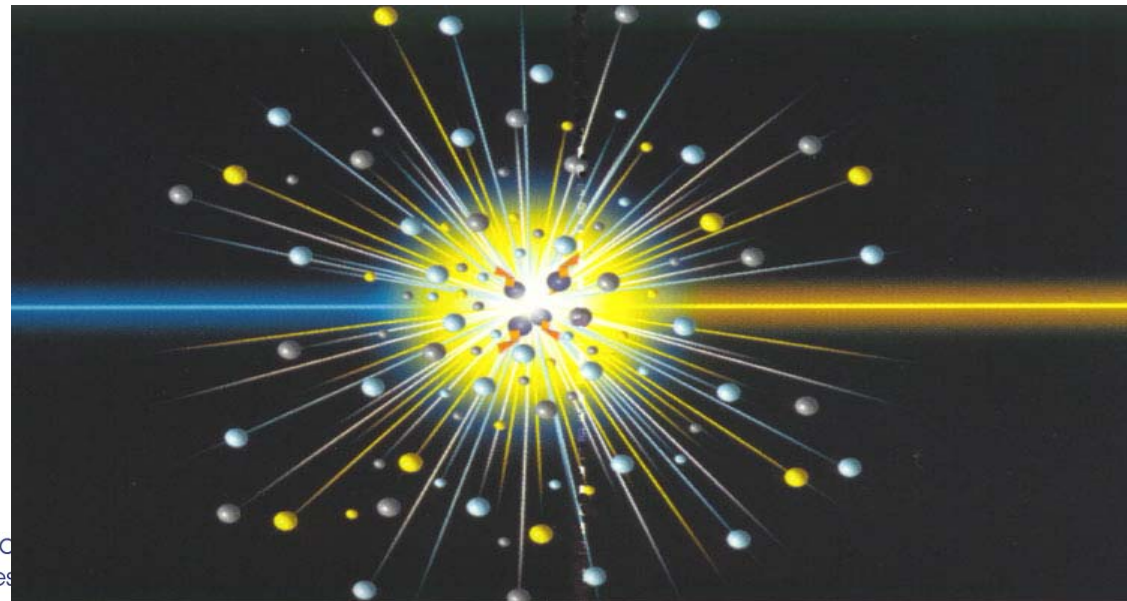


L'univers semble en expansion

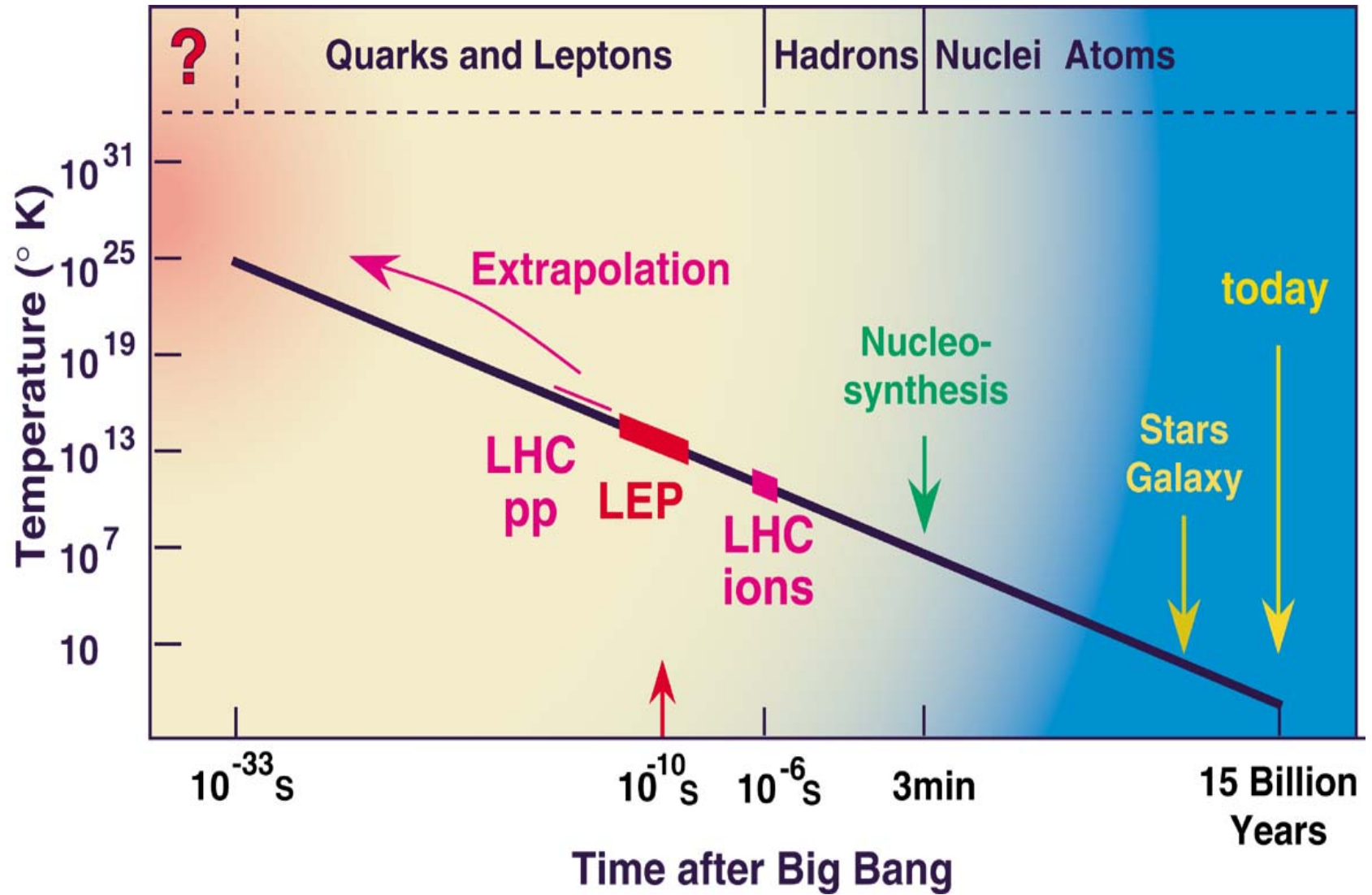
Réaliser des collisions de particules avec des énergies de plus en plus élevées



- On reproduit les conditions physiques qui se rapprochent de celles qui prévalaient au début de l'histoire de l'univers,
- On produit des particules élémentaires nouvelles,
- comprend mieux les lois de la nature



Lien entre histoire de l'univers et expériences sur accélérateurs de particules



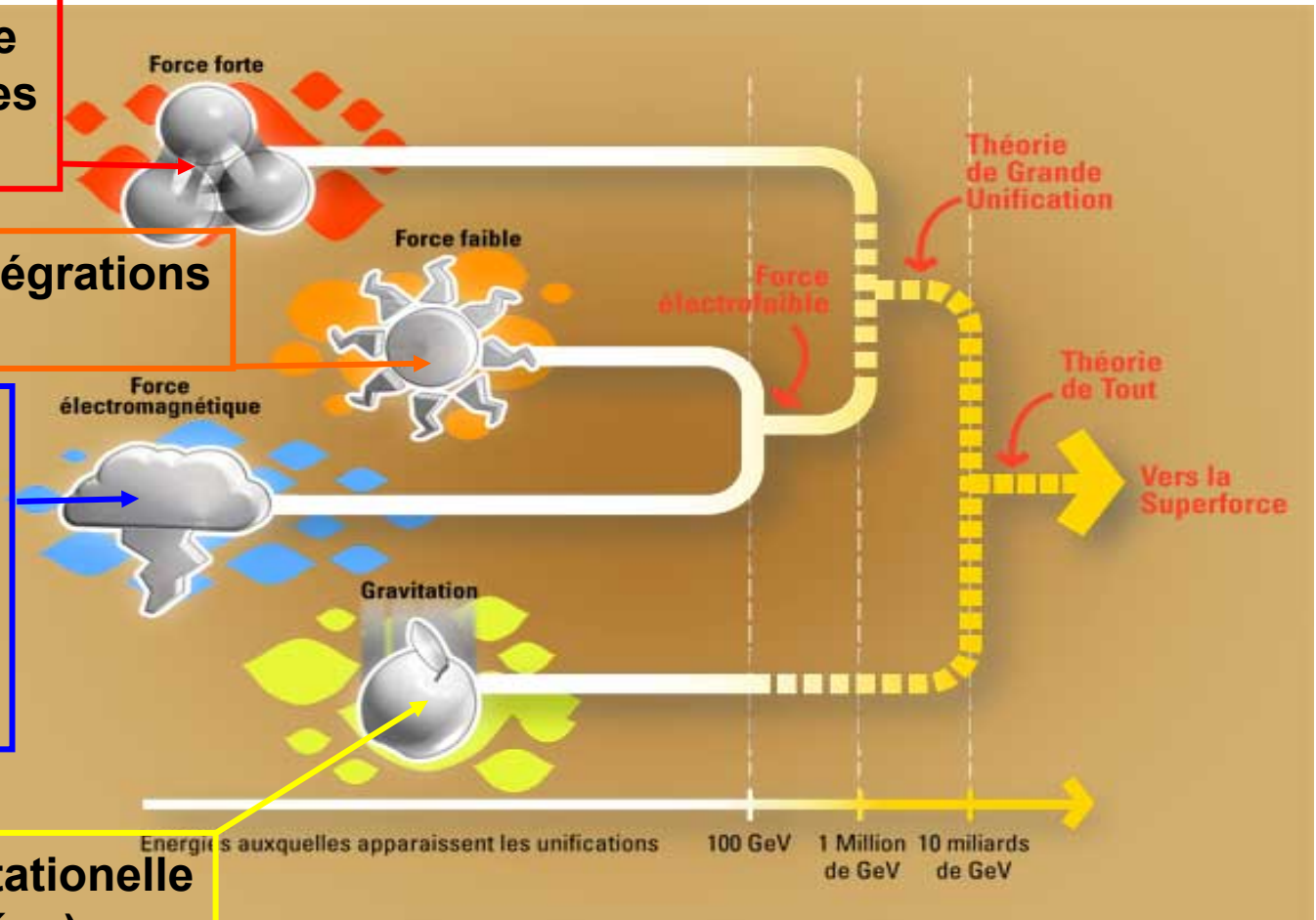
Disparité et similarité des forces dans la nature

Echelle d'énergie dans les centrales nucléaires

Certaines désintégrations Radioactives β

Échelle d'énergie macroscopique: Chimique, Physique, Biologique.

Attraction gravitationnelle Terre-lune (marées),...



