

Ce cours est enregistré et
diffusé sur la plateforme
MEDIASERVER de l'**UNIGE**



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Département d'astronomie

Les grandes missions spatiales pour l'Astrophysique Saison 3

par Corinne Charbonnel, Professeure au Département
d'Astronomie de l'Université de Genève



Credit image : European Space Agency (ESA Towards Earth Explorer 11)

**le mardi, du 20 septembre au 20 décembre 2022
de 17h45 à 18h45**

Auditoire A300 - Sciences II, 30 quai Ernest-Ansermet, Genève

**Inscription au cours sur place le 20 septembre
Renseignements : <http://unige.ch/sciences/astro>**

Crédit image: NASA / ESA / STScI / www.hubblesite.org

Sommaire du cours et enseignant.e.s

Présentation – Prof. A. Verhamme
Archéologie Galactique – Dr L.Eyer
Formation stellaire – Dr M.Audard
Astronomie gamma – Prof. S.Paltani
Système solaire – Prof. C.Charbonnel
Titan – Prof. C.Sotin (15 nov.)

Le mardi, du 20 septembre au 20 décembre
(sauf le 4 octobre) de 17h45 à 18h45.

Astronomie générale - Les grandes missions spatiales pour l'Astrophysique - Saison 3

Cosmologie

Stéphane Paltani

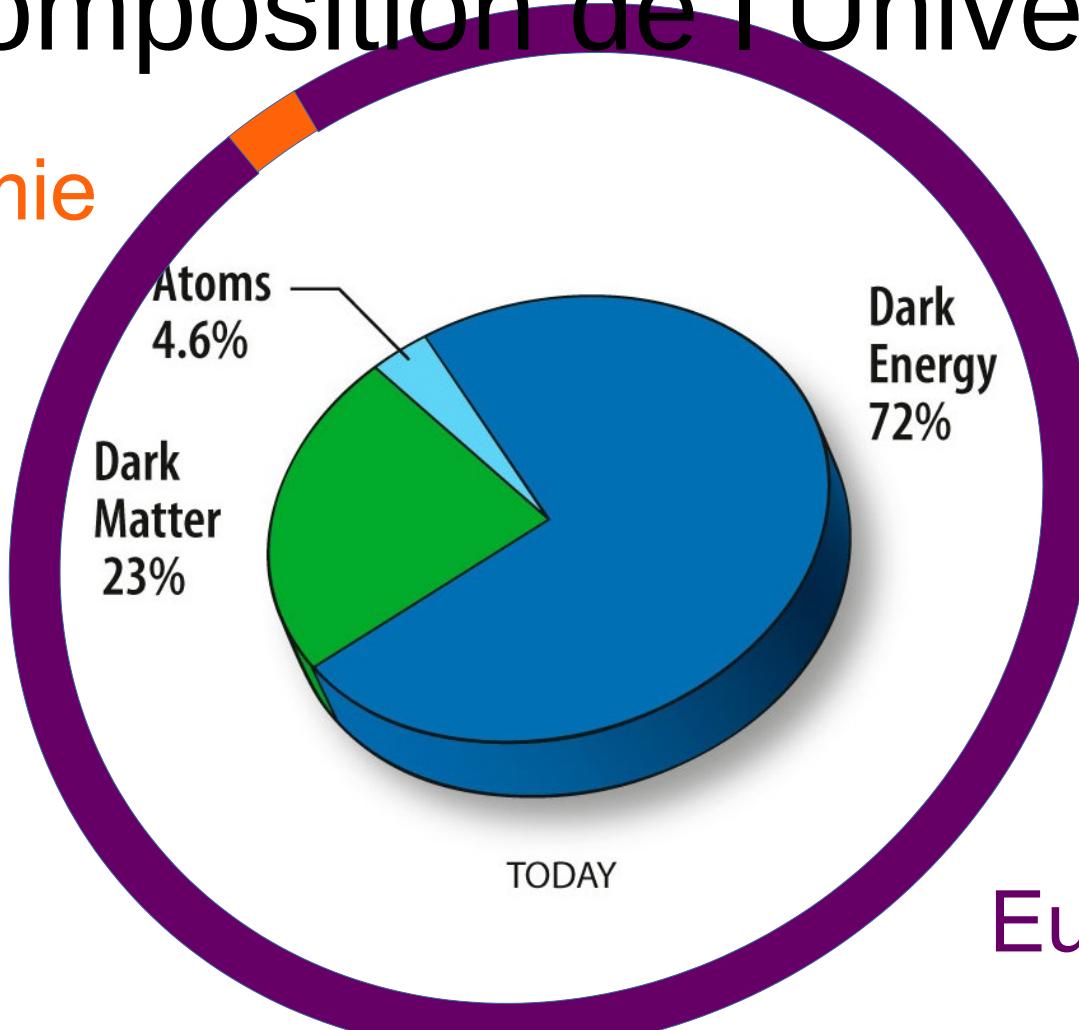


UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Département d'astronomie

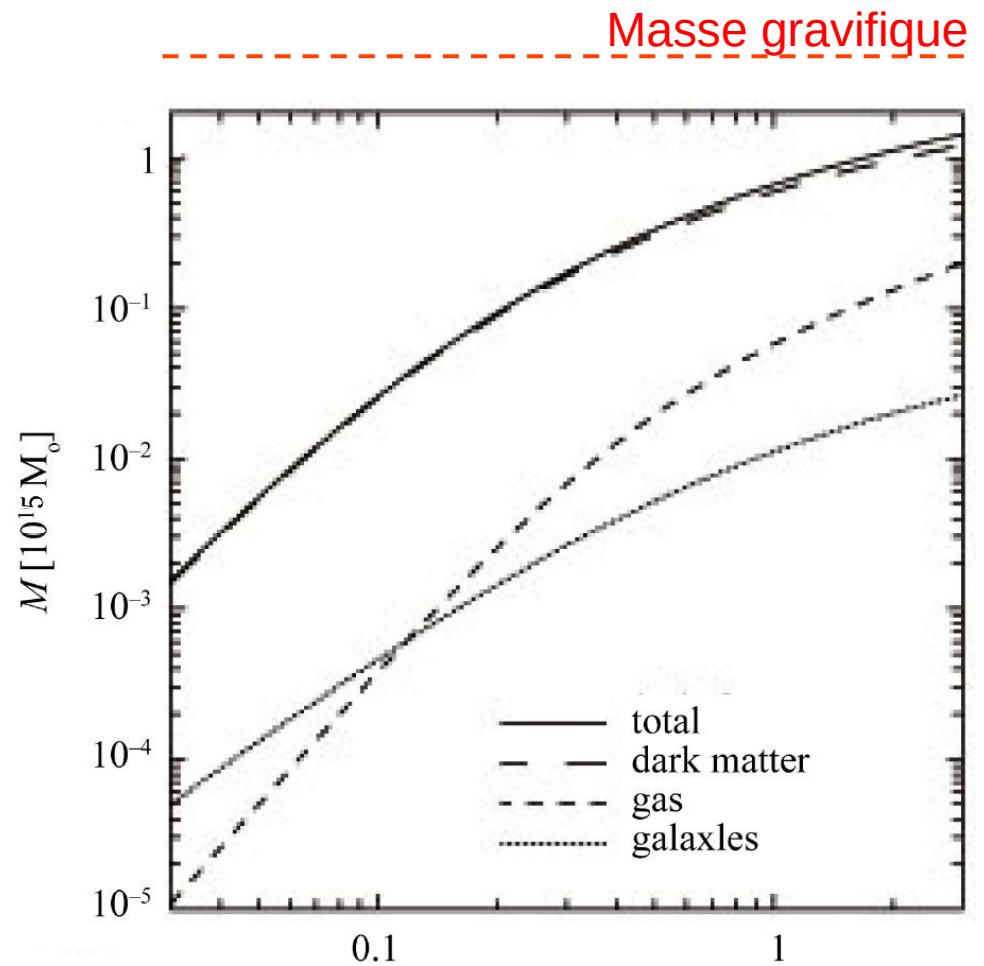
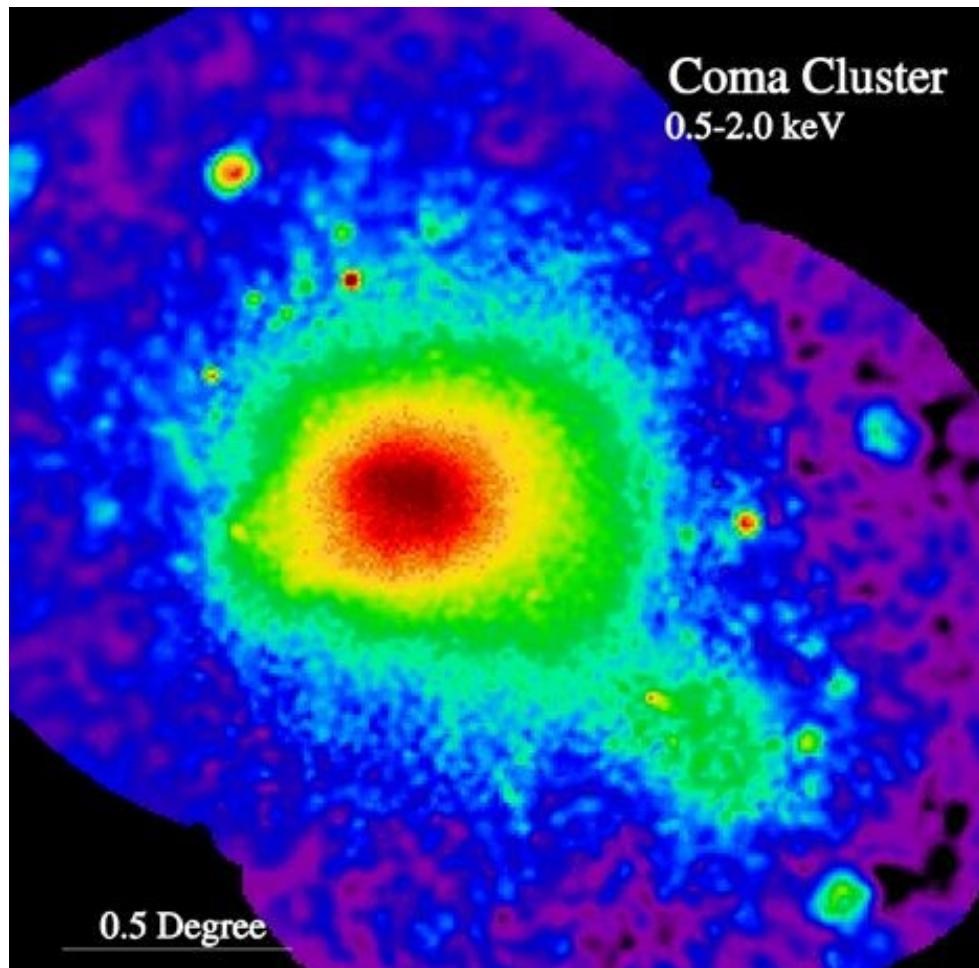
Composition de l'Univers

