

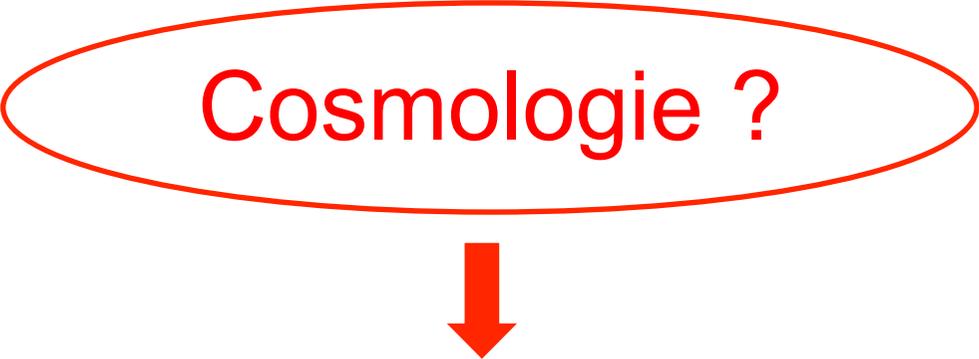
Cosmologie

Jean-Baptiste Melin
CEA Saclay, IRFU/SPP

« Ce qui est admirable,
ce n'est pas que le champ des étoiles soit si vaste,
c'est que l'homme l'ait mesuré. »

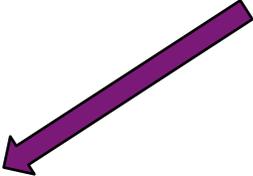
Anatole France
(1844 – 1924)

Cosmologie ?

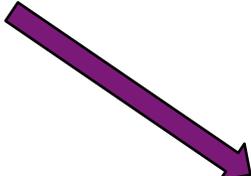


Etude de l'Univers dans son ensemble !

Discipline scientifique
depuis la fin des années 1920 seulement

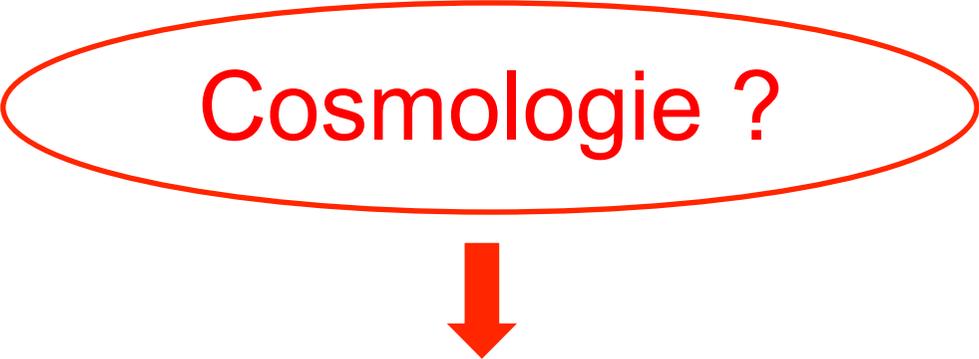


Mesure des échelles de
distance mises en jeu



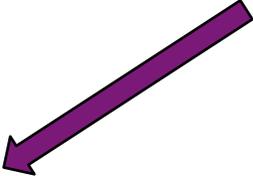
Mise en place d'un
cadre théorique

Cosmologie ?

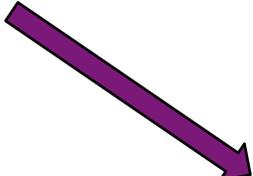


Etude de l'Univers dans son ensemble !

Discipline scientifique
depuis la fin des années 1920 seulement



Mesure des échelles de
distance mises en jeu



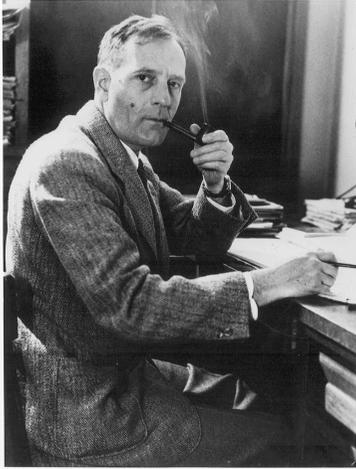
Mise en place d'un
cadre théorique

La Silla, Chili

(à 25 000 années-lumière)

Source : ESO/S. Brunier





Hubble

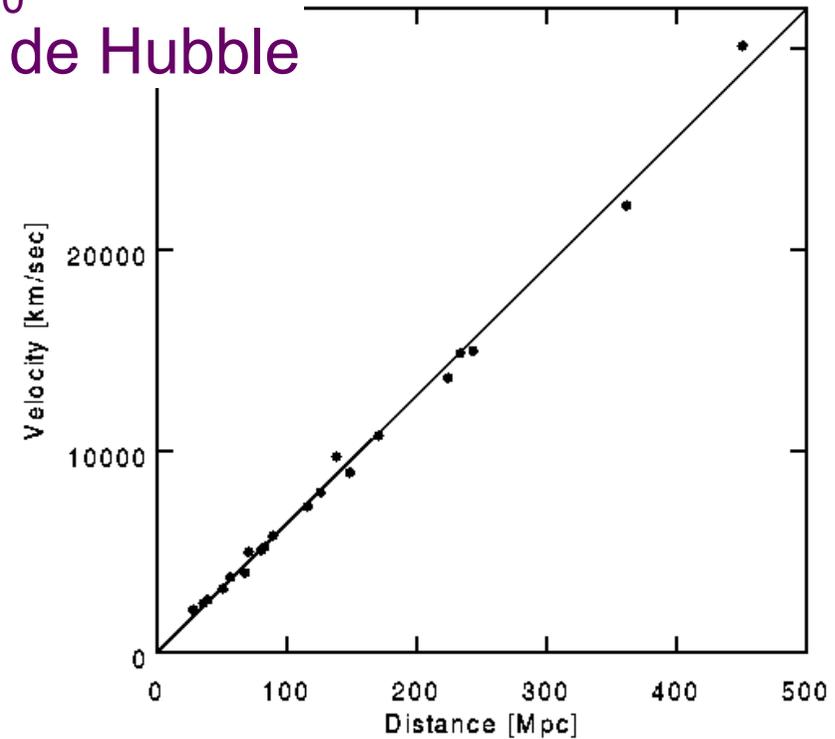
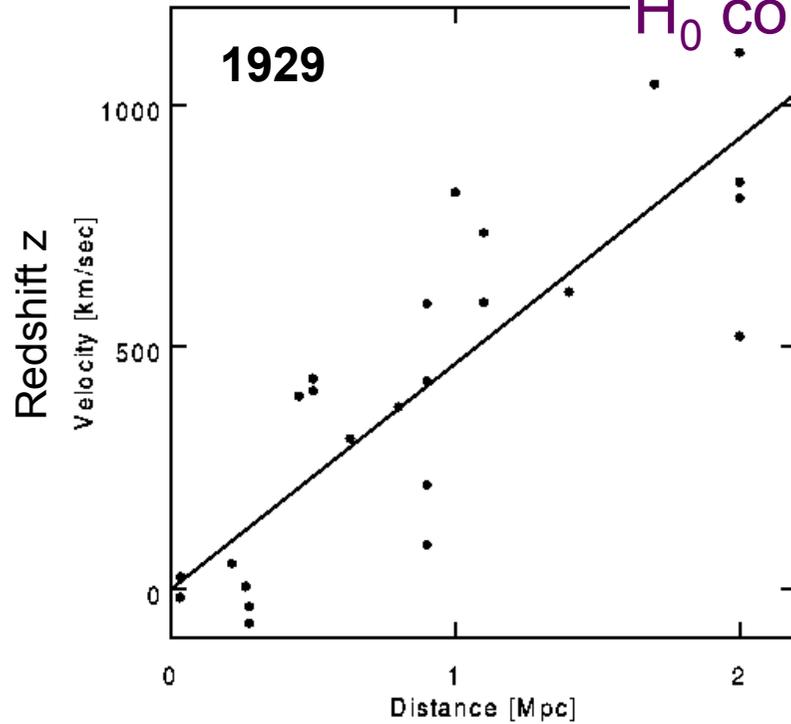
Découverte de l'expansion de l'Univers (fin des années 1920)



