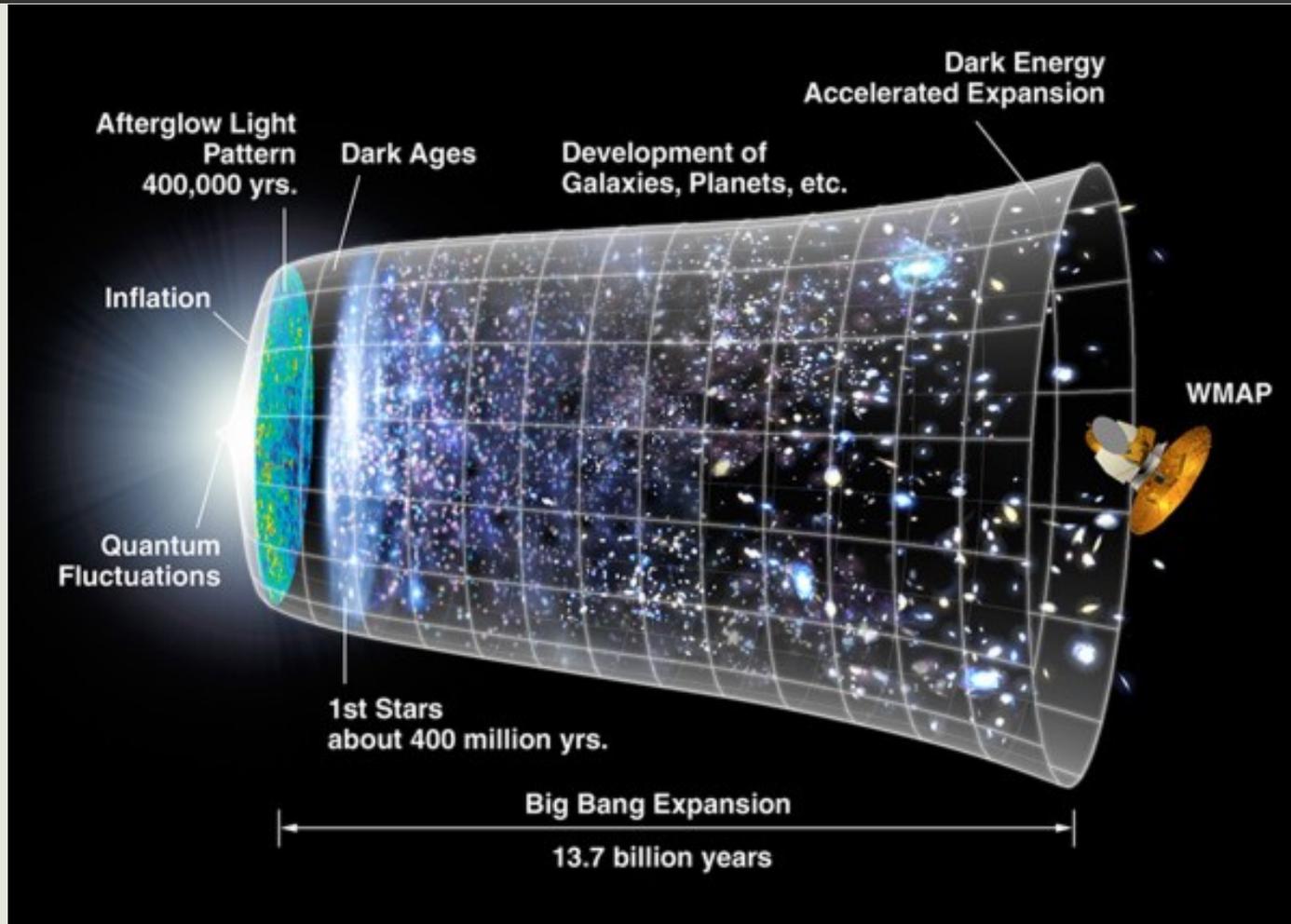


Introduction à l'évolution de l'Univers



Plan

- I. Qu'est-ce que l'Univers ?
- II. Historique de la cosmologie
- III. Les grandes étapes de l'évolution de l'Univers
- IV. L'avenir de l'Univers
- V. Annexes

Plan

- I. **Qu'est-ce que l'Univers ?**
- II. Historique de la cosmologie
- III. Les grandes étapes de l'évolution de l'Univers
- IV. L'avenir de l'Univers
- V. Annexes

Qu'est-ce que L'Univers ?