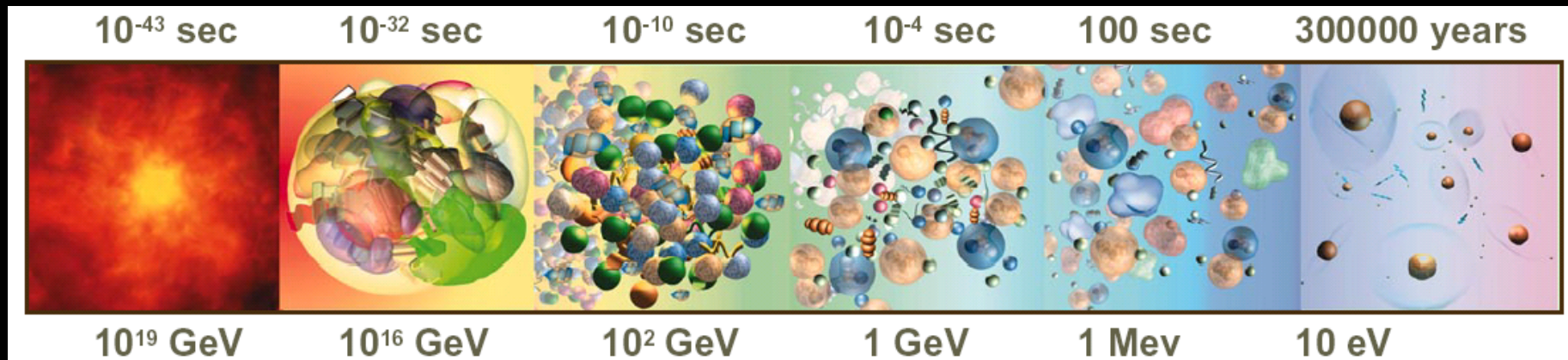
Faibles énergies

Énergie élevées

L'histoire de l'univers jusqu'à aujourd'hui

symétrie

"chaos"



Règne des particules élémentaires

Règne des atomes et molécules, de la Chimie et de la Biologie ...

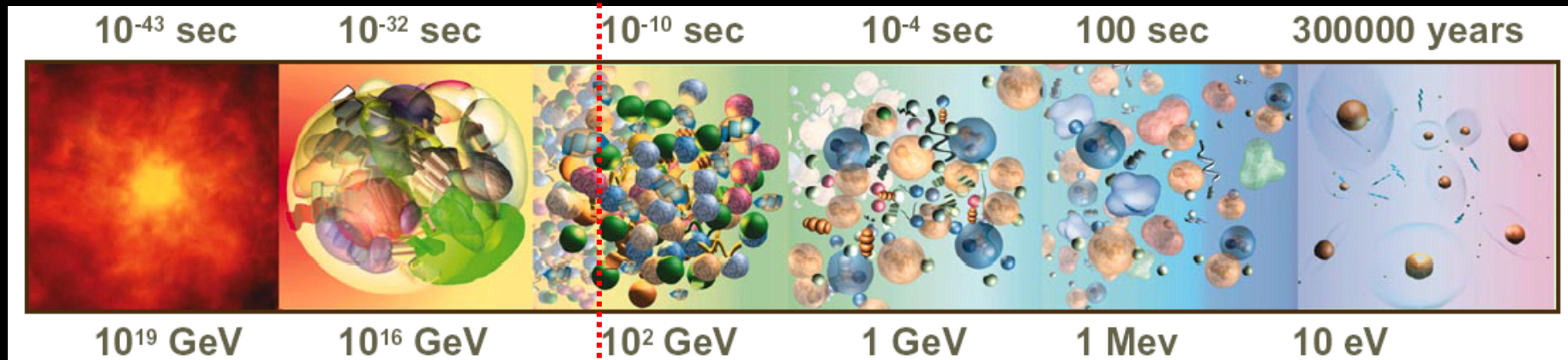
Une seule théorie décrivant les lois de la nature

Diverses théories décrivant les divers aspects de la nature

Echelle temporelle et d'énergie de l'histoire de l'univers

symétrie

"chaos"



Les expériences n'ont pas accès à ce domaine d'énergie :
Diverses théories tentent de Décrire cette gamme d'énergie.
Ces théories ne peuvent être vérifiées

Gamme
D'énergie
Étudié
Pour ces
MasterClasses:
10²-10⁴ GeV

Une seule théorie décrivant les lois de la nature Jusqu'à 200 GeV :

Le modèle standard

L'Univers primordial

- temps $\approx 10^{-43}$ seconde
- énergie $\approx 10^{19}$ GeV
- température $\approx 10^{32}$ K
- taille $\approx 10^{-33}$ cm

- sont présentes toutes les particules (y compris celles que nous n'avons pas encore découvertes)

- toutes les particules et forces ont les mêmes caractéristiques

- Symétrie complète !!



Brève croissance très rapide de l'univers (Inflation)



Big
Bang

10^{-35} s

10^{-10} s

10^{-4} s

100 s

30000 ans

maintenant

- temps $\approx 10^{-35}$ secondes
- énergie $\approx 10^{16}$ GeV
- température $\approx 10^{27}$ K
- L'univers a une taille de 10^{-30} mètres avant cette période.
- L'univers a une taille d'environ 3 mètres après cette période !!!



Suite à l'expansion de l'univers, la symétrie a presque disparue!



Big
Bang

10^{-35} s

10^{-10} s

10^{-4} s

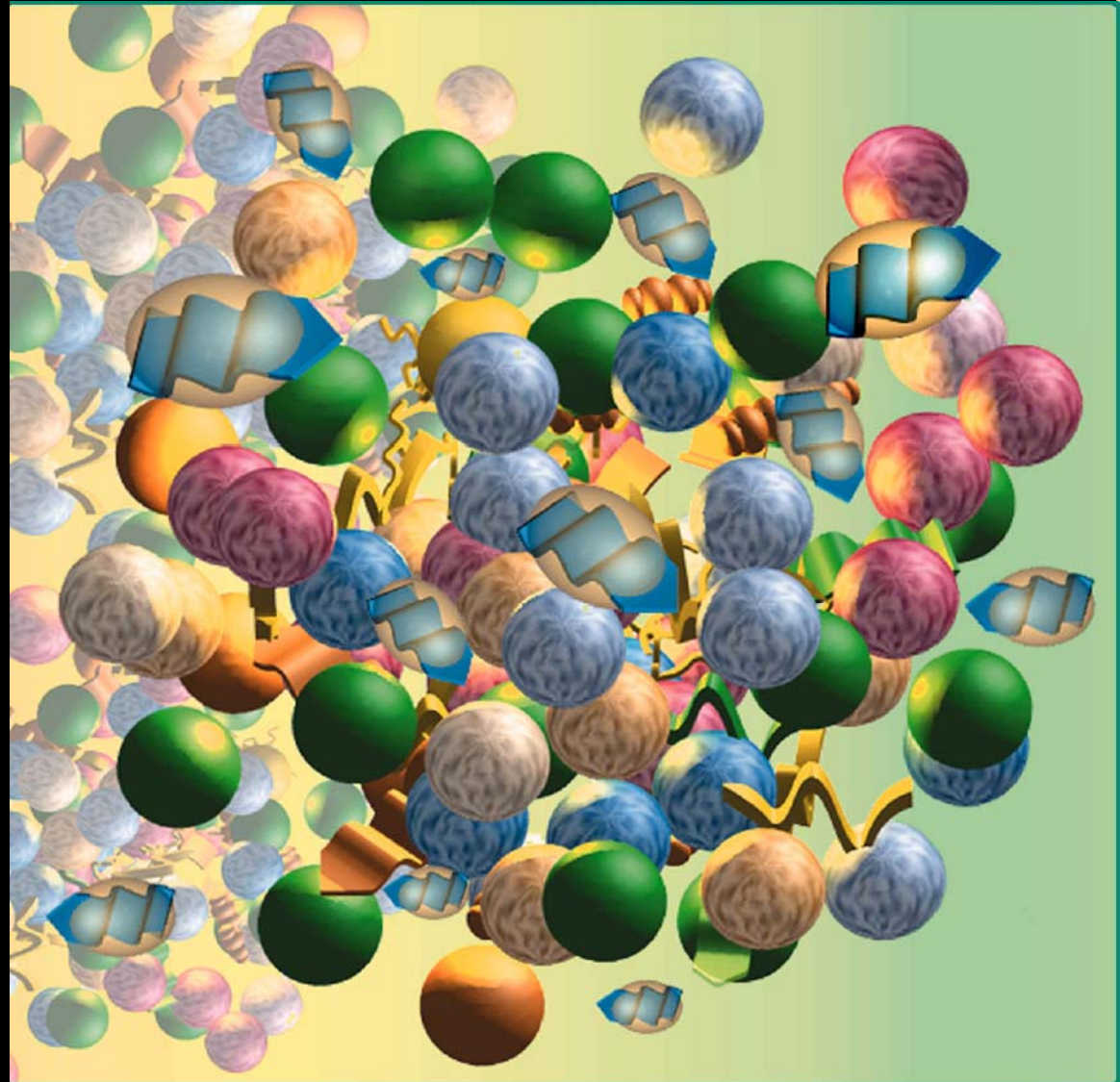
100 s

30000 ans

maintenant

- temps $\approx 10^{-10}$ secondes
- énergie $\approx 10^2$ GeV
- température $\approx 10^{15}$ K