Lemaître

$$V = H_0 D$$

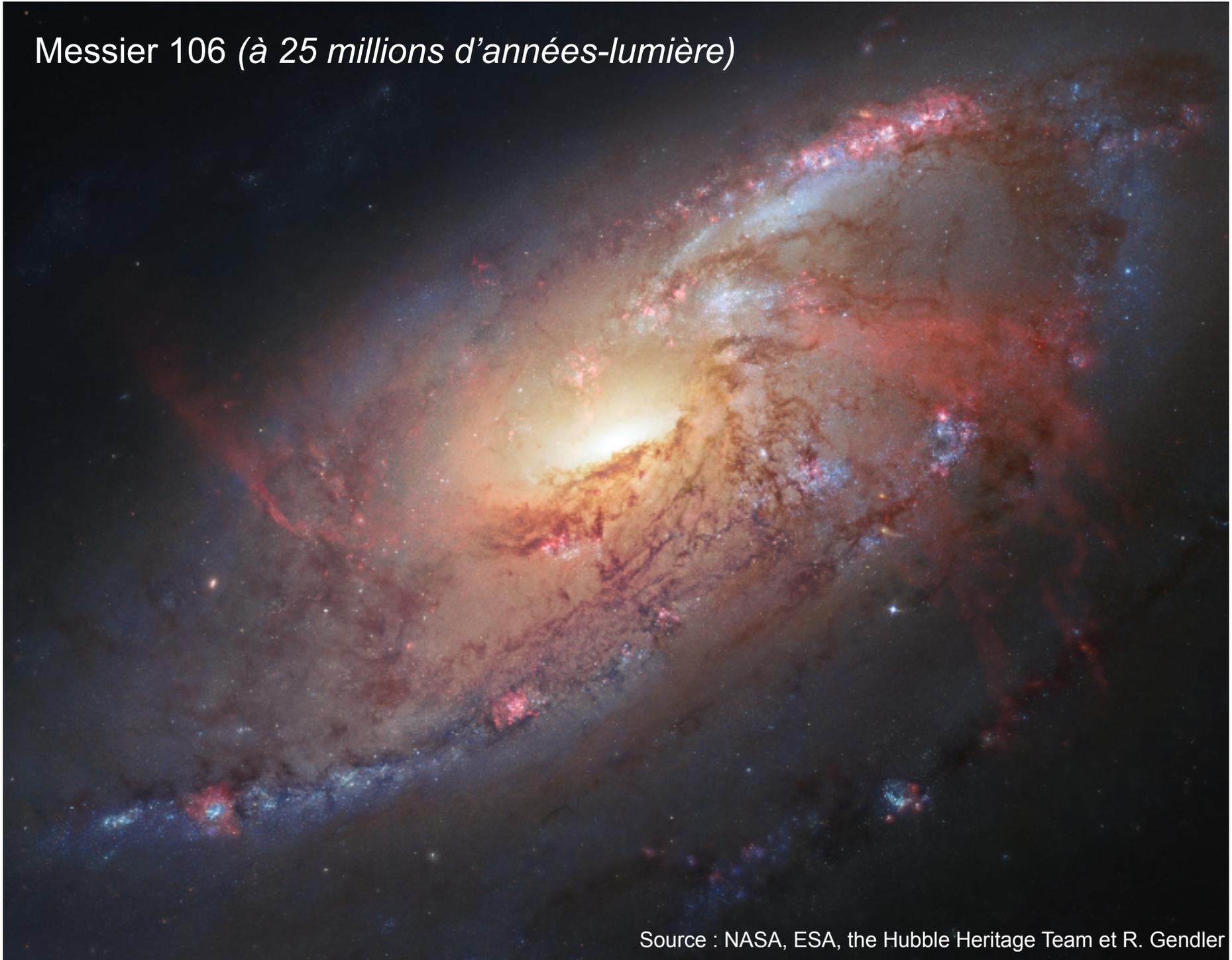
H_0 constante de Hubble



1 pc = 3,2 années-lumière

Source : Ned Wright

Messier 106 (à 25 millions d'années-lumière)



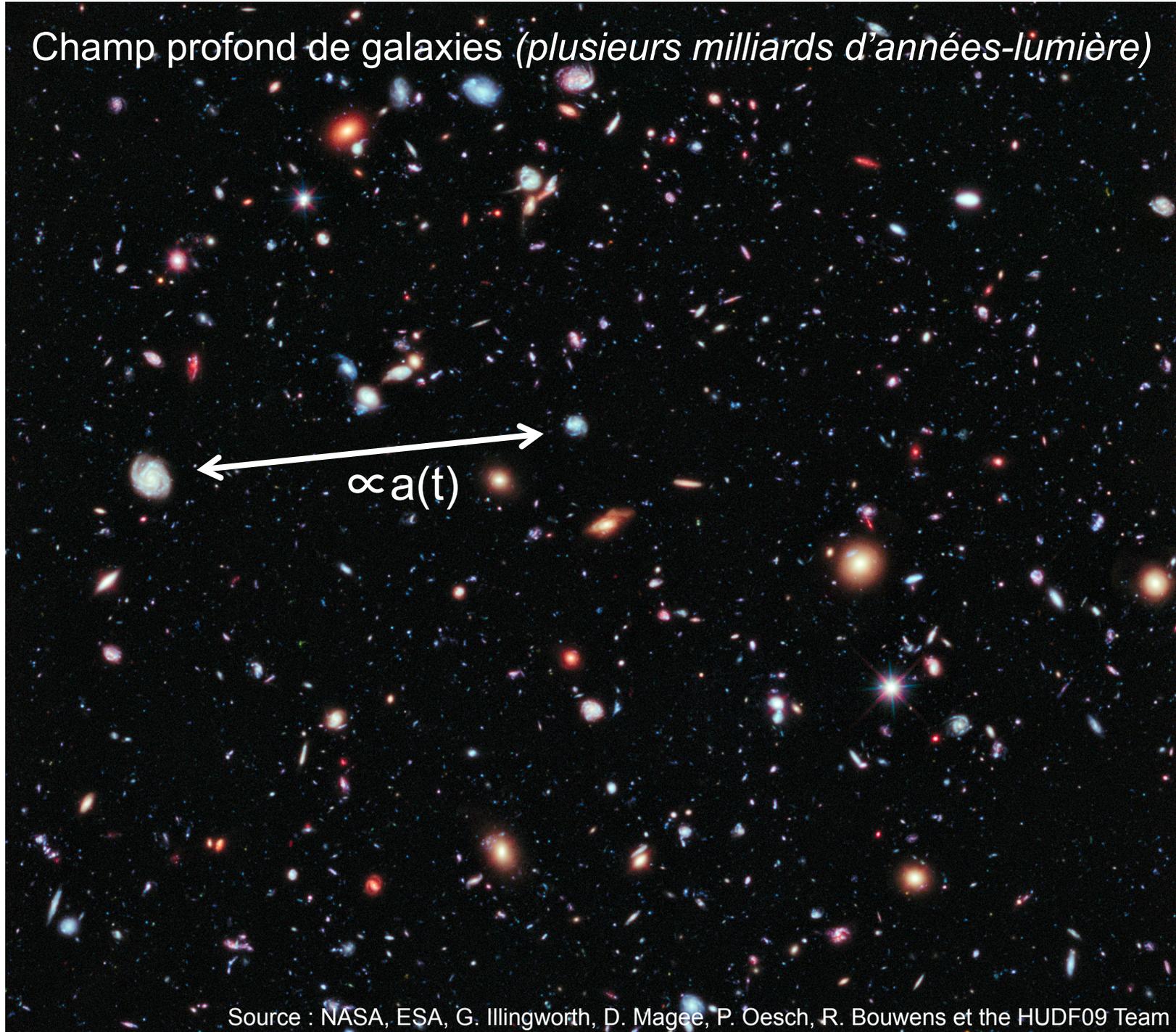
Source : NASA, ESA, the Hubble Heritage Team et R. Gendler