1. La cosmologie
2. Structure de l'univers
3. Géométrie et densité de l'univers
4. Composition de l'Univers

Qu'est-ce que L'Univers ? La cosmologie

Cosmologie = étude (scientifique) de l'univers

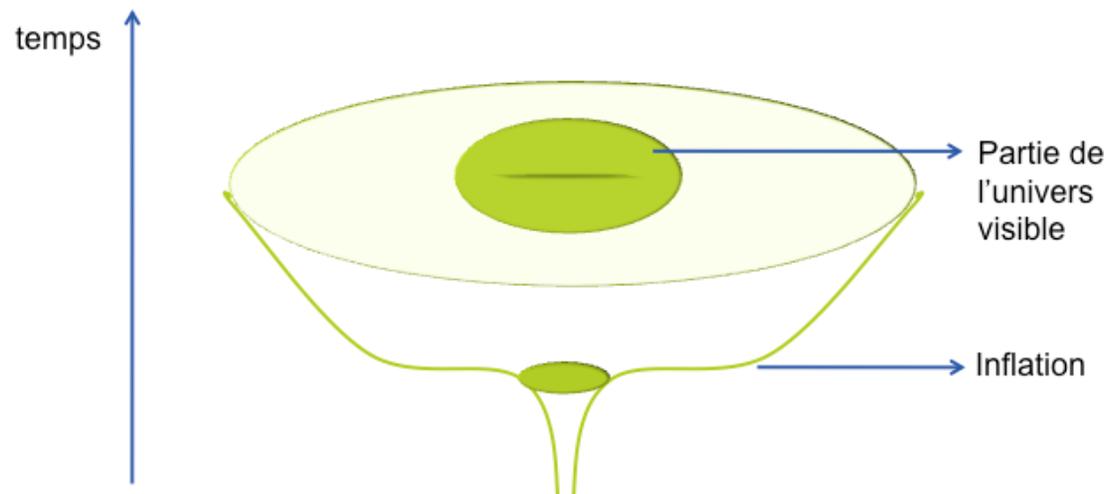
La cosmologie est l'étude scientifique des propriétés de l'Univers à grande échelle. Cette science s'efforce d'utiliser la méthode scientifique pour comprendre l'origine, l'évolution et le destin ultime de l'Univers tout entier. Comme tout domaine de la science, la cosmologie implique la formation des théories ou des hypothèses sur l'univers qui font des prévisions spécifiques pour les phénomènes qui peuvent être testés avec les observations. Selon le résultat des observations, les théories devront être abandonnées ou modifiées pour tenir compte des données.

Rem.: la cosmogonie = vise à établir une théorie de la création de l'Univers sur des bases philosophiques ou religieuses .