Toute
l'astronomie

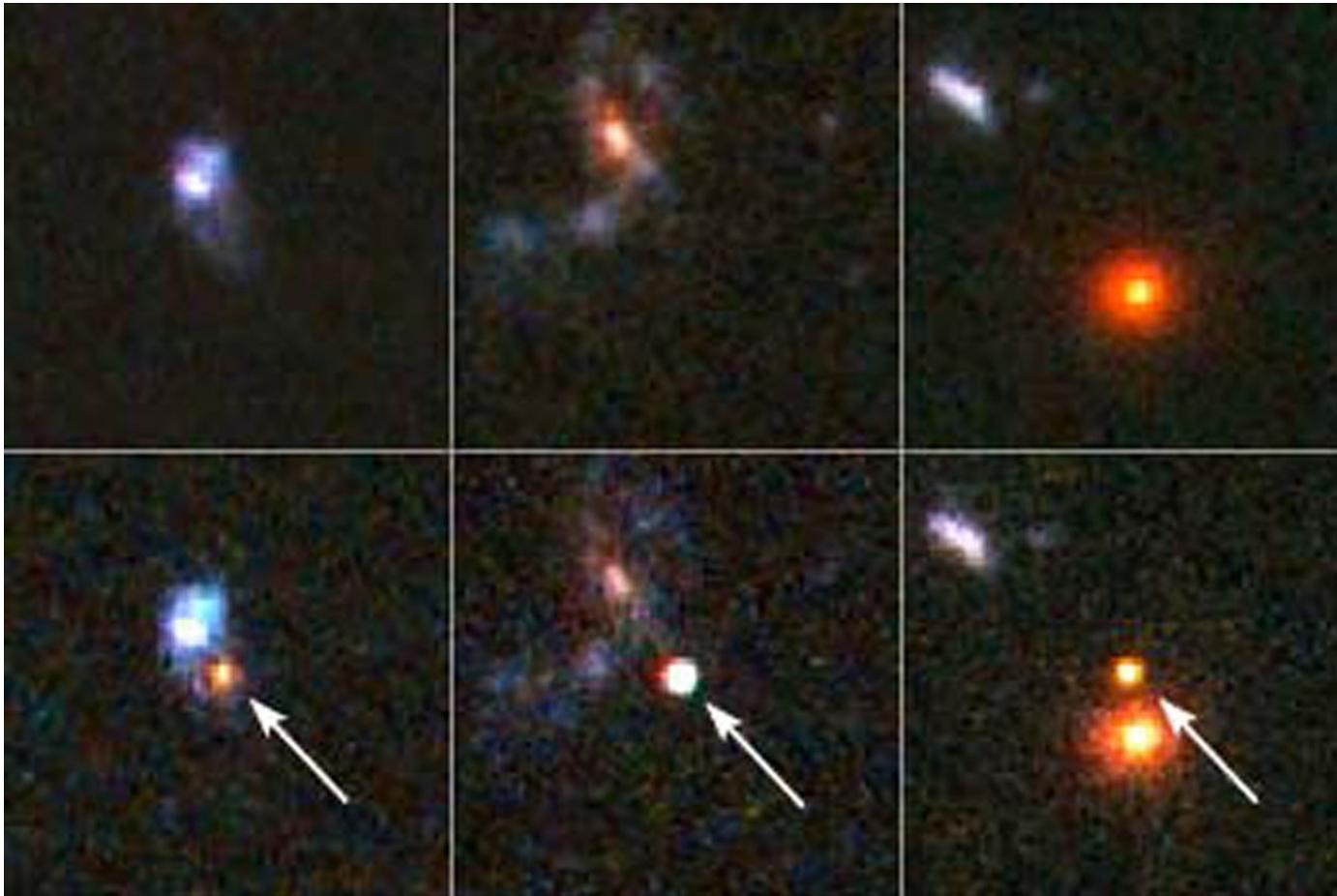


Euclid (+autres)