Champ profond de galaxies (*plusieurs milliards d'années-lumière*)



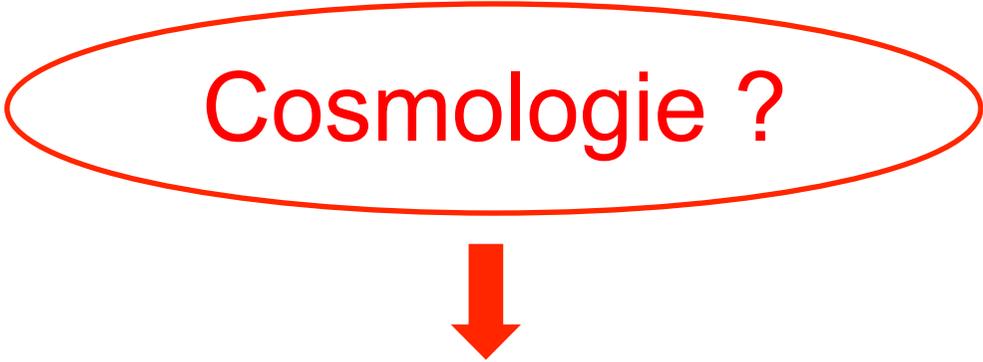
Source : NASA, ESA, G. Illingworth, D. Magee, P. Oesch, R. Bouwens et the HUDF09 Team

Champ profond de galaxies (*plusieurs milliards d'années-lumière*)



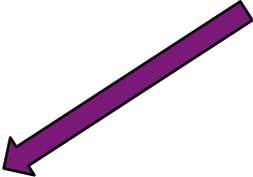
Source : NASA, ESA, G. Illingworth, D. Magee, P. Oesch, R. Bouwens et the HUDF09 Team

Cosmologie ?

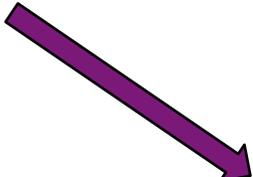


Etude de l'Univers dans son ensemble !

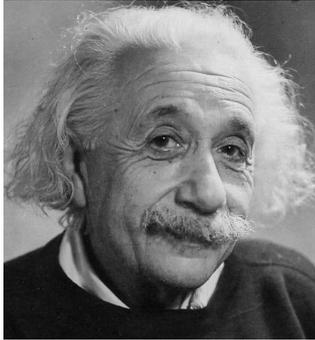
Discipline scientifique
depuis la fin des années 1920 seulement



Mesure des échelles de
distance mises en jeu

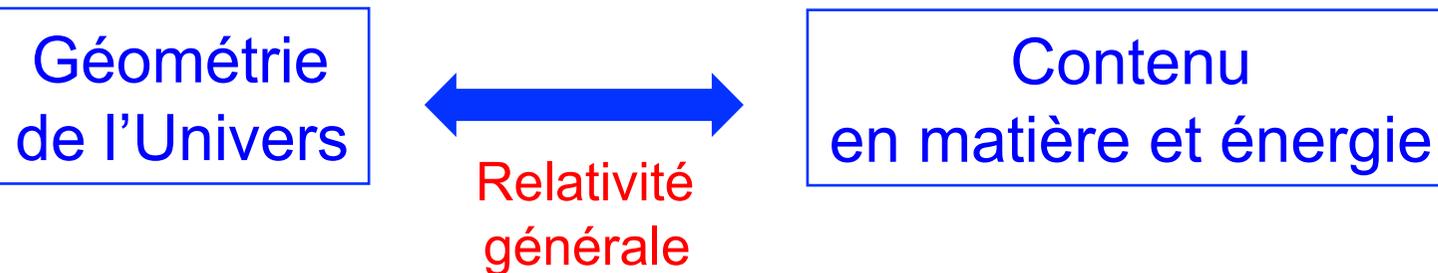


Mise en place d'un
cadre théorique



Einstein

Relativité générale et paramètres cosmologiques



+ univers homogène et isotrope

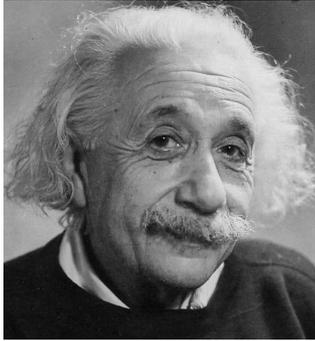
$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} - \frac{kc^2}{a^2} + \frac{\Lambda c^2}{3}$$

Paramètre de Hubble

« Matière »

courbure

Constante cosmologique



Einstein

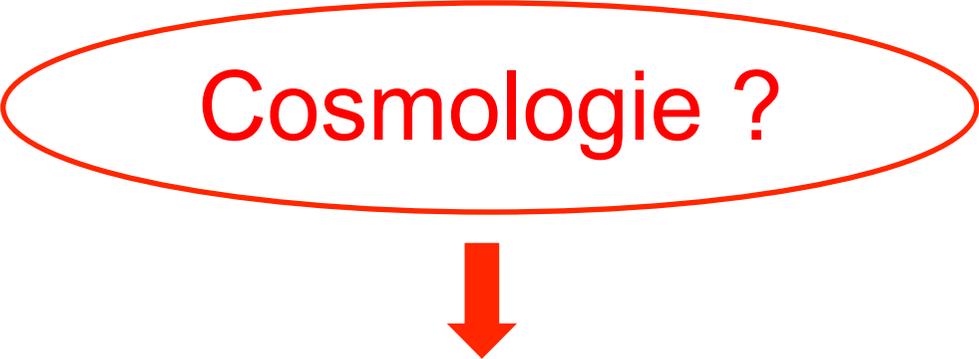
Relativité générale et paramètres cosmologiques

$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a} \right)^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} - \frac{kc^2}{a^2} + \frac{\Lambda c^2}{3}$$

$$\Omega_m(z) = \frac{8\pi G\rho}{3H^2} \quad \Omega_k(z) = \frac{kc^2}{a^2 H^2} \quad \Omega_\lambda(z) = \frac{\Lambda c^2}{3H^2}$$

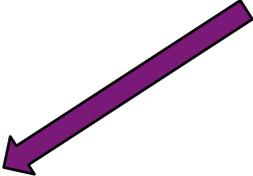
$$\Omega_m(z) - \Omega_k(z) + \Omega_\lambda(z) = 1$$

Cosmologie ?