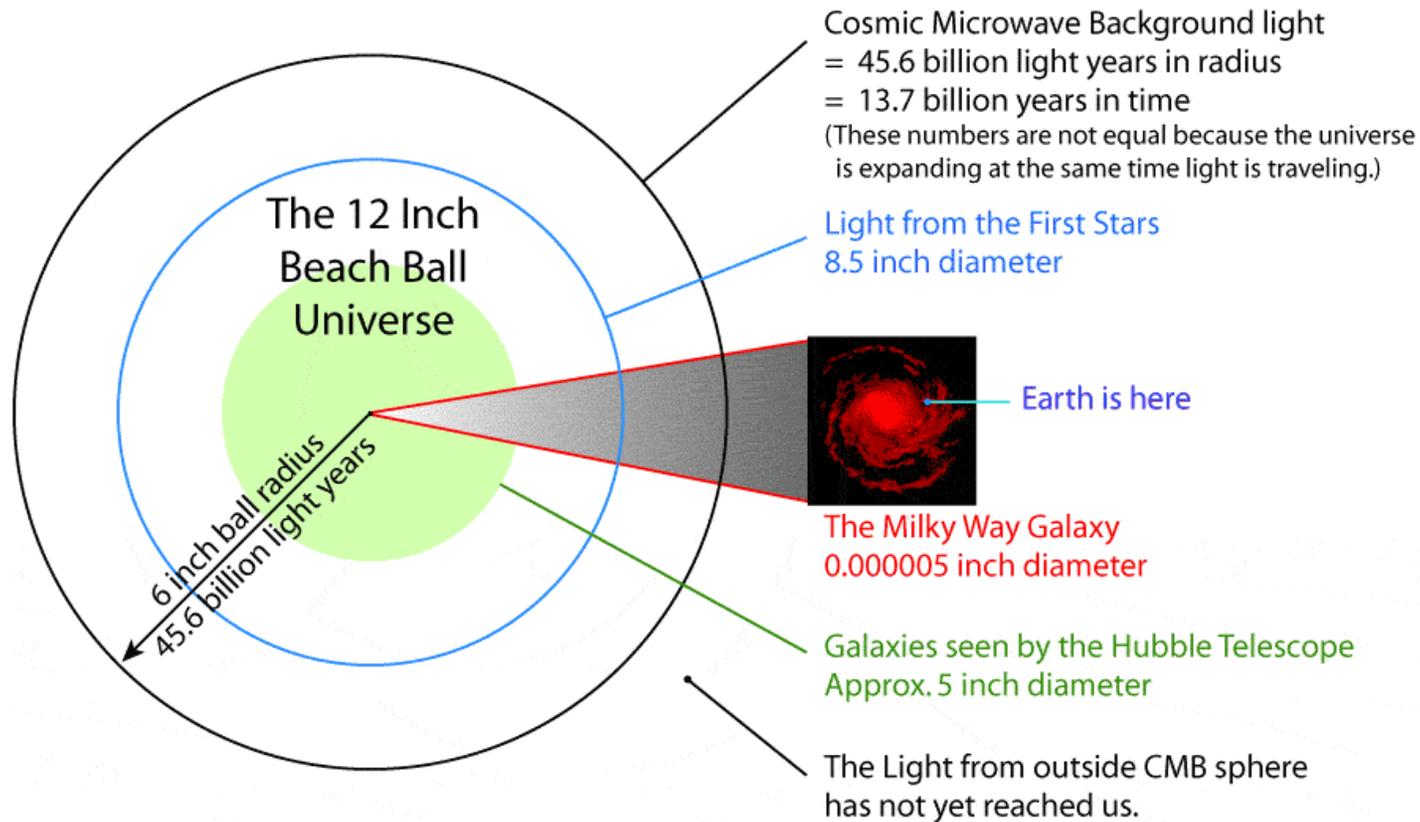
Qu'est-ce que L'Univers ?

L'Univers visible

- On appelle « **horizon cosmologique** » la première lumière émise par le Big-Bang il y a 13,7 milliards d'années. Il nous est impossible de voir plus loin.
- On estime que le diamètre de cet **univers observable** est de **100 milliards d'années lumière**.
- L'Univers que nous voyons n'est qu'une infime partie d'un Univers réel beaucoup plus grand. Selon les derniers modèles cosmologiques, la taille minimale de **l'Univers réel** serait de **un 1 suivi de dix milliards de zéros !**. Ce nombre est si grand qu'il peut être exprimé avec n'importe quelle unité : kilomètre, année-lumière...



Qu'est-ce que L'Univers ? L'Univers visible



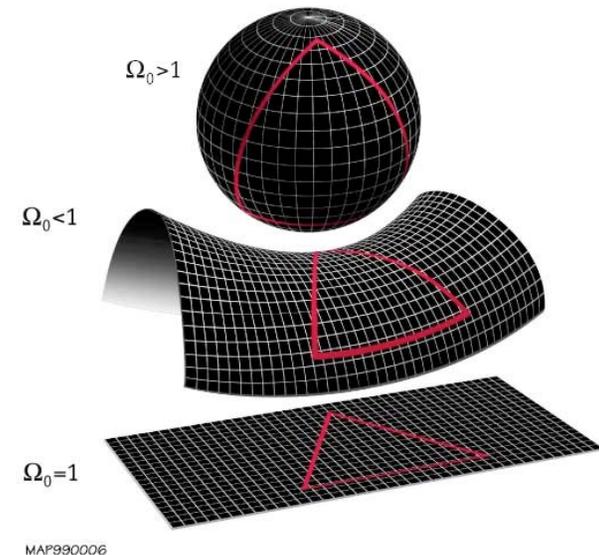
Qu'est-ce que L'univers ?

Géométrie et densité de l'univers

La densité de l'univers détermine sa géométrie:

- Alexandre Friedmann** montra qu'il pouvait exister en théorie trois différents types d'Univers, qui se distinguent par leur courbure et par leur évolution dans le temps. La courbure de l'espace en un point donné est directement liée à la quantité de matière qui s'y trouve (lien mathématique entre la courbure de l'Univers et le paramètre de densité ρ). Il mit en évidence une valeur particulière de la densité de l'Univers qui définit la limite entre les trois types possibles. Elle est appelée **densité critique** et notée ρ_c .