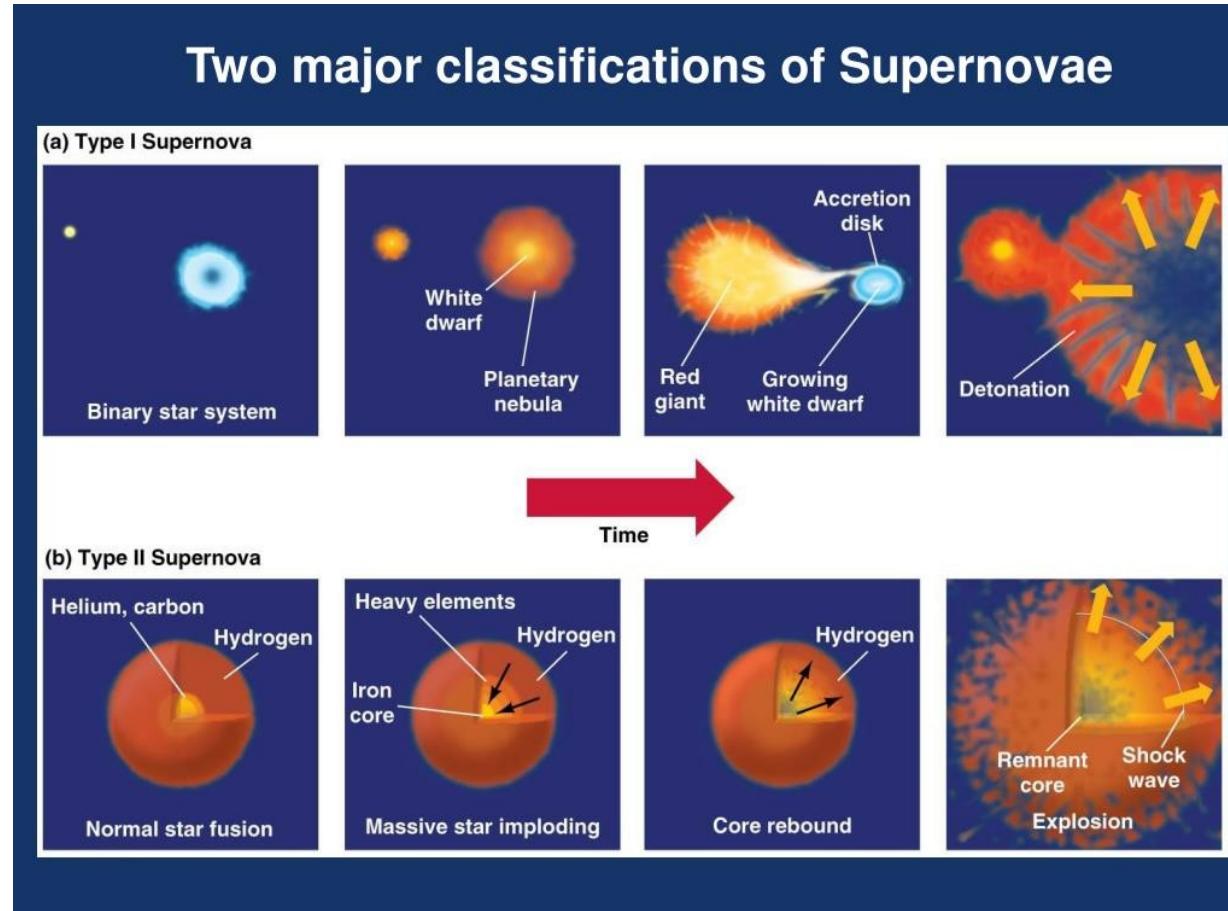
Matière noire



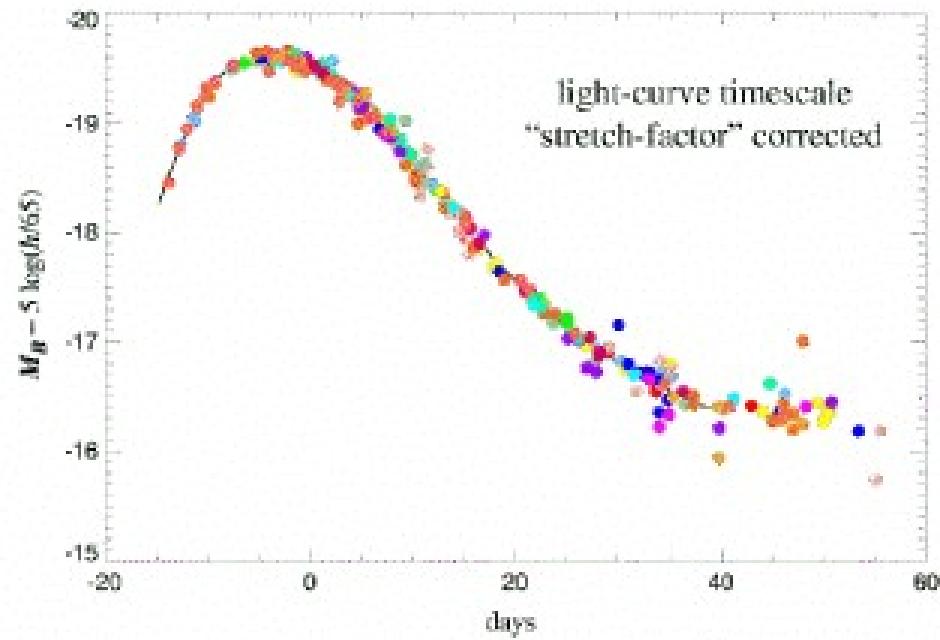
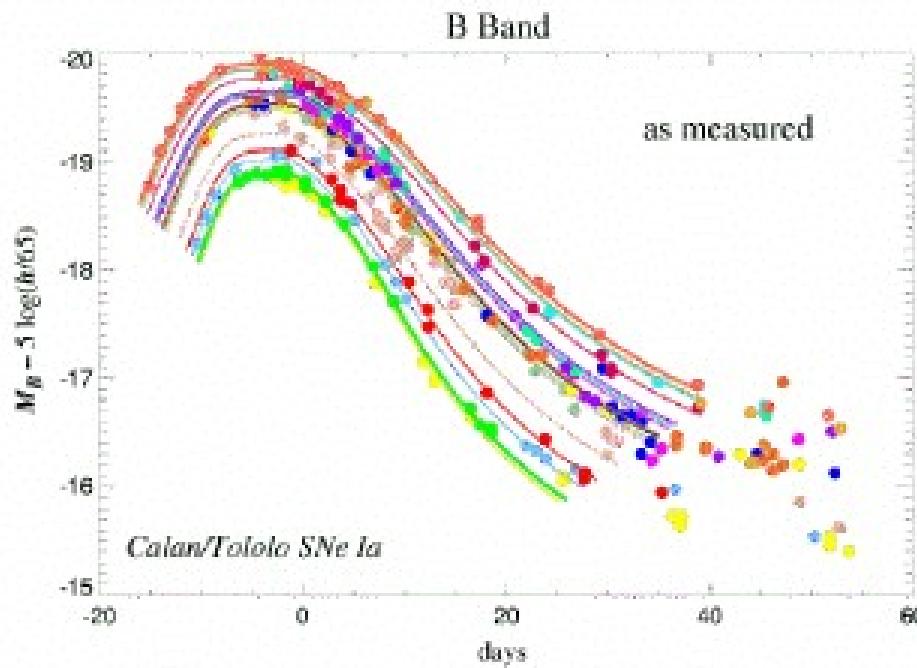
Supernovas