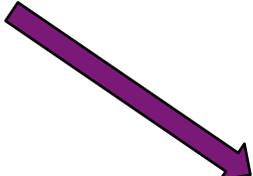


Etude de l'Univers dans son ensemble !

Discipline scientifique
depuis la fin des années 1920 seulement



Mesure des échelles de
distance mises en jeu

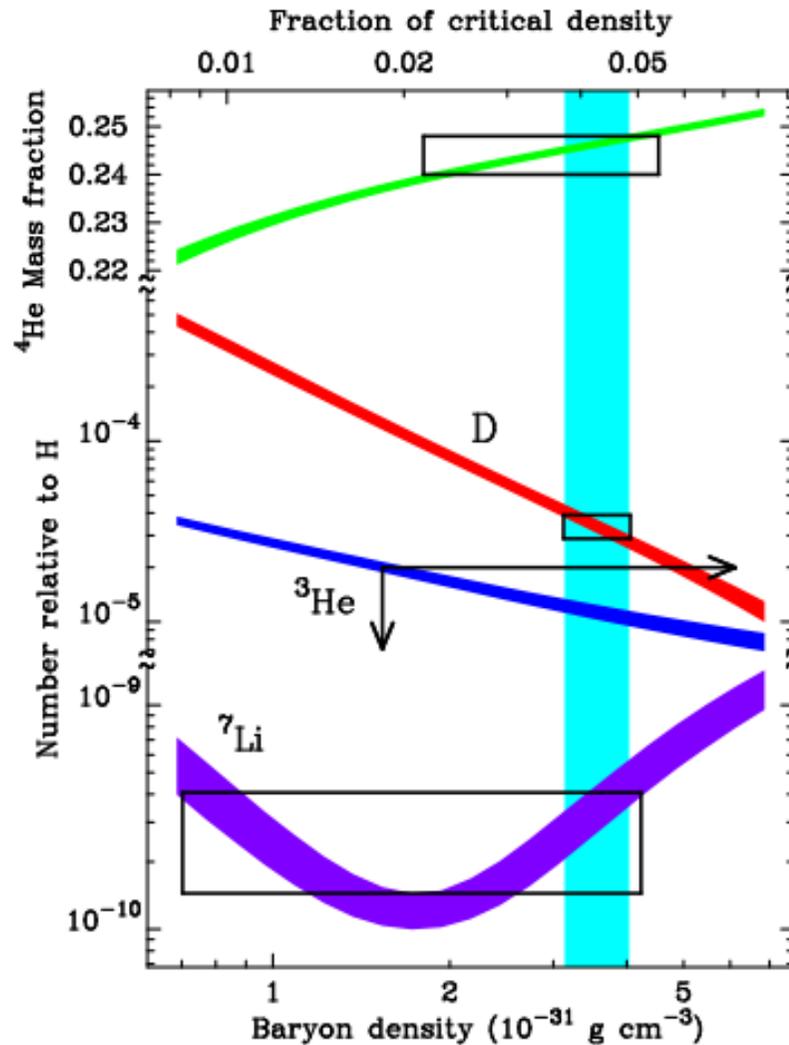


Mise en place d'un
cadre théorique



Alpher

Abondance des éléments légers « Nucléosynthèse primordiale » (années 1940)



Tytler et al. 2000

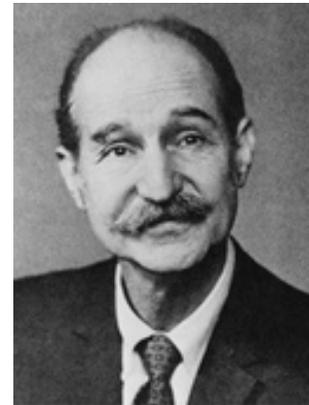
Prédiction du fond diffus cosmologique (1948)