- La plus haute énergie obtenue en laboratoire est de l'ordre de 10^4 GeV



Epoque où les protons et les neutrons se sont formés



Big
Bang

10^{-35} s

10^{-10} s

10^{-4} s

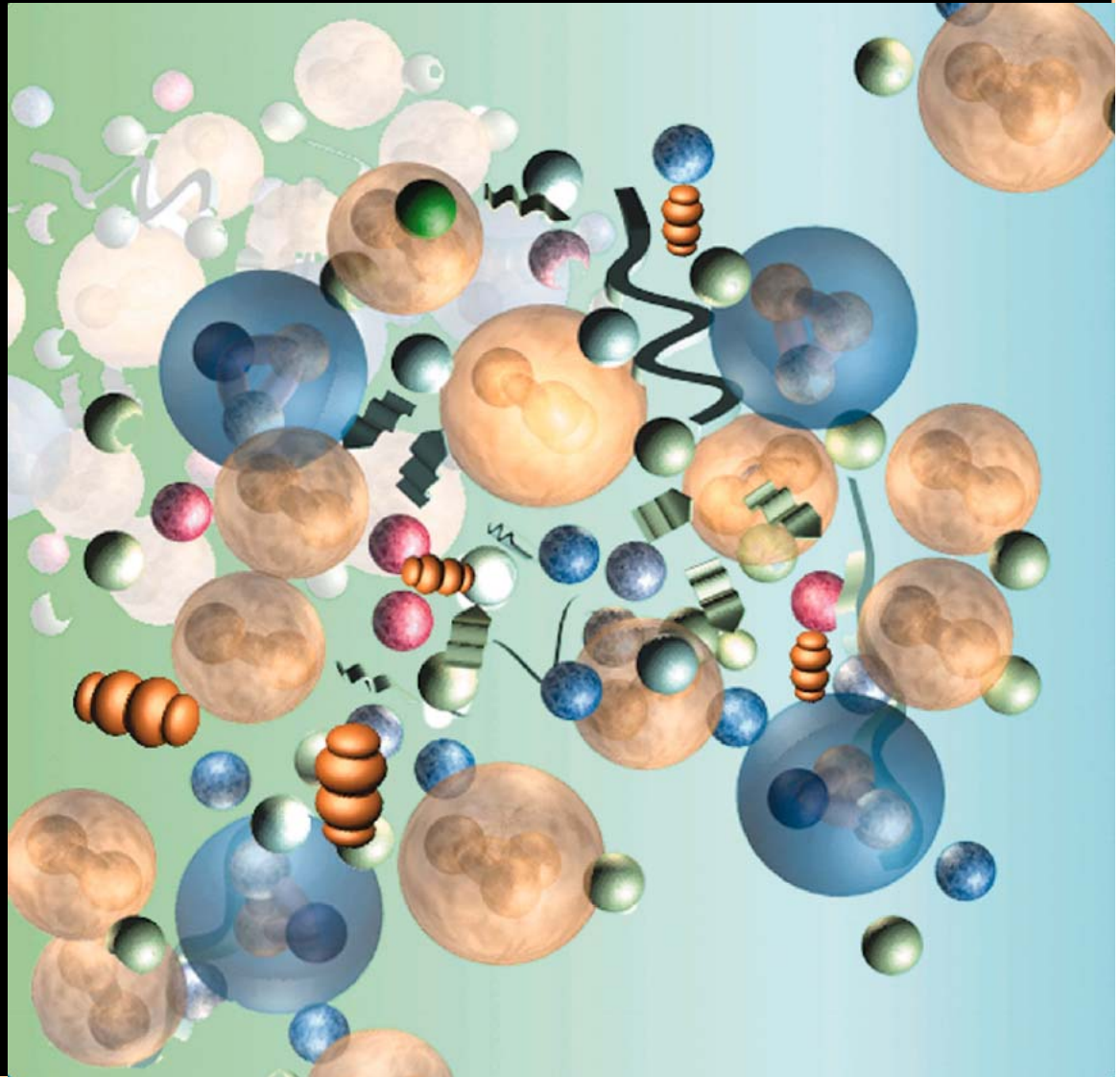
100 s

30000 ans

maintenant

- temps $\approx 10^{-4}$ secondes
- énergie ≈ 1 GeV
- température $\approx 10^{13}$ K

- L'univers est alors aussi grand que le système solaire que nous connaissons aujourd'hui !!



Les noyaux naissent ... constitués de protons et neutrons



Big
Bang

10^{-35} s

10^{-10} s

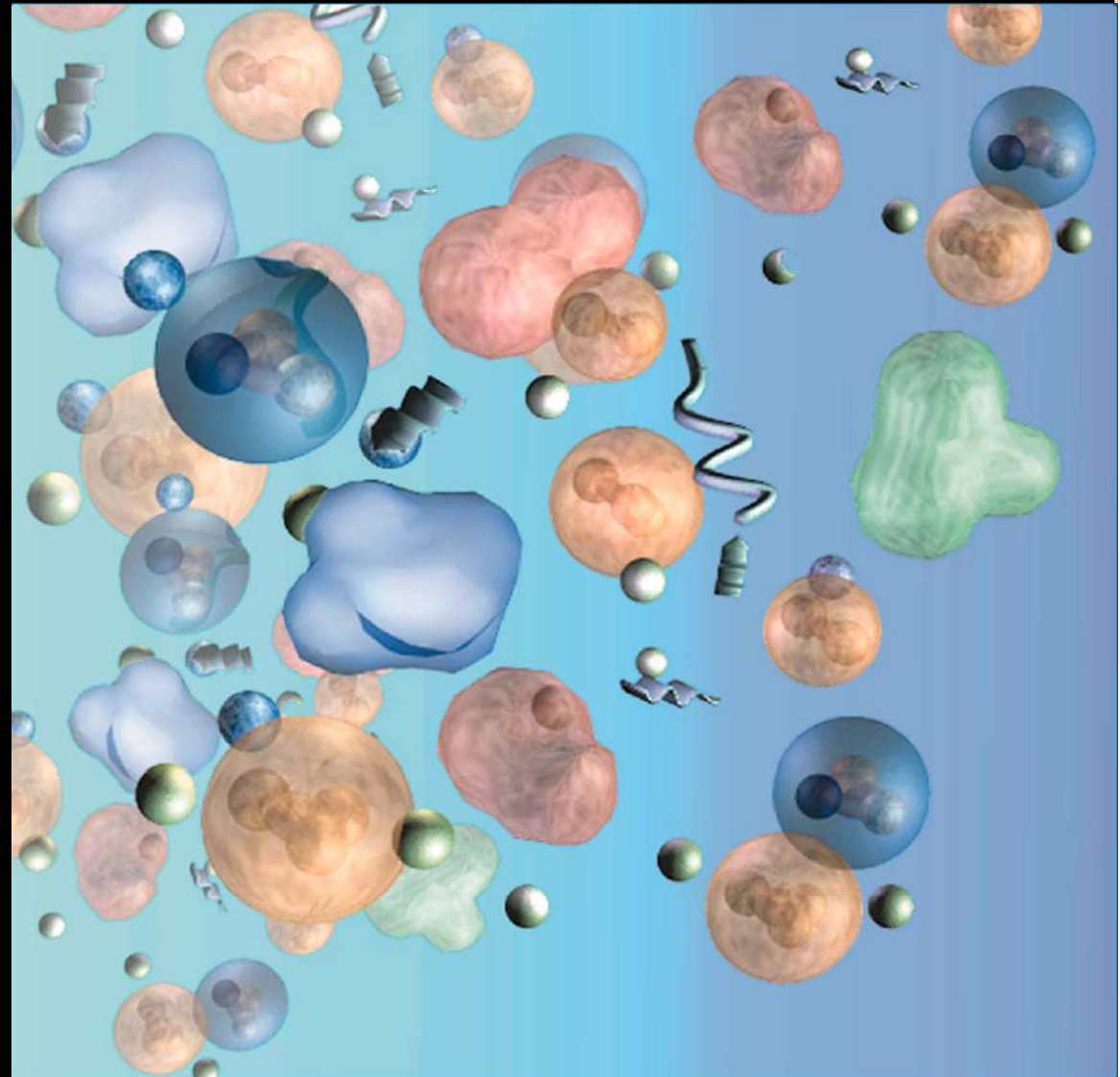
10^{-4} s

100 s

30000 ans

Aujourd'hui

- temps ≈ 100 secondes
- énergie $\approx 10^{-4}$ GeV
- température $\approx 10^9$ K
- Par exemple les noyaux d'hélium se forment.
- Ce même phénomène se produit aujourd'hui dans les étoiles.



Les atomes les plus légers se sont formés ... l'univers devient transparent



Big

Bang

10^{-35} s

10^{-10} s

10^{-4} s

100 s

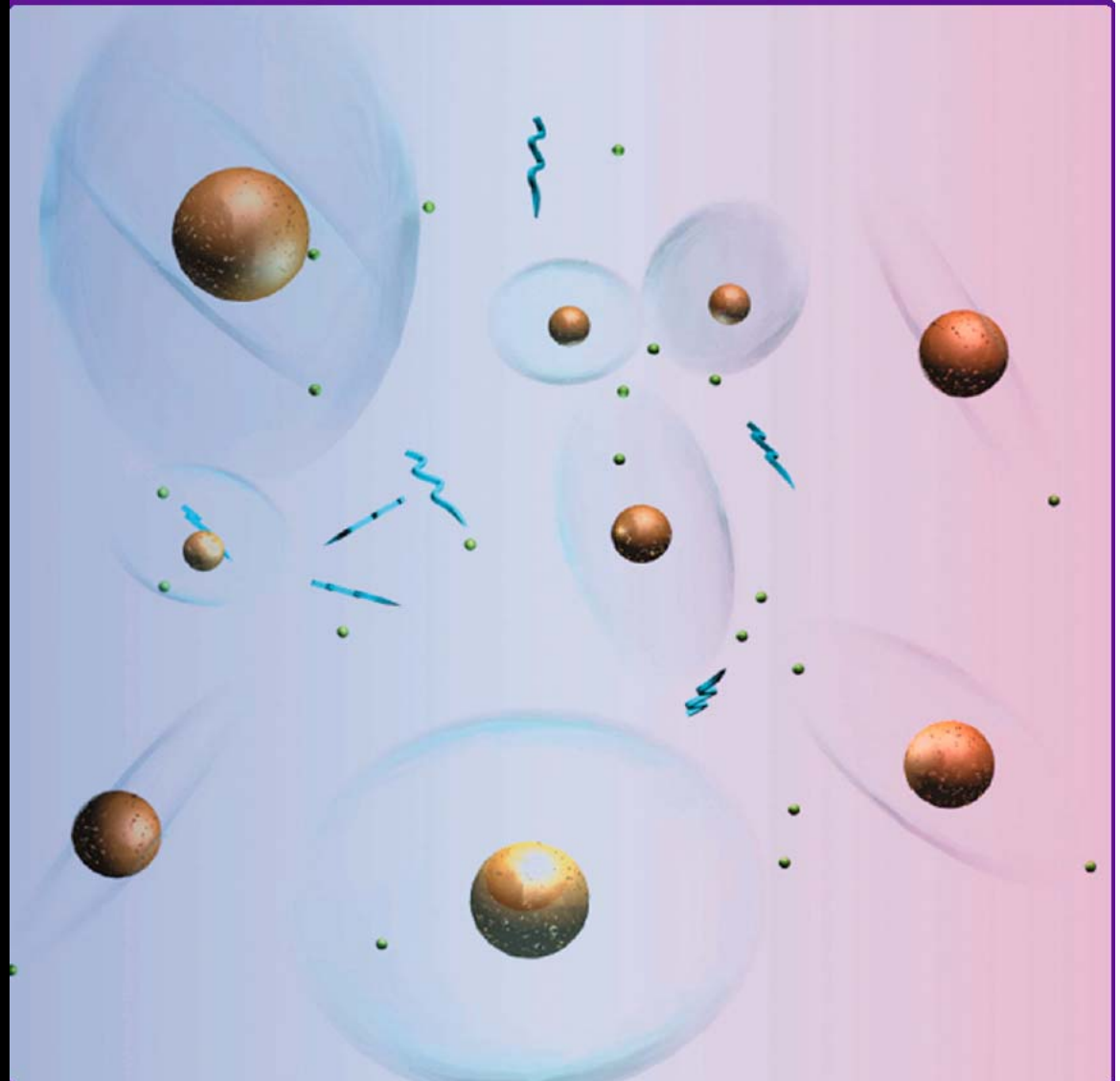
300000 ans

maintenant

- temps ≈ 300000 ans
- énergie $\approx 10^{-9}$ GeV
- température $\approx 10^4$ K

- La lumière se propage librement sans interaction avec les atomes.