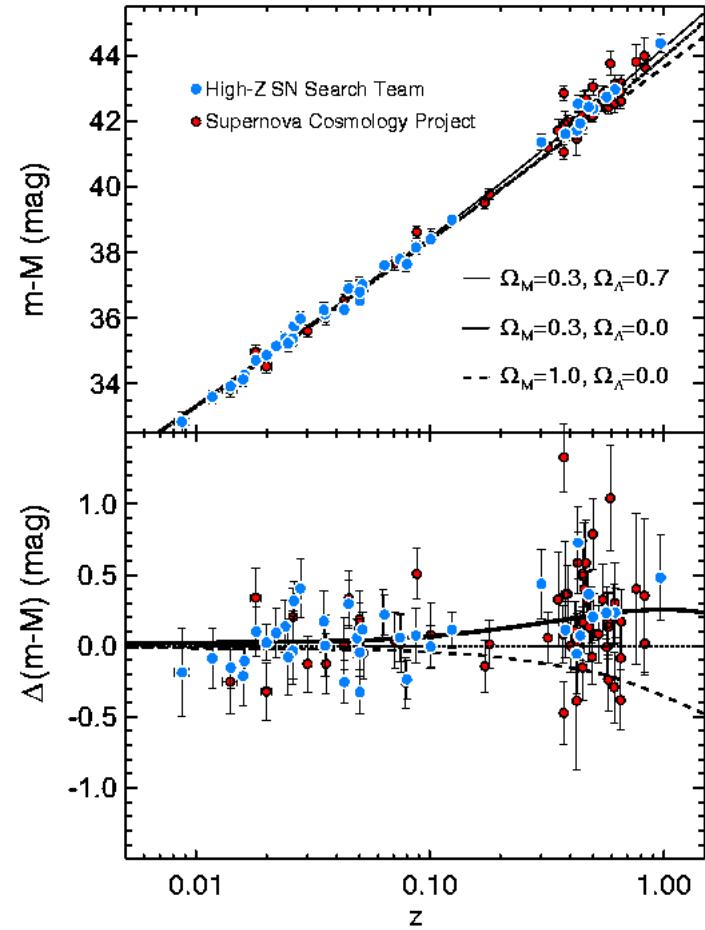
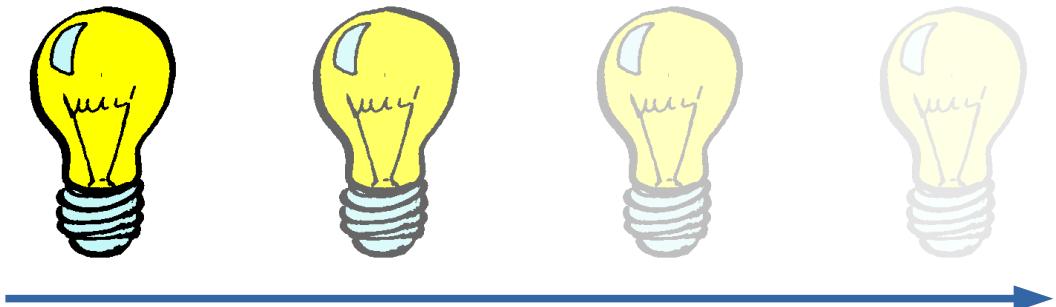
Deux types de supernovas



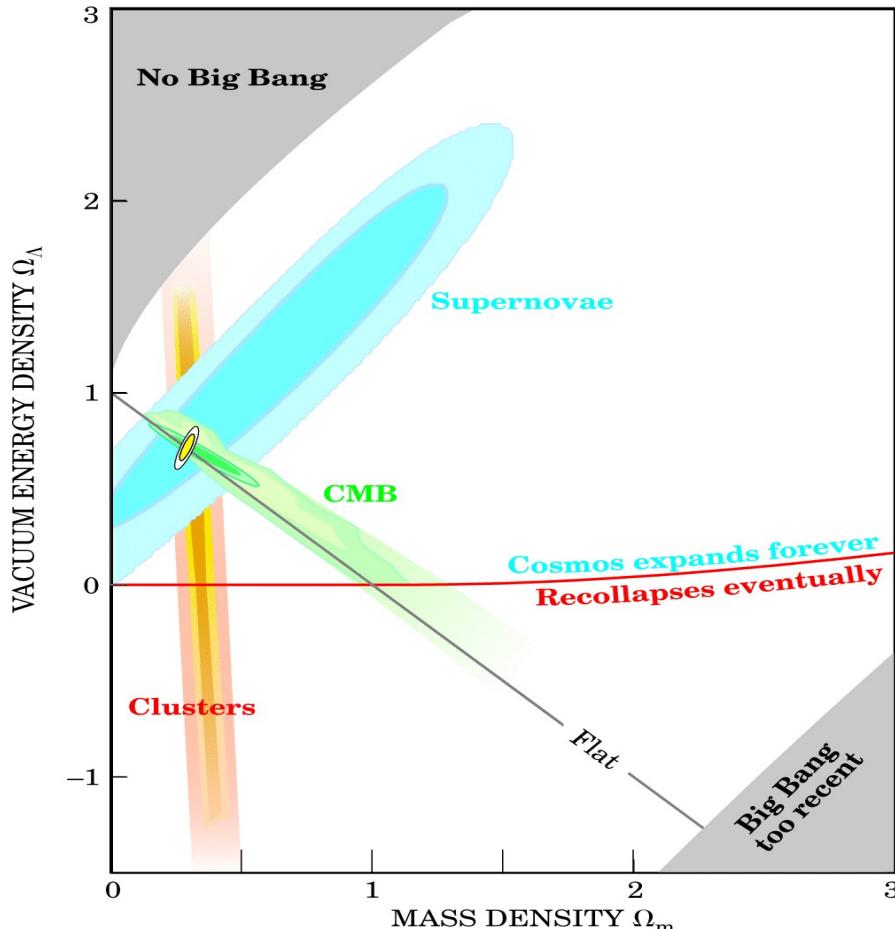
Chandelle standard(isable)



Luminosité des supernovas



Modèle de concordance Λ CDM



$$\Omega_\Lambda = 0.7$$

$$\Omega_M = 0.3$$

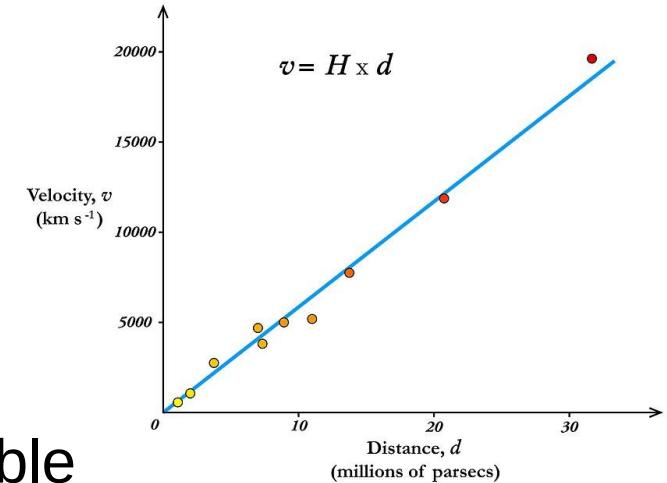
Pourquoi deux « choses » noires ?