Gamov

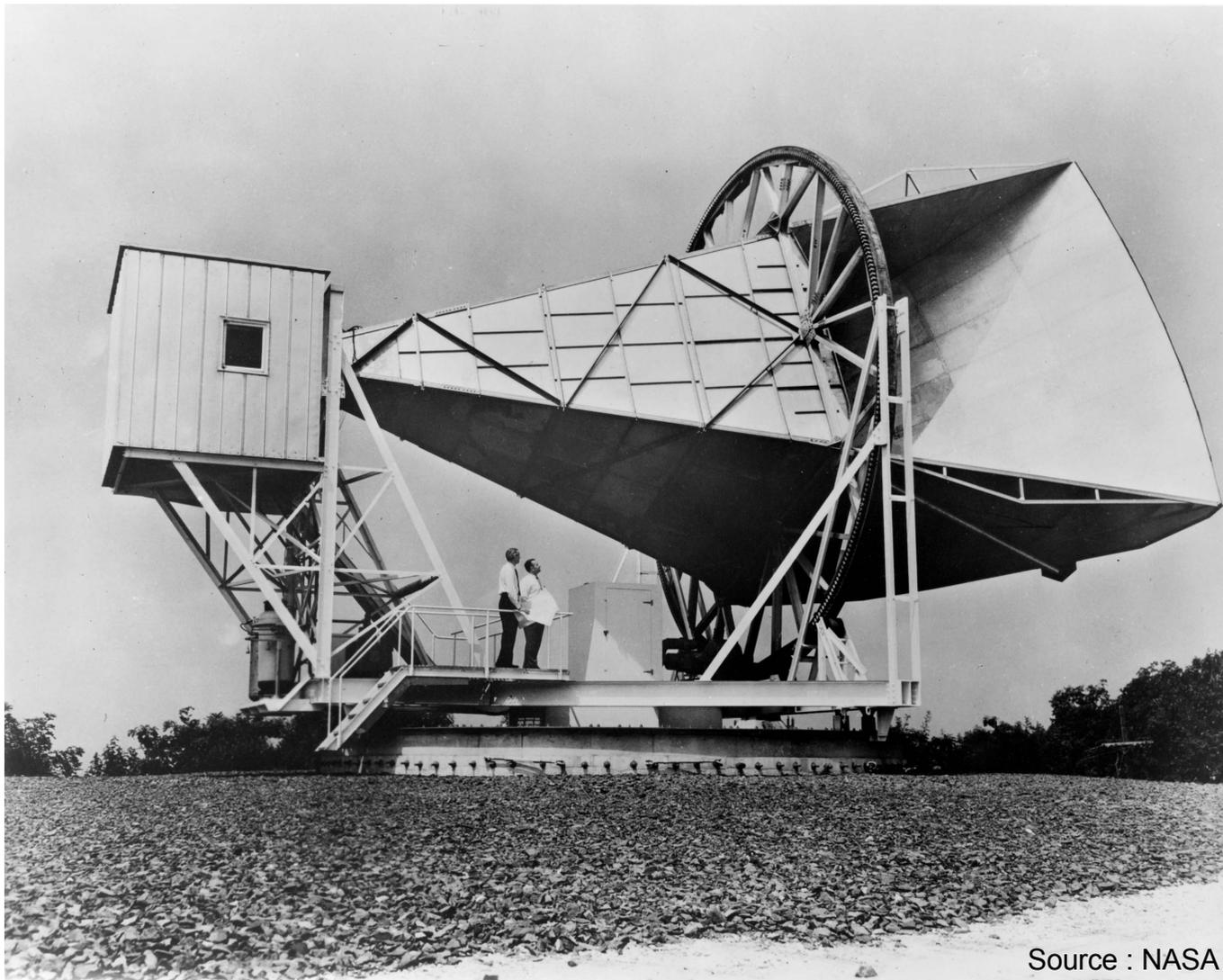


Alpher



Herman

Il existe un rayonnement fossile (=CMB) qu'on peut observer aujourd'hui
C'est un corps noir a une température d'environ 5 Kelvin (-268,15°C)



Observation en 1965

Penzias et Wilson observent sans ambiguïté le rayonnement prédit
Il a une température de 3 Kelvin

Années 1980...

- H_0 est-il grand (~ 150 km/s/Mpc) ou petit (~ 50 km/s/Mpc) ?
- Recherche vaine des anisotropies du CMB
- Arguments philosophiques de simplicité autour de $\Omega_m=1$, $\Omega_\lambda=0$

Des progrès accélérés ! (1990-2010)

- Découverte des anisotropies du CMB (1992)
⇒ COBE, voir présentation de Marta Spinelli

Des progrès accélérés ! (1990-2010)

- Découverte des anisotropies du CMB (1992)
- Découverte de l'expansion accélérée de l'Univers grâce aux SNIa (1998)
 - ⇒ Supernova Cosmology Project et High-z supernovae search team,
voir présentation de Mathilde Fleury

Des progrès accélérés ! (1990-2010)

- Découverte des anisotropies du CMB (1992)
- Découverte de l'expansion accélérée de l'Univers grâce aux SNIa (1998)
- Mesures de plus en plus précises des anisotropies du CMB (2000-2008)
⇒ BOOMERanG, Archeops, WMAP

Des progrès accélérés ! (1990-2010)

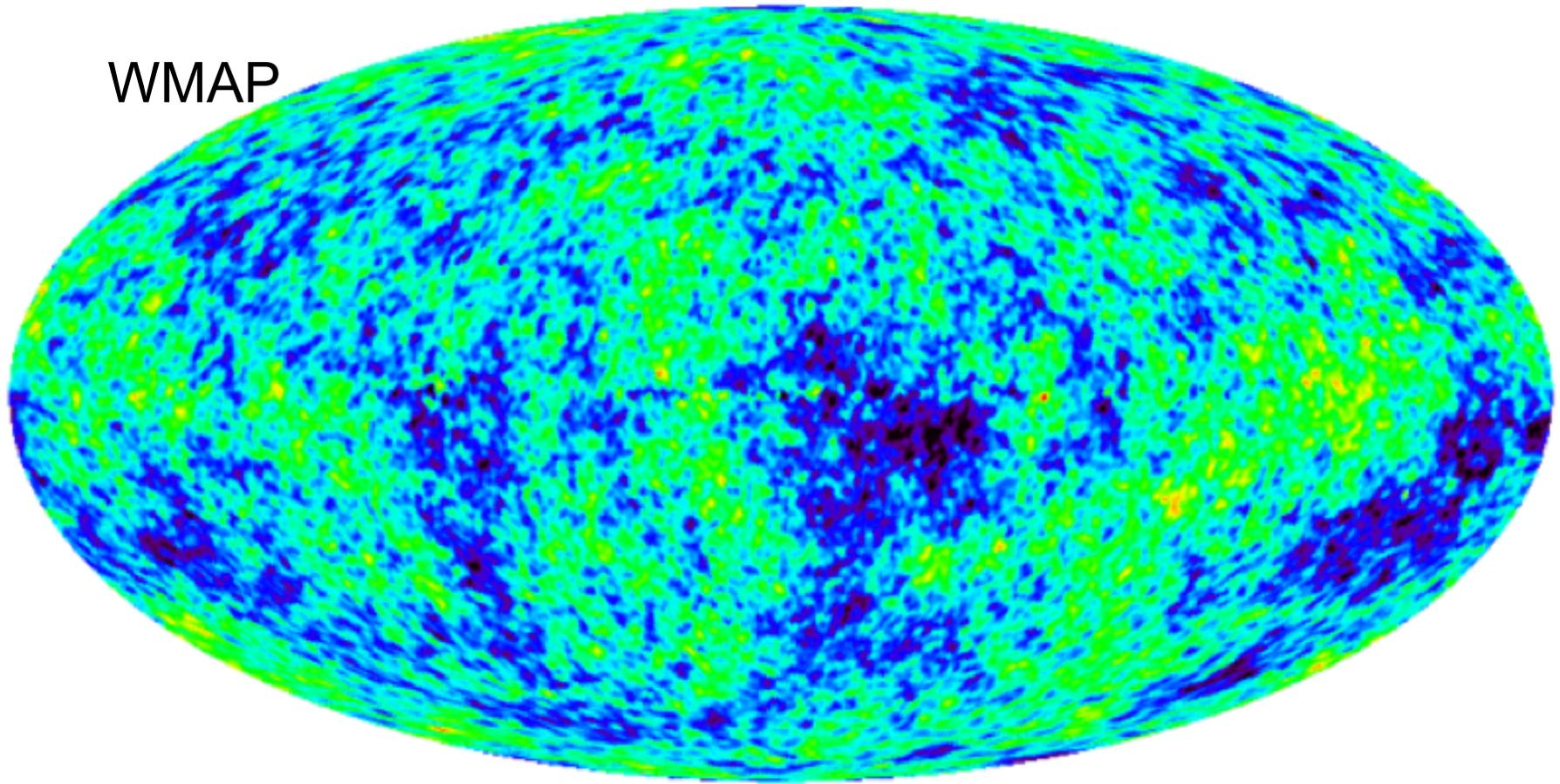
- Découverte des anisotropies du CMB (1992)
- Découverte de l'expansion accélérée de l'univers grâce aux SNIa (1998)
- Mesures précises des anisotropies du CMB (2000-2010)

« Au fait, tu as parlé des C de elle dans ton talk d'intro ? »