- Les théories de la physique classique (électromagnétisme) peuvent être utilisées.



Les galaxies, des étoiles ont été formées



Big
Bang

10^{-35} s

10^{-10} s

10^{-4} s

100 s

300000 ans

maintenant

- temps \approx 1 milliard d'années
- température \approx 18 K
- Des noyaux lourds ont été synthétisés dans les étoiles.
- Jusqu'au Fer
- Pas encore de vie.



Et aujourd'hui... la vie et l'humanité



Big
Bang

10^{-35} s

10^{-10} s

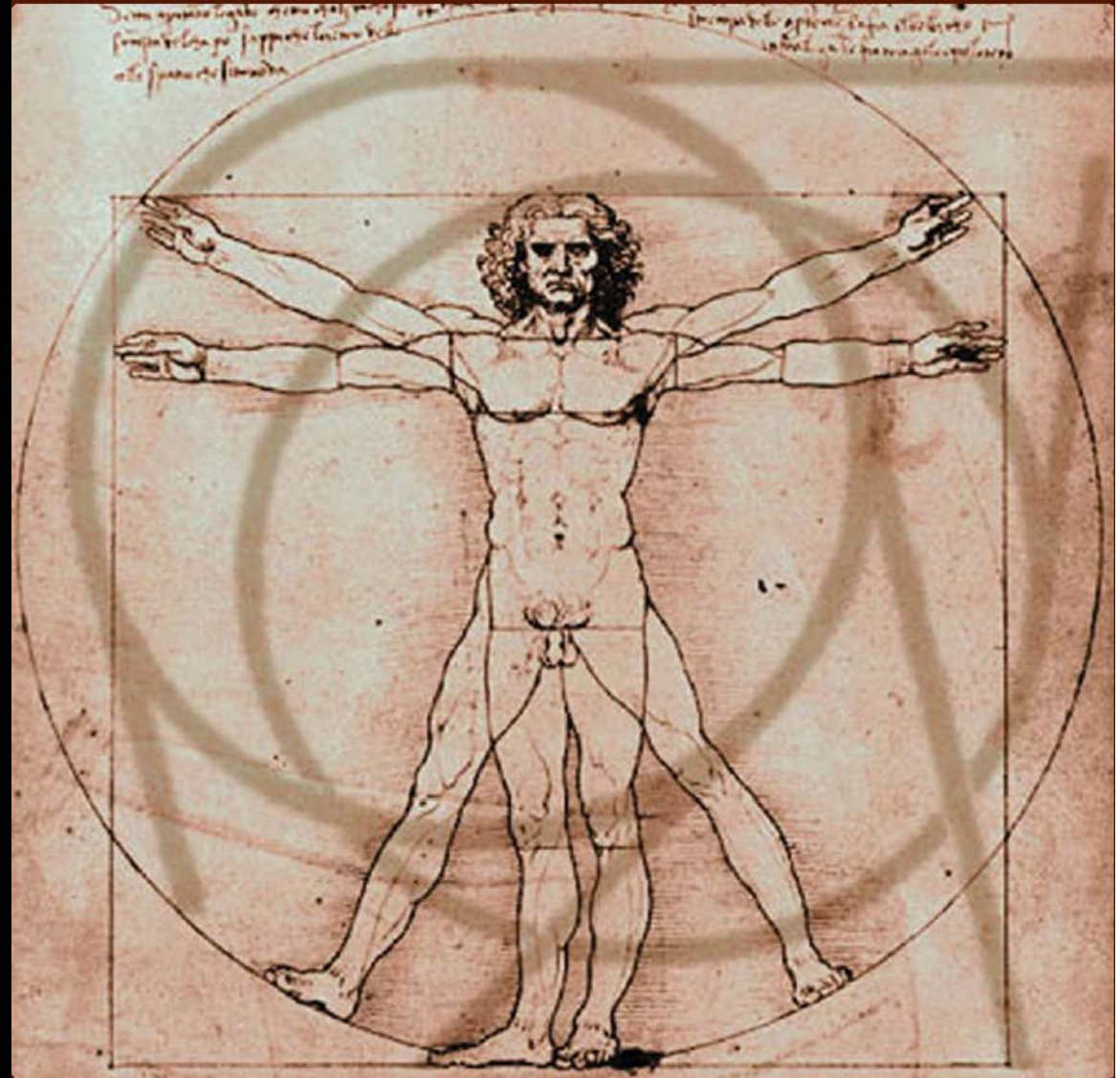
10^{-4} s

100 s

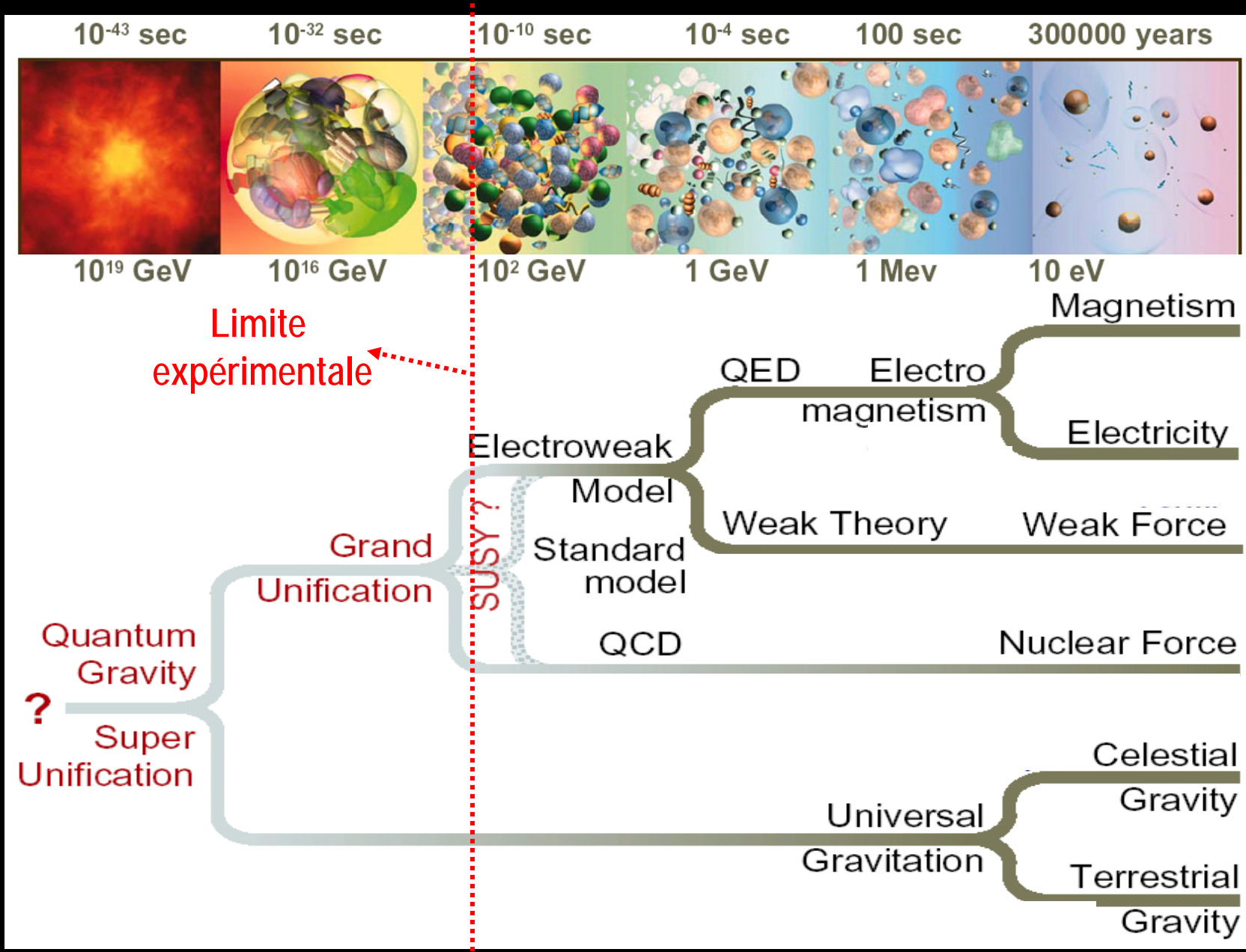
30000 ans

Aujourd'hui

- temps \approx 15 milliards d'années
- température \approx 3 K
- La chimie régit les interactions entre molécules et atomes.