- Équation d'Einstein

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R + \Lambda g_{\mu\nu} = -\kappa T_{\mu\nu}$$

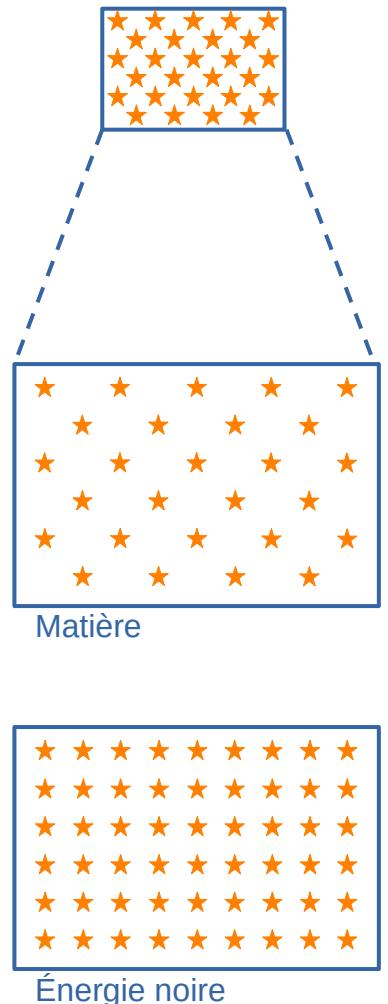
- Solution homogène et isotrope
 - Facteur d'échelle a
 - Expansion de l'Univers: Constante de Hubble

$$H^2 \equiv \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = H_0^2 \left(\Omega_\Lambda + \frac{\Omega_M}{\hat{a}^3} + \frac{\Omega_R}{\hat{a}^4} + \frac{\Omega_K}{\hat{a}^2} \right)$$

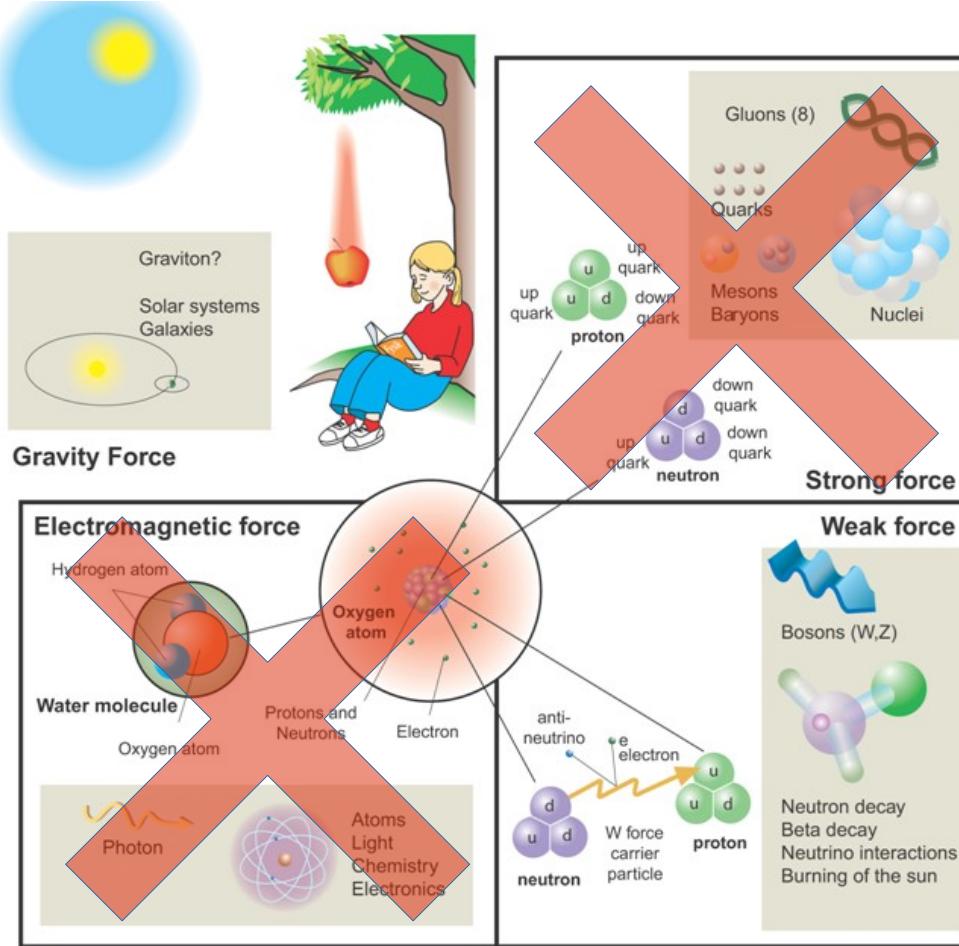


Différentes « dilutions »

- Différentes composantes de l'Univers se diluent de manière différente
 - La matière : a^{-3}
 - Le rayonnement : a^{-4}
 - La courbure de l'Univers: a^{-2}
 - L'énergie noire : $a^0 = \text{constante}$
- L'énergie noire ne se dilue pas



Qu'est-ce que la matière noire?



- Nouvelles particules?
 - Particules supersymmétriques?
 - Axions?
 - Neutrinos stériles \approx
 - WIMP $??$
- Trou noir primordial ?