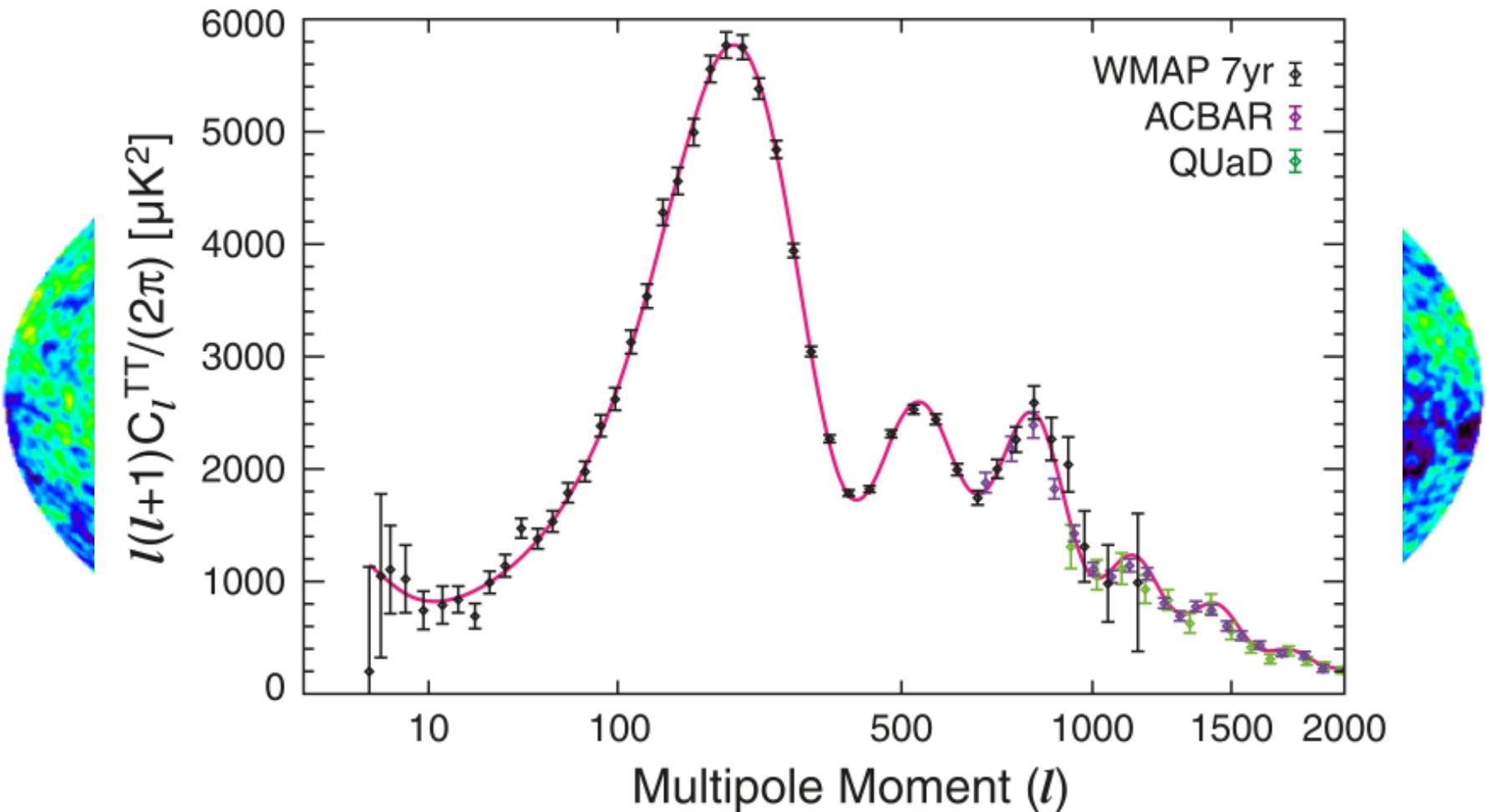
RanG, Archeops, WMAP

**Des progrès accélérés !
(1990-2010)**

WMAP



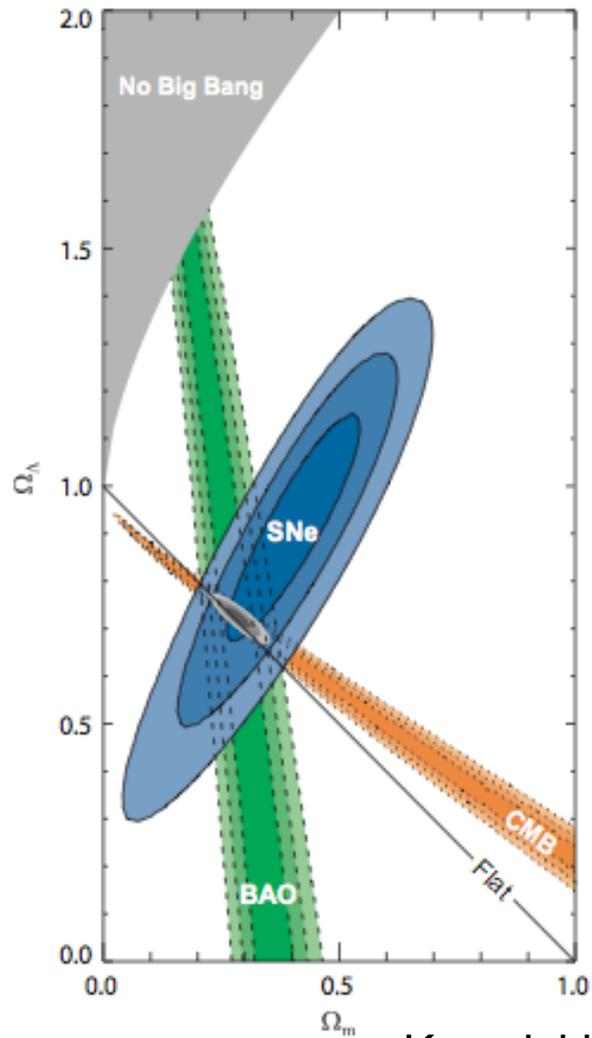
Des progrès accélérés ! (1990-2010)



Des progrès accélérés ! (1990-2010)