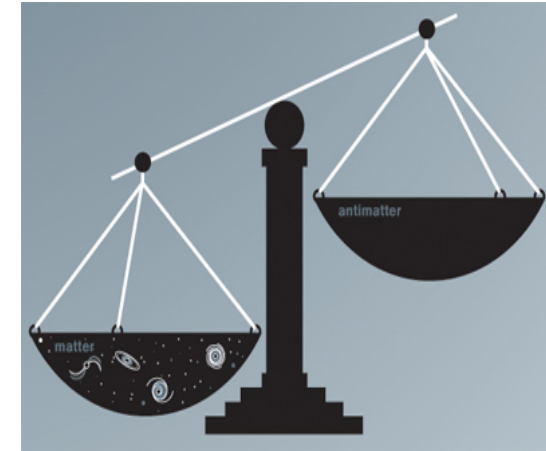
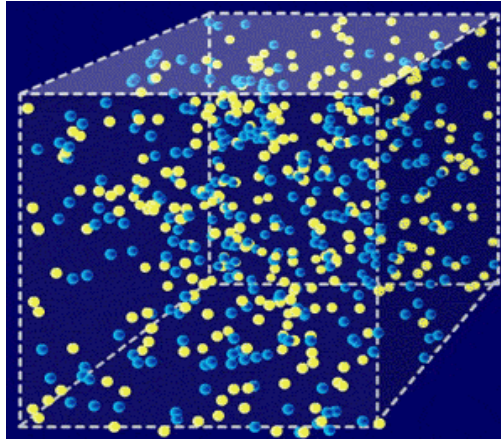


Unification des théories



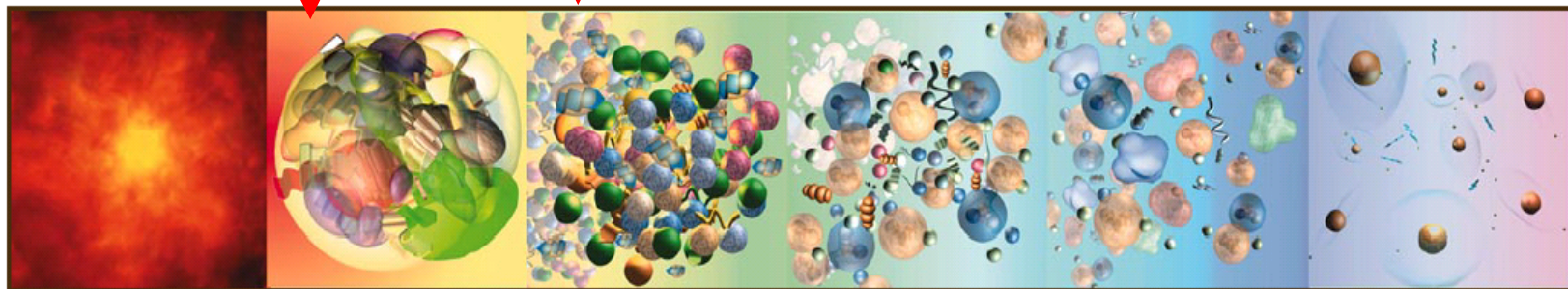
Les grandes questions d'aujourd'hui:

1) La survie de la matière à l'annihilation totale



ici ou ici

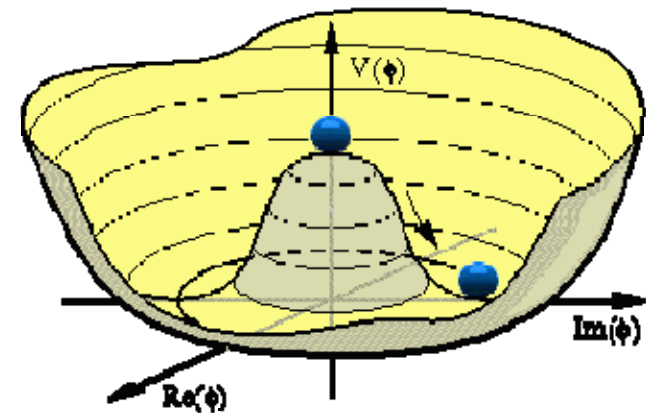
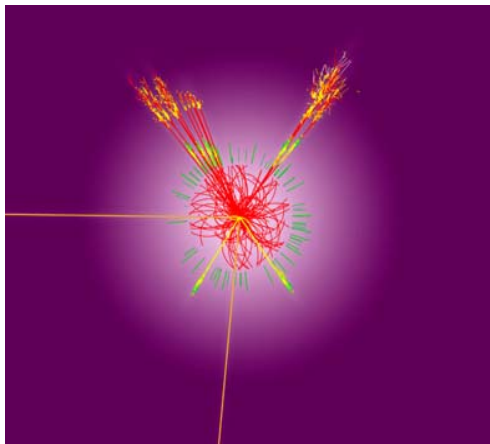
10^{-43} sec 10^{-32} sec 10^{-10} sec 10^{-4} sec 100 sec 30000 years



Les grandes questions d'aujourd'hui:

2) La Masse des particules (leptons, Bosons)

La recherche effrénée du Boson de Higgs !



ici



Brisure de l'une des symétrie
En physique

10^{-43} sec

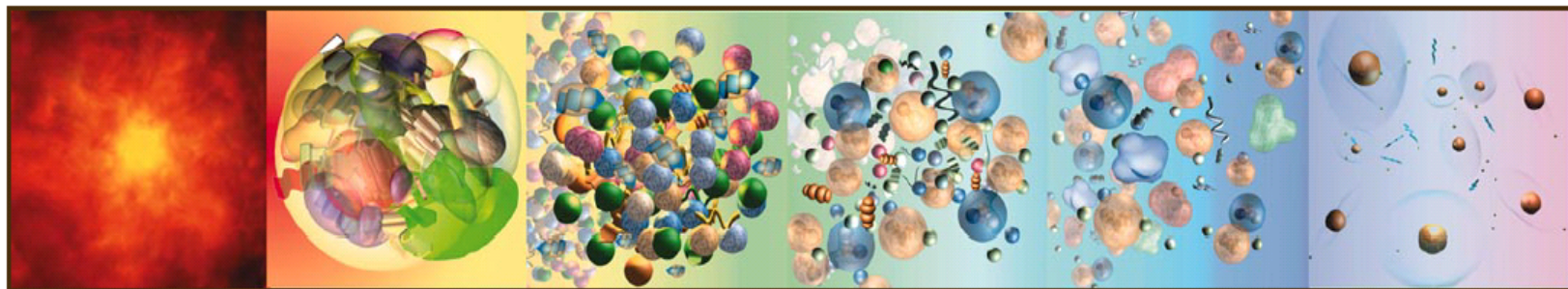
10^{-32} sec

10^{-10} sec

10^{-4} sec

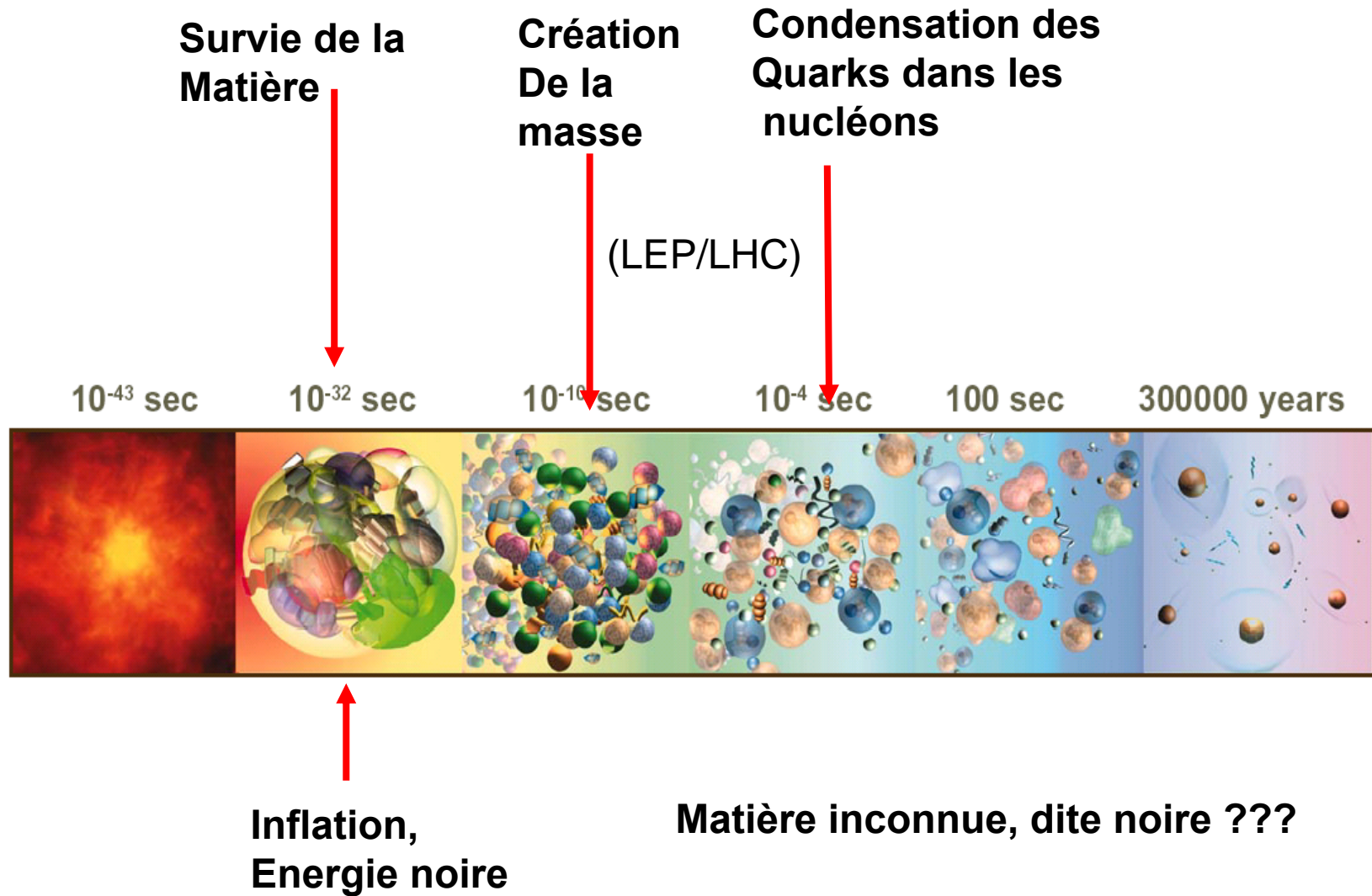
100 sec

300000 years



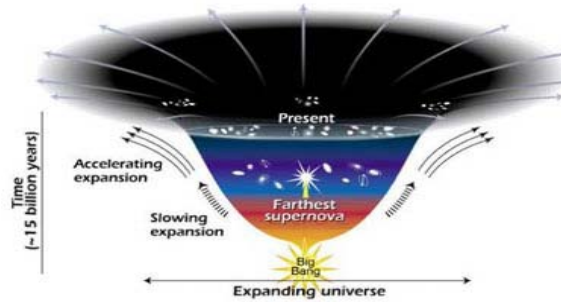
Les grandes questions d'aujourd'hui:

3) La composition de l'univers

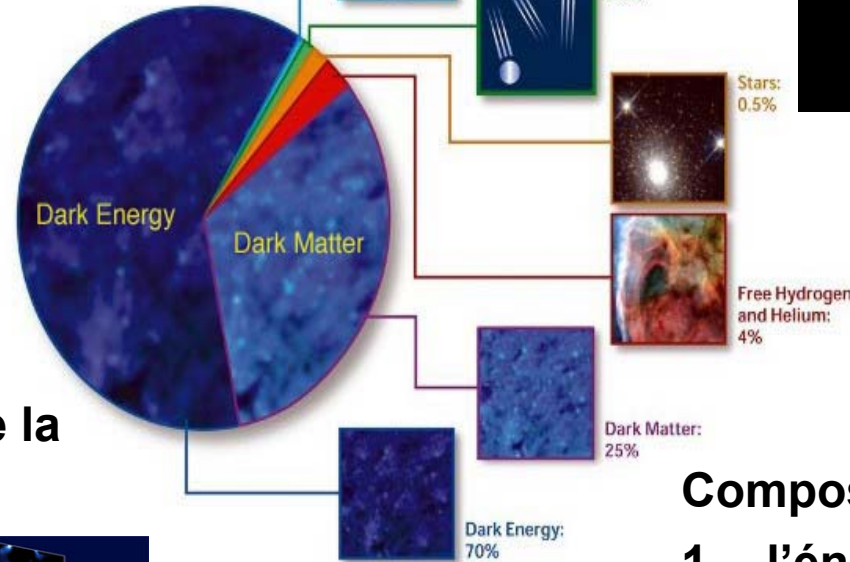
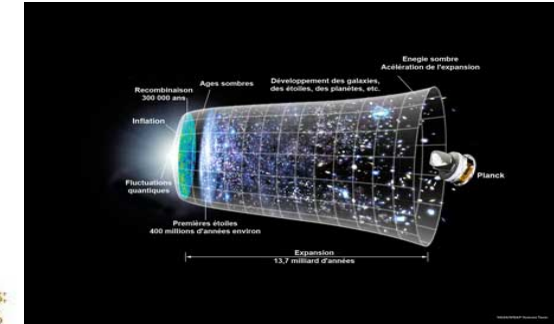


La composition de l'univers

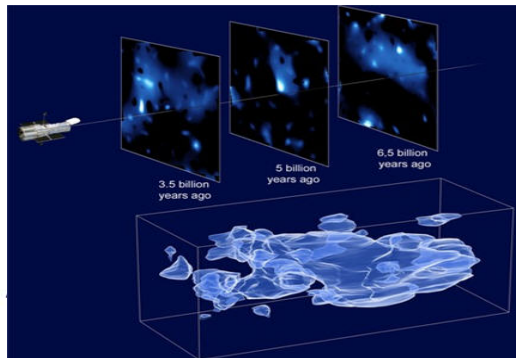
Détecter des supernovae lointaines



Mesurer le rayonnement relique Du Big Bang (3K)



Rechercher de la matière noire



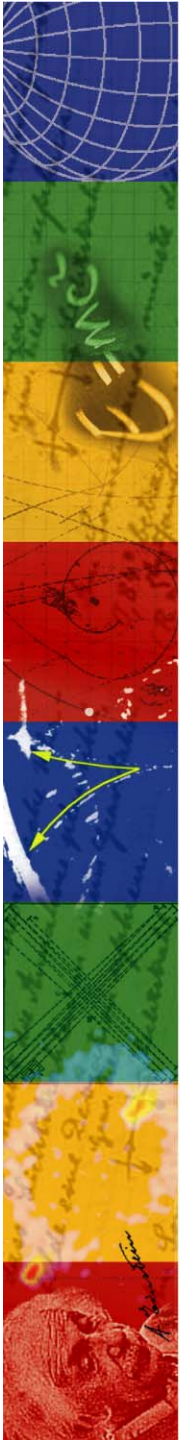
Composantes de l'univers

1. l'énergie noire (70%),
2. La matière noire (25%),
3. La matière visible (5%) baryonique



Conclusions

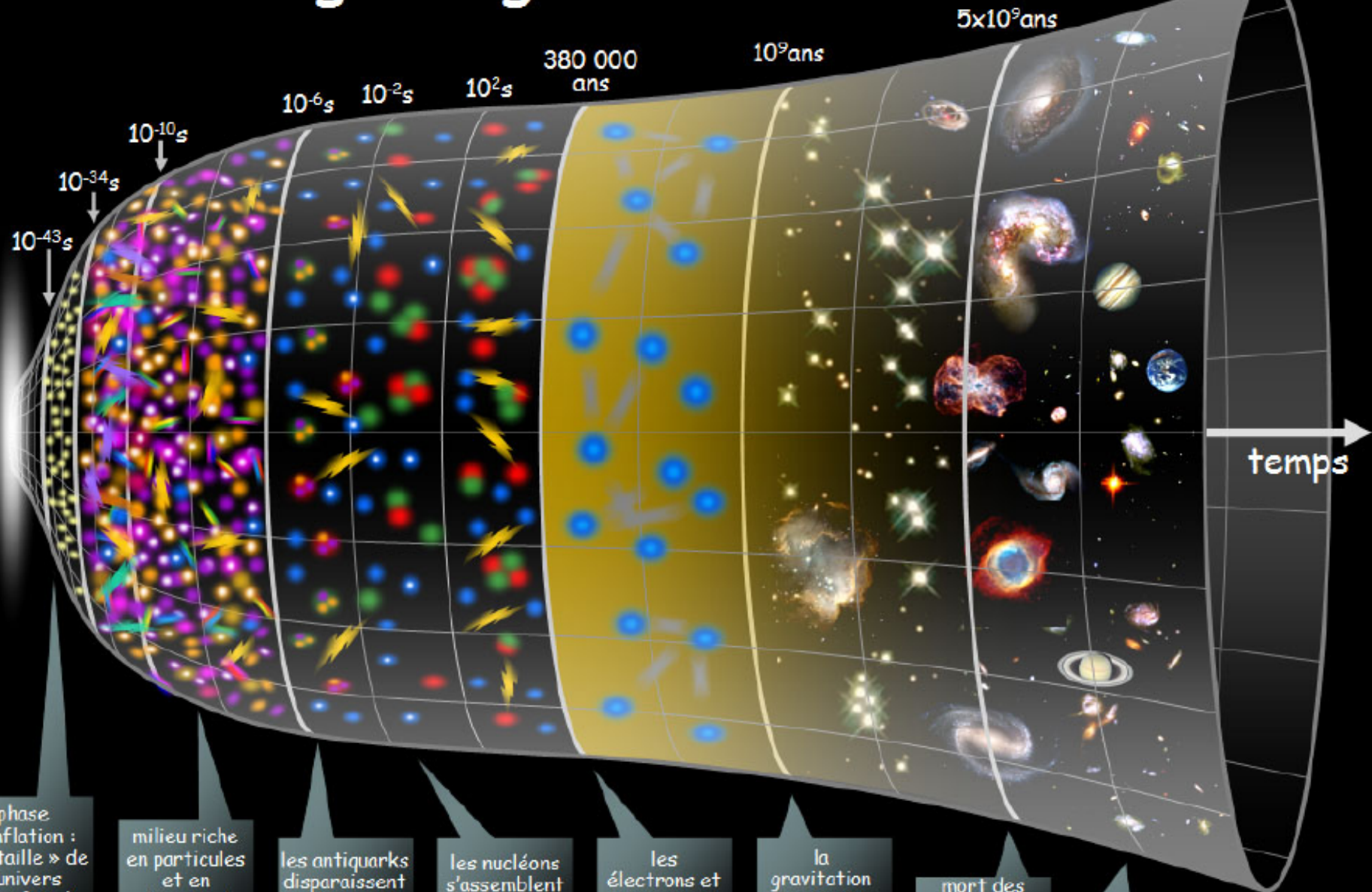
- Nous étudions aujourd'hui l'époque reculée de l'histoire de l'univers,
 - 10^{-10} s après le Big-Bang, une énergie de 10^2 - 10^4 GeV, température de 10^{15} K- 10^{17} K,
 - C'est la limite technologique permise par les accélérateurs,
- la force faible s'est séparée de la force électromagnétique,
- La masse des particules a émergé à cette époque,
- La physique des particules essaye d'expliquer le contenu en matière de l'univers pour toutes les époques,
- De grandes interrogations demeurent sur ce sujet :
 - Où est passée l'antimatière,
 - Comprend-t'on la genèse de la masse des particules,
 - Les ingrédients de l'univers,
 - La valeur des constantes universelles.



Backup

Le « big-bang »

environ 14
milliards d'années



phase d'inflation : la « taille » de l'univers s'accroît très rapidement à partir de la singularité initiale

milieu riche en particules et en antiparticules proche du plasma de quarks et de gluons