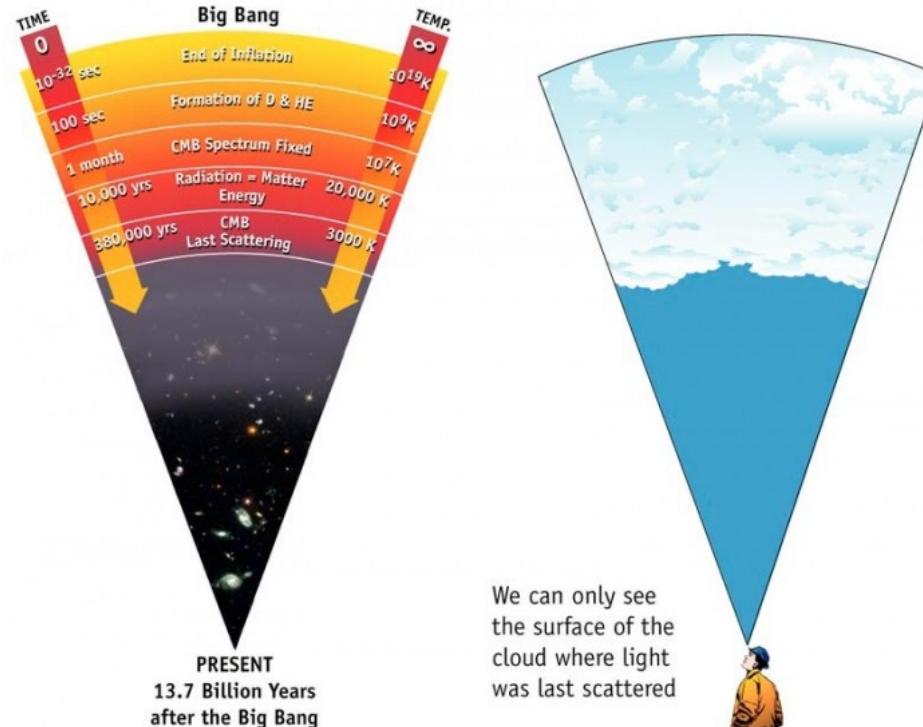
Qu'est-ce que l'énergie noire?

- Constante cosmologique ?
- Énergie du vide ?
 - Erreur d'un facteur 10^{120}
- Quintessence, inflaton, phantom energy, ... ??
- Équation d'état : $P = w \rho$
 - Que vaut w ?
 - Matière : $w = 0$
 - Énergie noire : $w = -1$??

Structure de l'Univers



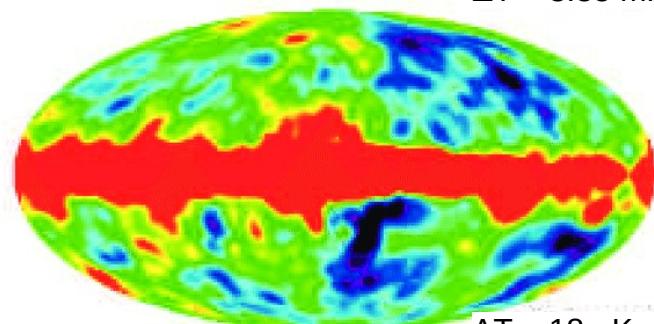
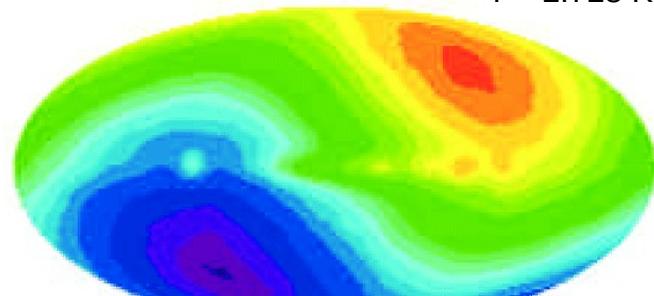
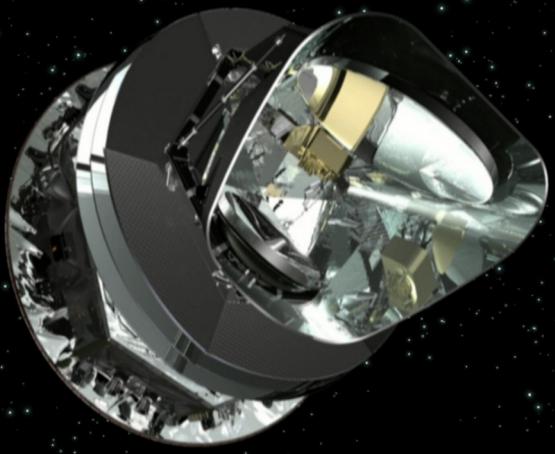
Rayonnement de fonds cosmologique