- Si densité de l'univers $< \rho_c$
 => géométrie fermée, courbure positive, fini
 => sphère
- Si densité de l'univers $< \rho_c$
 => géométrie ouverte, courbure négative, infini
 => selle de cheval
- Si densité de l'univers $= \rho_c$
 => géométrie ouverte, courbure nulle, infini
 => plan



MAP990006

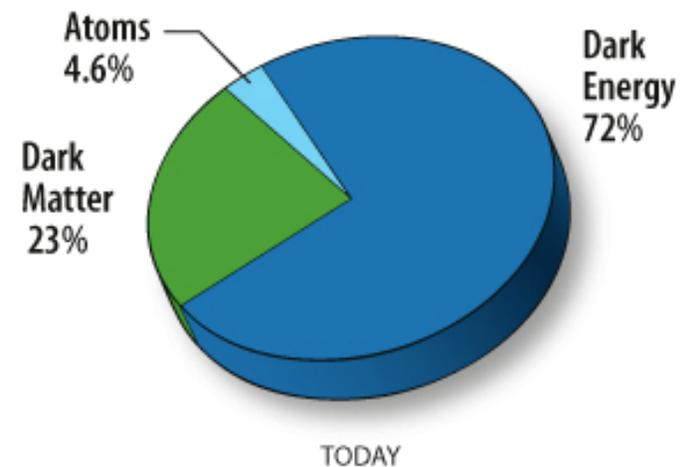
- REM. WMAP a déterminé que l'univers est plat,** ce qui signifie que sa densité est égale à la densité critique (avec une erreur de 1%), soit une densité de $9,9 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$, ce qui équivaut à seulement 5,9 protons/m³.

Qu'est-ce que L'Univers ?

Composition de l'univers

- L'univers est en grande partie lacunaire, à la manière de l'atome. Et sa composition reste encore incertaine puisqu'une grande partie de l'univers est constituée d'énergie et de matière dont on n'a pas encore déterminé exactement la provenance et/ou la composition.

- L'univers est composé :
 - de matière noire^(*) (23%)
 - d'énergie noire (72%)^(*)
 - d'atomes (4,6%)
(dont une majorité d'H et He)
 - de rayonnement électromagnétique
 - de neutrinos cosmiques



(*) prédictions théoriques (voir slide suivant)

Qu'est-ce que L'Univers ?

Composition de l'univers

- **La matière noire** est susceptible d'être composée d'un ou de plusieurs espèces de particules sub-atomiques qui interagissent très faiblement avec la matière ordinaire. Elle se comporte comme la matière pour ce qui est de la gravitation. Les physiciens des particules ont de nombreux candidats plausibles pour la matière noire, et de nouvelles expériences accélérateur de particules sont susceptibles de jeter un nouvel éclairage dans les prochaines années.

Rem. Ce concept a été introduit pour expliquer la masse manquante dans l'univers de manière à expliquer les accélérations observées (selon la loi de Newton de la mécanique classique). Une alternative à l'existence de la matière noire serait de modifier, non pas la masse, mais la valeur de la constante de gravitation 'universelle' G . (recherches en cours)

- **L'énergie noire (ou 'énergie sombre')** participerait à contrer la gravitation, et serait responsable de l'accélération actuelle de l'expansion de l'univers. Les premiers indices d'observation de **l'énergie noire** dans l'univers date des années 1980 lorsque les astronomes ont essayé de comprendre comment les amas de galaxies se sont formés. Les observations de supernovae ont été utilisées pour retracer l'histoire expansion de l'univers (plus une époque relativement récente) et la grande surprise était que l'expansion semble être en accélération, alors que la matière décélère l'expansion originale venant du Big-bang (attraction gravitationnelle). L'«énergie noire», une **composante répulsive et accélératrice** permet d'expliquer la tendance observée.
- En 2003, les premiers résultats de WMAP ont indiqué que l'univers est plat (densité quasi égale à la densité critique) et que la matière noire ne représente que ~ 23% de la densité nécessaire pour produire un univers plat. Si 72% de la densité d'énergie dans l'univers est sous forme d'énergie sombre, qui a un effet gravitationnel répulsif, cela permet d'expliquer à la fois la planéité de l'univers et l'expansion accélérée observée. Ainsi, l'énergie sombre, explique de nombreuses observations cosmologiques à la fois.