les antiquarks disparaissent et l'excès de quarks donne naissance aux nucléons

les nucléons s'assemblent et forment les noyaux légers

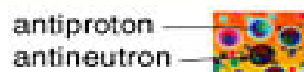
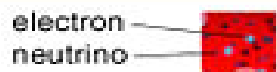
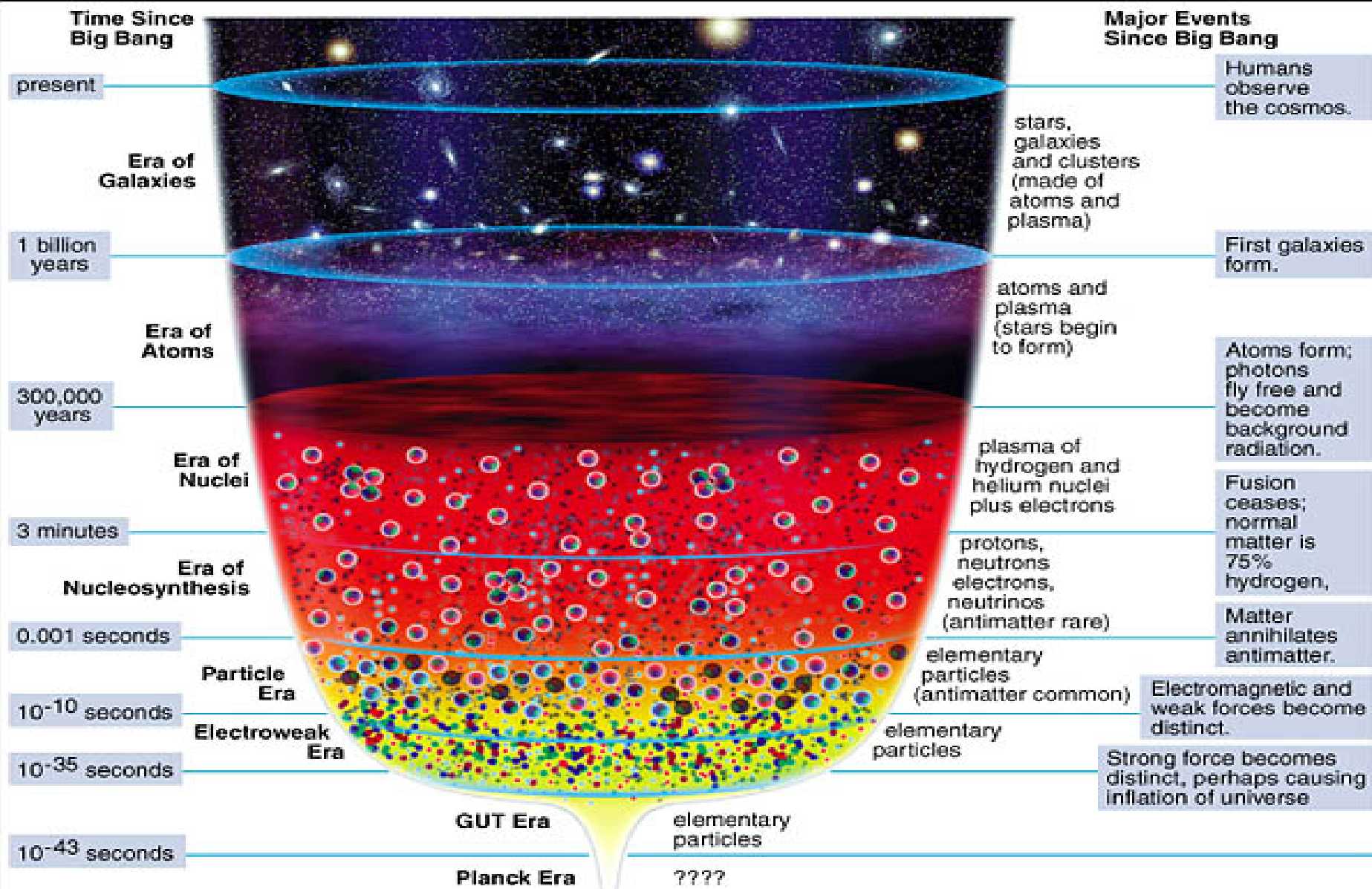
les électrons et les noyaux se combinent pour former les atomes

la gravitation aboutit à la formation des premières étoiles

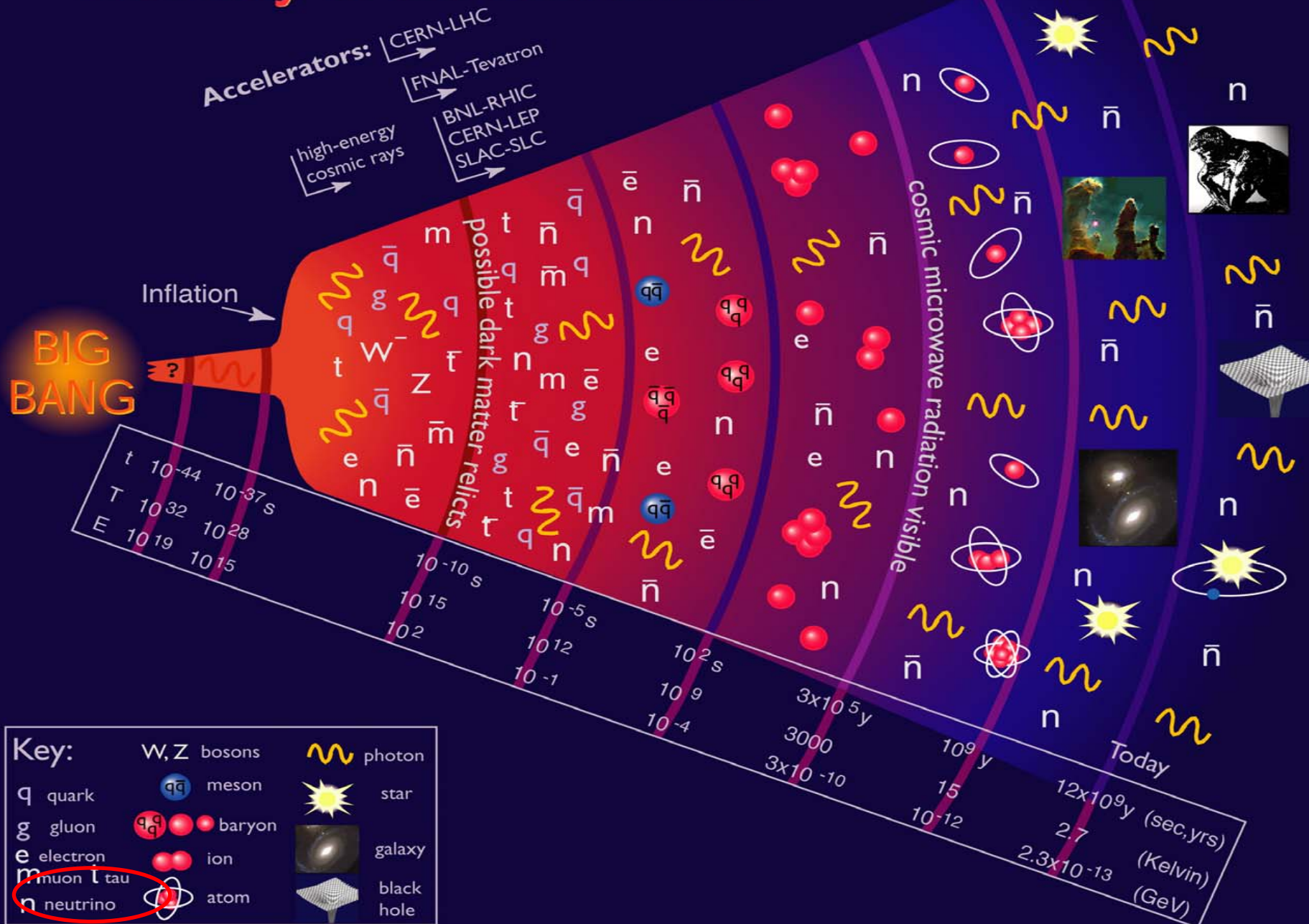
mort des étoiles de première génération, apparition des noyaux lourds