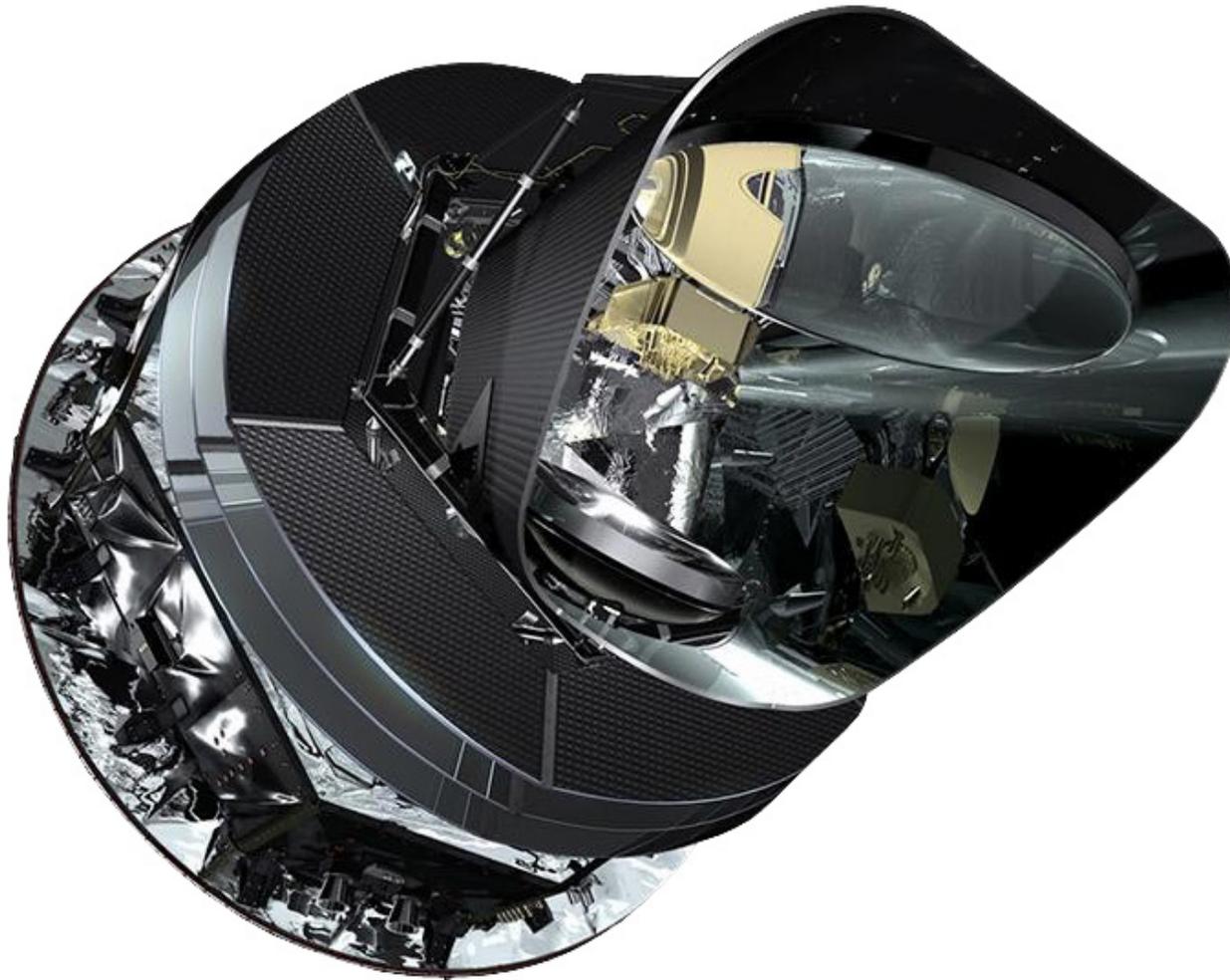
- Découverte des anisotropies du CMB (1992)
- Découverte de l'expansion accélérée de l'Univers grâce aux SNIa (1998)
- Mesures de plus en plus précises des anisotropies du CMB (2000-2008)
- Observation des oscillations acoustiques de baryons BAO (2005)
 - ⇒ Sloan Digital Sky Survey,
échelle caractéristique dans la distribution spatiale des galaxies

Modèle de concordance (années 2000)

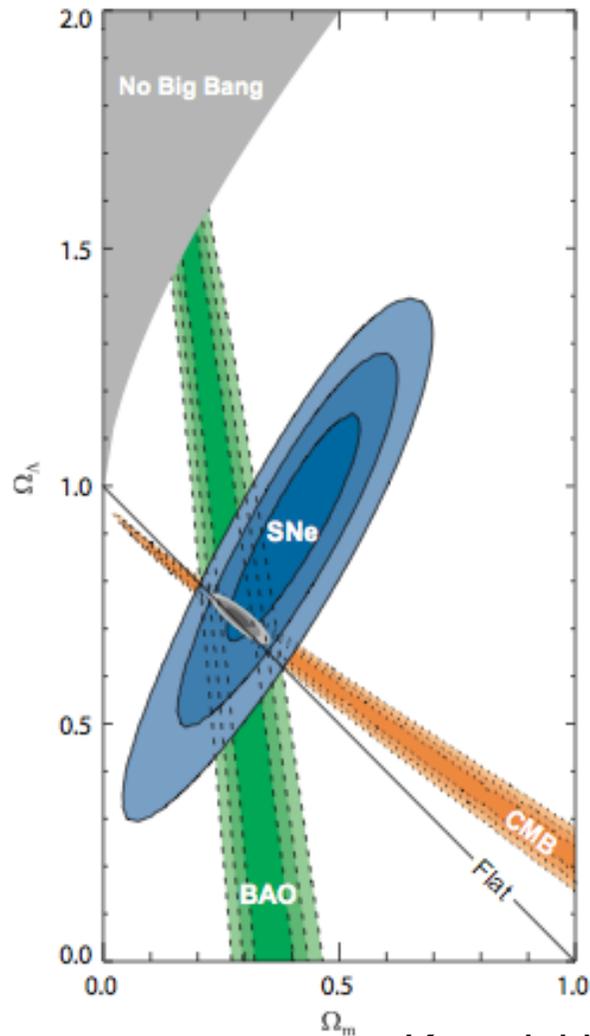


Kowalski et al. 2008

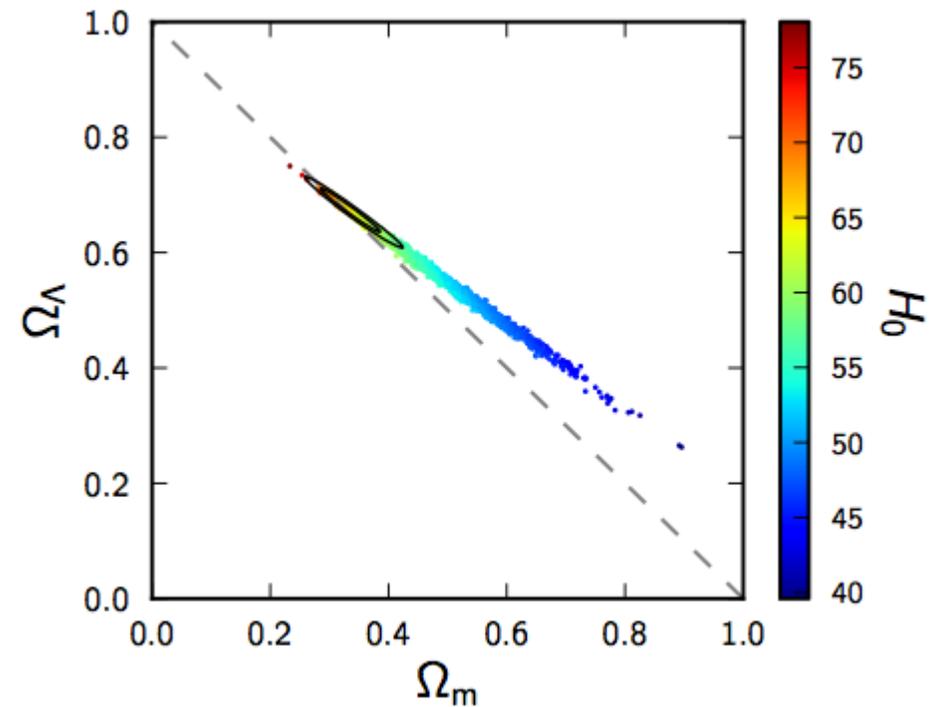
Le satellite Planck (2009-2013)



