

# L'infiniment grand

**Yannick Mellier**

Institut d'Astrophysique de Paris

# **L'infiniment grand**

## **l'Univers de la cosmologie moderne**

**Yannick Mellier**

Institut d'Astrophysique de Paris

# **I. Petit panorama de la cosmologie contemporaine**

# Une définition de la cosmologie

- **Etude et interprétation des propriétés et du contenu de l'Univers observable** avec les lois de la physique de l'Univers proche
- **Description de l'origine et de l'évolution** de son organisation, de ses propriétés physiques et de ses constituants

# Les fondements de la cosmologie

- Expansion de l'Univers
- Abondance des éléments légers
- Fond de rayonnement micro-onde à  $T=2.7\text{K}$

Une particularité...

# Les fondements de la cosmologie

- Expansion de l'Univers
- Abondance des éléments légers
- Fond de rayonnement micro-onde à  $T=2.7\text{K}$

Une particularité:  $c$  = constante...  
*On peut remonter le temps et  
construire une histoire de l'univers.*

# Les fondements de la cosmologie

- Relativité Générale
- Principe Cosmologique

- Equations d'Einstein
- Equation d'état: modèles d'Univers

- Expansion de l'Univers
- Abondance des éléments légers
- Fond de rayonnement micro-onde à  $T=2.7\text{K}$

Une particularité:  $c$  = constante...  
*On peut remonter le temps et  
construire une histoire de l'univers.*

# Les fondements de la cosmologie

- Relativité Générale
- Principe Cosmologique

- Equations d'Einstein
- Equation d'état: modèles d'Univers

- Paradigme du Big Bang

- Expansion de l'Univers
- Abondance des éléments légers
- Fond de rayonnement micro-onde à  $T=2.7\text{K}$

Une particularité:  $c$  = constante...  
*On peut remonter le temps et  
construire une histoire de l'univers.*



# Les fondements de la cosmologie

- Relativité Générale
- Principe Cosmologique

- Equations d'Einstein
- Equation d'état: modèles d'Univers

- Paradigme du Big Bang

- Théorie de l'inflation
- Physique de l'Univers primordial

- Expansion de l'Univers
- Abondance des éléments légers
- Fond de rayonnement micro-onde à  $T=2.7K$

Une particularité:  $c = \text{constante} \dots$   
*On peut remonter le temps et construire une histoire de l'univers,*

# Une brève histoire de la cosmologie moderne

- **1915**: Einstein – Théorie de la relativité générale: une théorie de la gravitation
- **1920**: Distance dans l'Univers: la nature extragalactique des galaxies
- **1922 – 1927**: Modèles d'univers de Lemaître / Friedmann – Modèle de l'atome primordial (→ Big Bang)
- **1929**: Hubble – Un univers en expansion
- **1933**: Zwicky : la masse manquante (→ Matière noire)
- **1940**: Gamov : Univers chaud et synthèse des éléments - Prédiction d'un rayonnement résiduel fossile
- **1940**: Alpher & Herman: nucléosynthèse primordiale
- **1965**: Penzias & Wilson: découverte du rayonnement cosmologique à  $T=2.7$  K
- **1970- 1990**: théories de la formation des structures et les galaxies  
→ nature de la matière noire? → « Cold Dark Matter »
- **1981**: Courbes de rotation *plates* des galaxies (→ Matière noire)

# Une brève histoire de la cosmologie moderne

- **1981**: Guth : théorie de l'*inflation* → explication des paradoxes des modèles d'univers standards → cosmologie primordiale
- **1985**: Arcs gravitationnels → optique gravitationnelle pour sonder la distribution de la matière noire
- **1986**: Distribution 3D des galaxies: un univers très structuré mais composé principalement de régions vides ?
- **1992**: COBE
  - le fond cosmologique fossile est un corps noir parfait à 2.725 K
  - les anisotropies du fond cosmologique sont visibles et correspondent à celles prédites: « triomphe de la cosmologie moderne »
- **1998**: Observation de la relation distance-magnitude des Supernovae: l'univers est en expansion accélérée
  - Energie noire ? Qu'y a-t-il derrière cette accélération?
  - Un epicycle de plus , après la matière noire?
  - Un « triomphe » à nuancer ?

# Une brève histoire de la cosmologie moderne

- **1995 – 2000**: Hubble key Program: mesure solide de la constante de Hubble (fin du débat sur la valeur de  $H_0$ ).
- **2000**: BOOMERANG et MAXIMA: l'univers est plat
- **2000 – 2002**: oscillation des neutrinos: les neutrinos ont une masse
- **2000**: Premières détections des effets de distorsion gravitationnelle cosmologique (*cosmic shear*): la distribution à grande échelle de la matière noire devient « visible »
- **2000 – 2007**: SDSS et 2dF :
  - distribution des galaxies dans l'Univers
  - détection des oscillations acoustiques des baryons dans la distribution des galaxies
- **2006**: WMAP et la naissance de la « cosmologie de précision »
- **2006**: le « Bullet Cluster » → la matière noire est la bonne interprétation des observations!
- **2009**: Le LHC
- **2009**: Planck