formation du système solaire

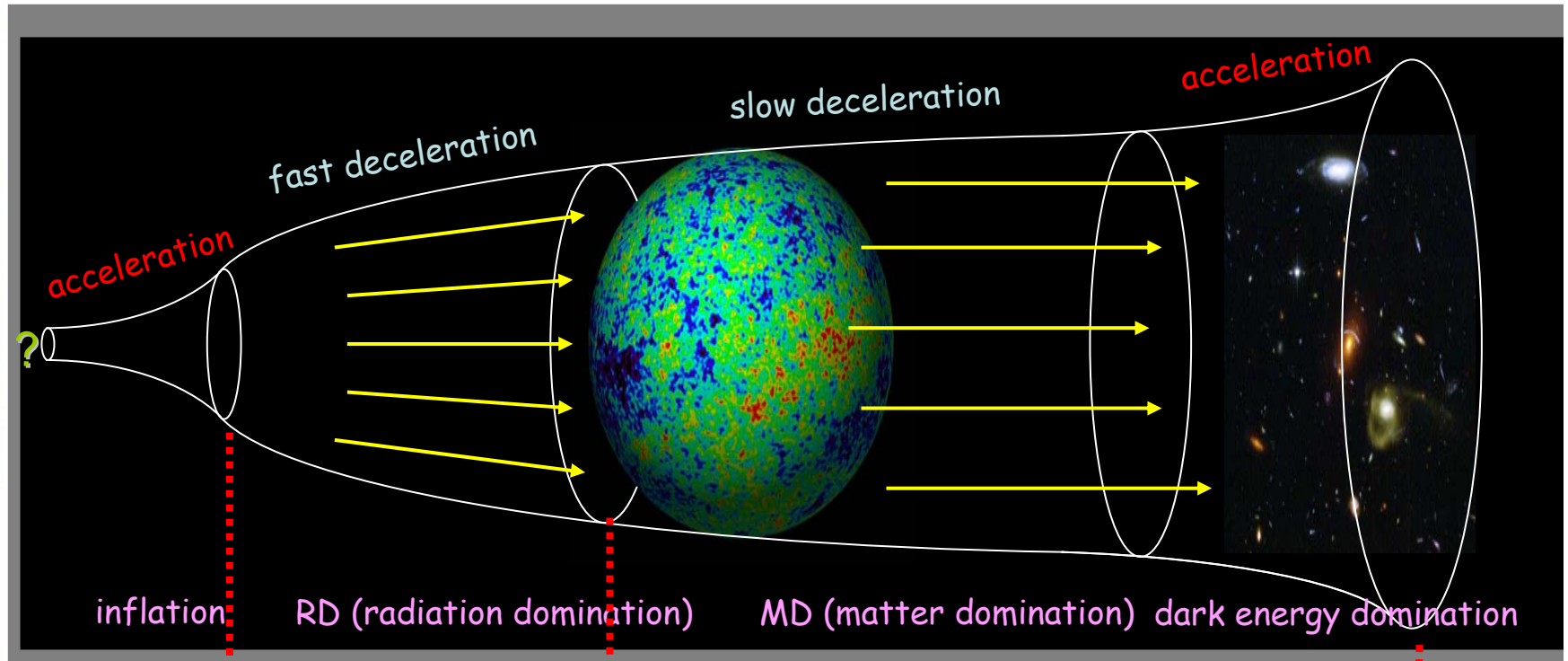
l'univers aujourd'hui



History of the Universe



Evolution de la taille de l'univers



$$a(t) \sim e^{Ht}$$

$a_0 = 10^{-30} \text{m}$ age $\sim 10^{-32} \text{s}$
 $a_0 = 3 \text{m}$

$$a(t) \sim t^{1/2}$$

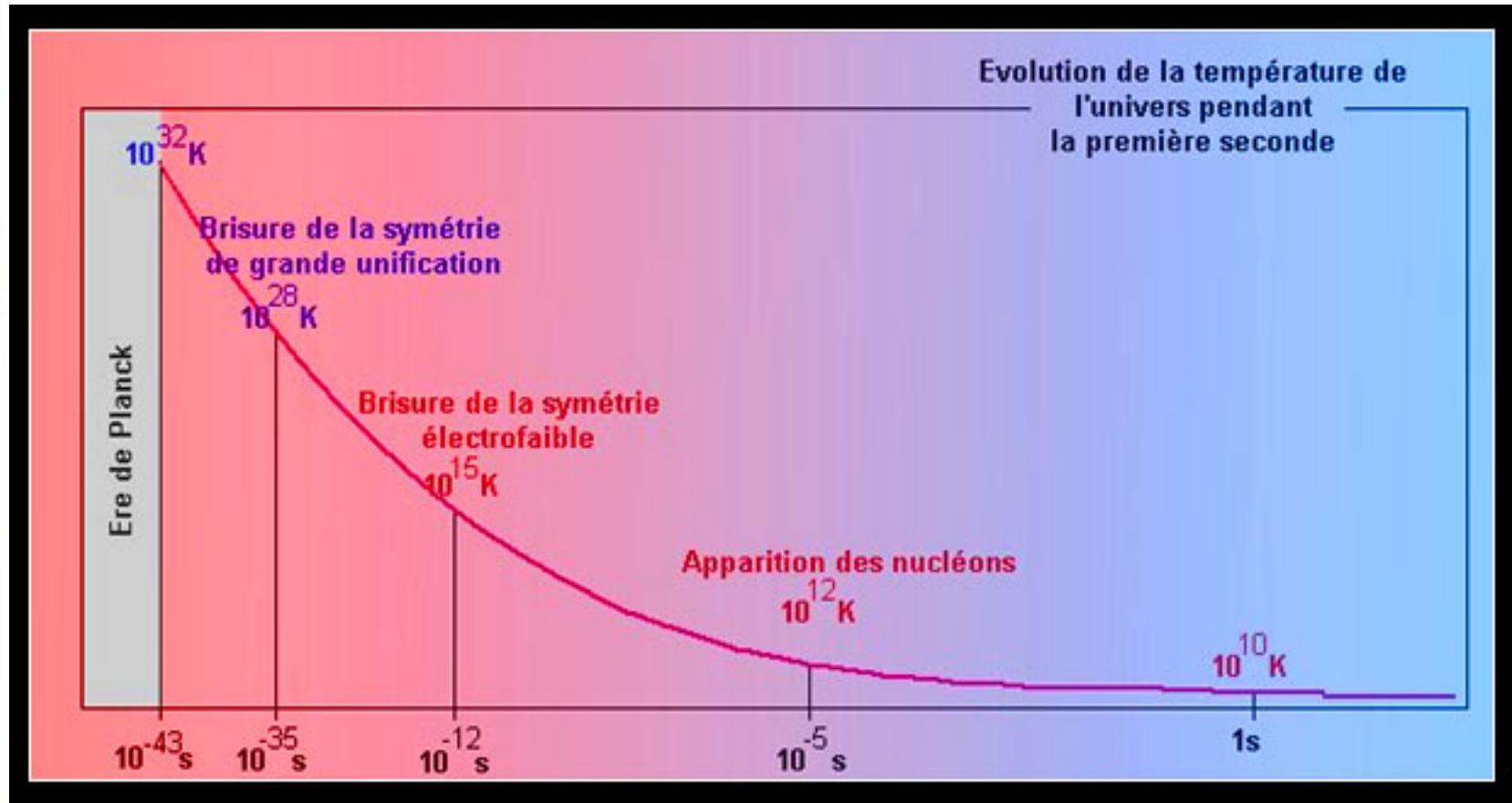
age = 300000 ans
 $a_0 = 10^{23} \text{m}$

$$a(t) \sim t^{2/3}$$

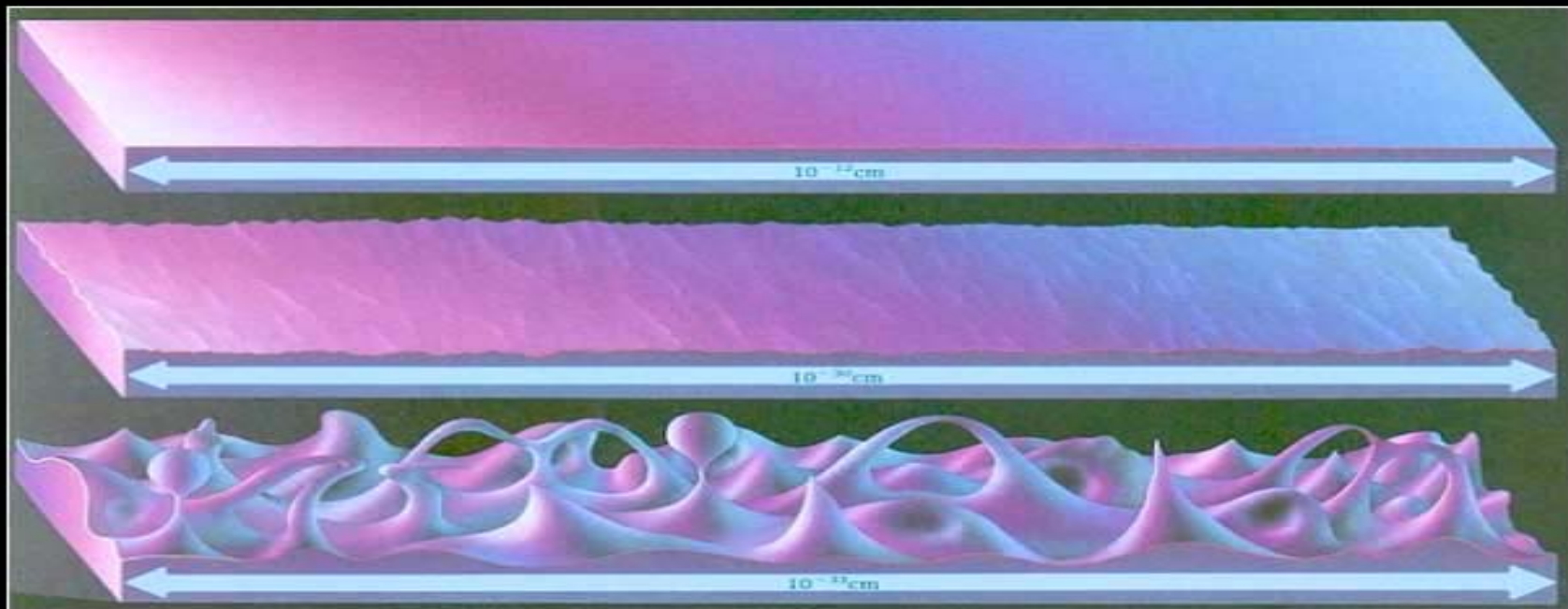
age = 13 milliards d'années

$a_0 = 10^{26} \text{m}$
 $= 4 \cdot 10^9 \text{PC}$

Décroissance de la température



Et avant l'époque initiale de 10^{-43} s



Voici comment on imagine pouvoir observer la trame de l'espace-temps à différentes échelles ... Si à très grande échelle celui-ci semble lisse, il est probable que cela ne soit plus du tout le cas à l'échelle de Planck : On parle de fluctuations du vide quantique ...

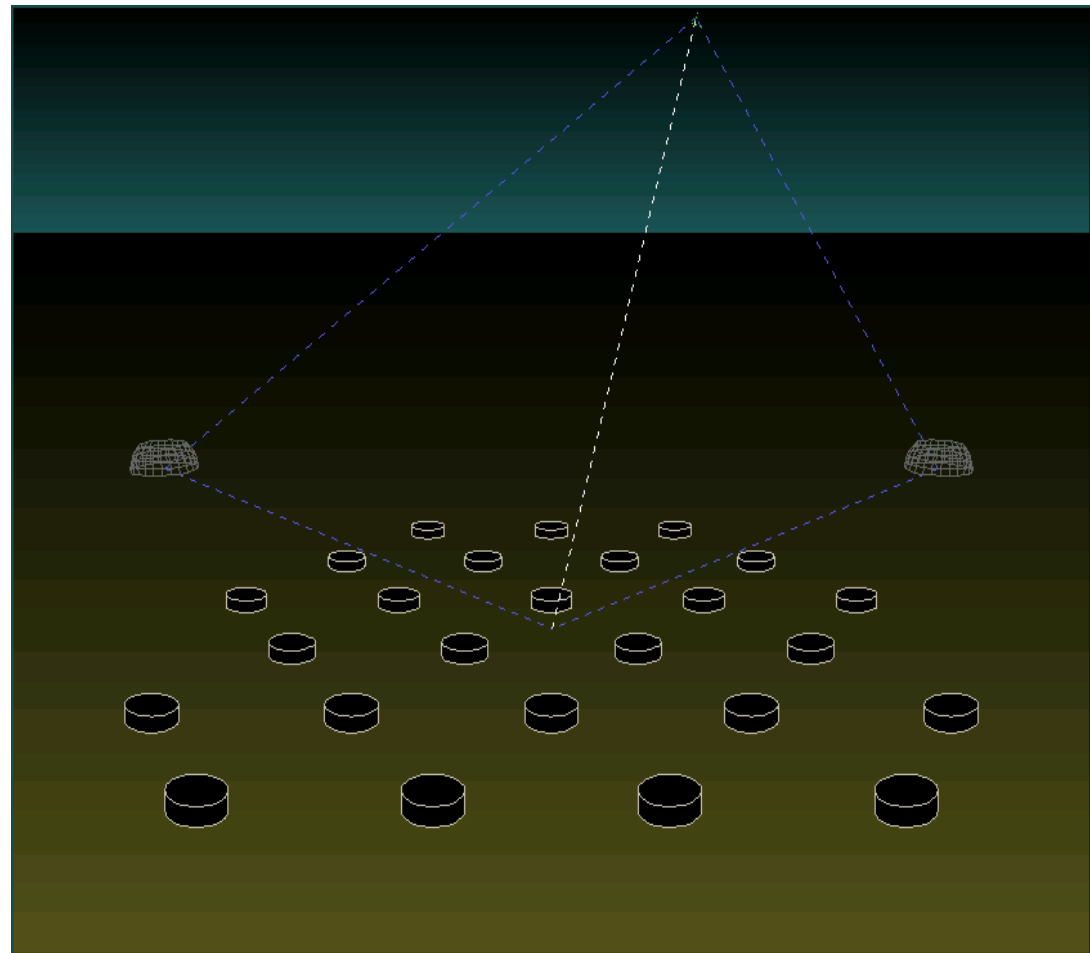
On peut comparer cette image au mouvement des vagues sur l'océan : vu de très haut, celui semble uniforme et homogène, et tout le monde sait qu'il n'en est rien !

Comment expérimentalement atteindre des énergies plus élevées

Avec les accélérateurs cosmiques



Qui génère des cascades gigantesques de particules dans l'atmosphère terrestre



On espère être sensible à des phénomènes se produisant à l'échelle de la grande unification.