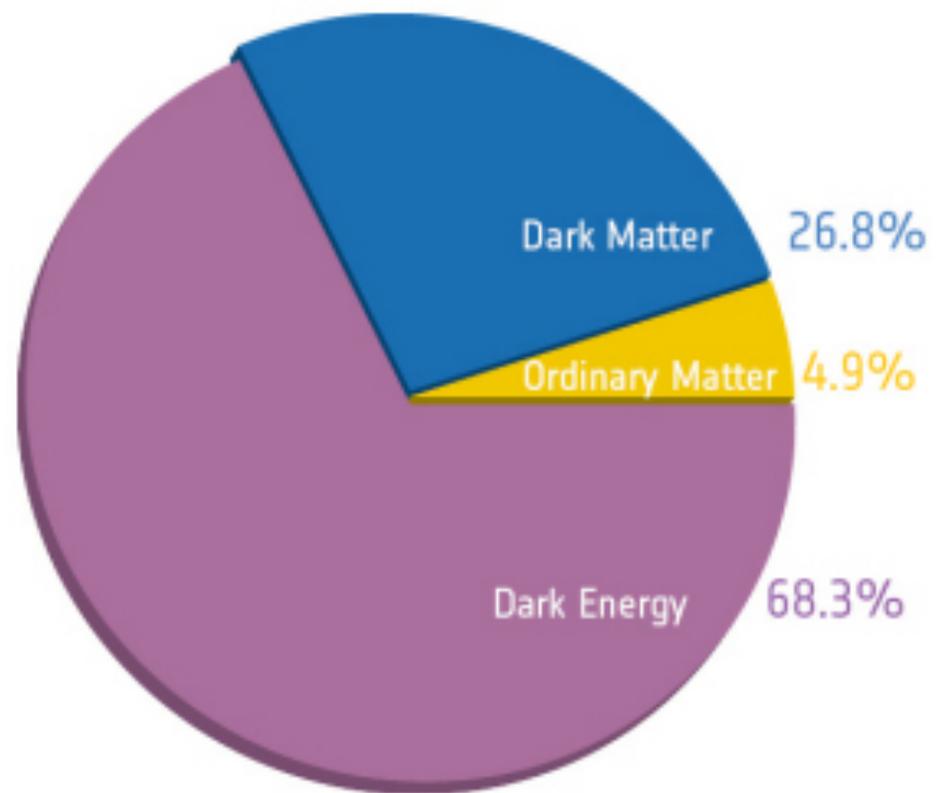
Modèle de concordance (année 2013)



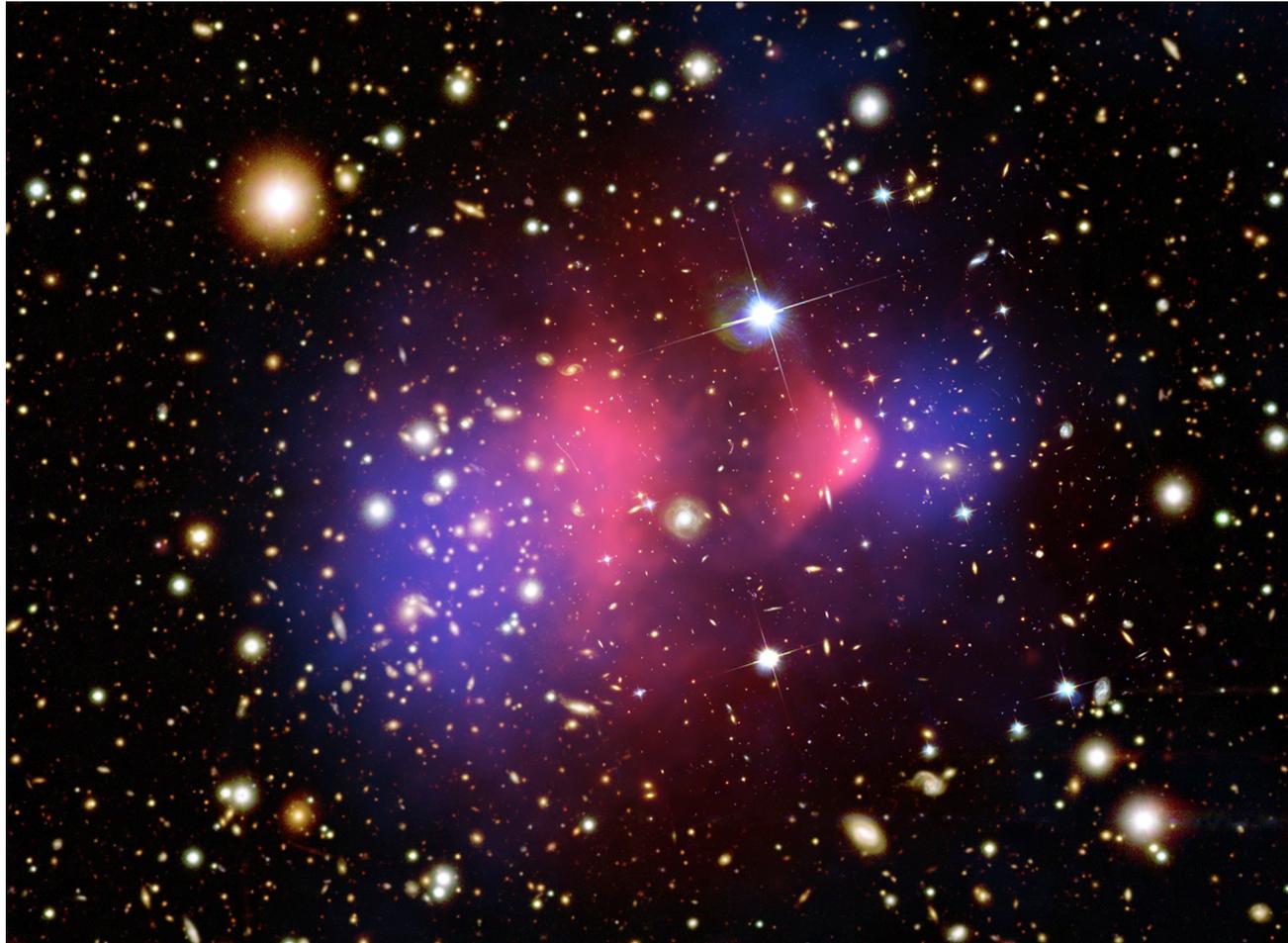
Kowalski et al. 2008



Planck collaboration 2013



**« Bullet cluster »
galaxies, gaz, matière noire**



Quelques grandes questions de Cosmologie (aujourd'hui)

- Quelles sont les propriétés et la nature de la matière et de l'énergie noire ?

Mathilde Fleury, Anais Möller, Quentin Riffard

- Quelles sont les valeurs précises des paramètres cosmologiques ? Peut-on mettre le modèle de concordance en défaut ? Faut-il ajouter d'autres paramètres au modèle ?

Marta Spinelli, Rémi Adam, Alexis Helou

- Que s'est-t-il passé juste après le Big-Bang ?
- ...

Présentations

- **Mathilde Fleury**

Analyse de la diversité de couleur des supernovae de type Ia avec les données de la SuperNova Factory

- **Anais Möller**

Photometric selection of type Ia SNe in the SuperNova Legacy Survey: improving the detection of transient events

- **Alexis Helou**

Horizons & Spheres: The Superluminal Expansion

- **Quentin Riffard**

Dark matter directional detection with MIMAC

- **Marta Spinelli**

Physique des neutrinos avec le satellite Planck

- **Rémi Adam**

NIKA as a new instrument for high resolution Sunyaev-Zel'dovich observations