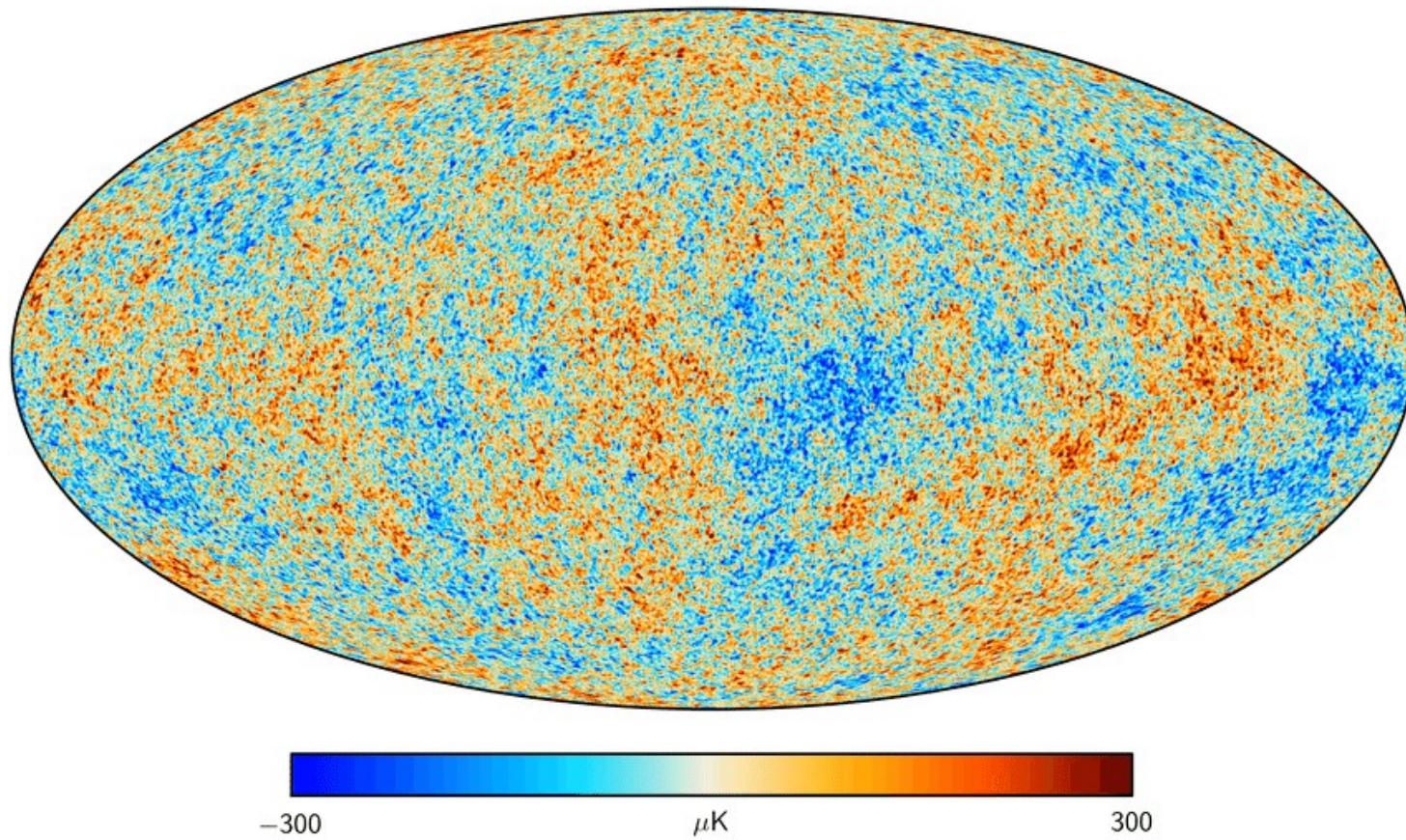
We can only see
the surface of the
cloud where light
was last scattered



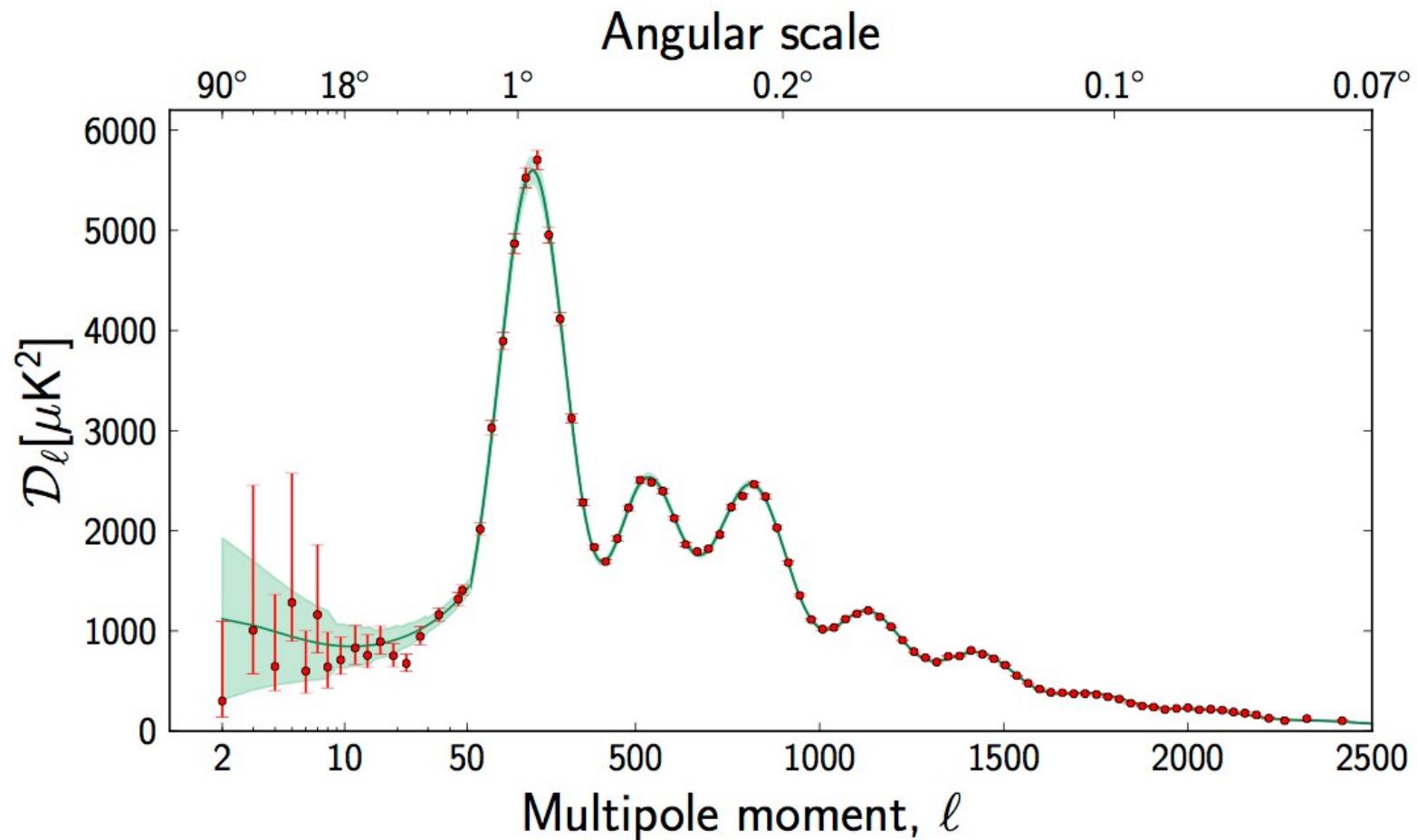
Planck



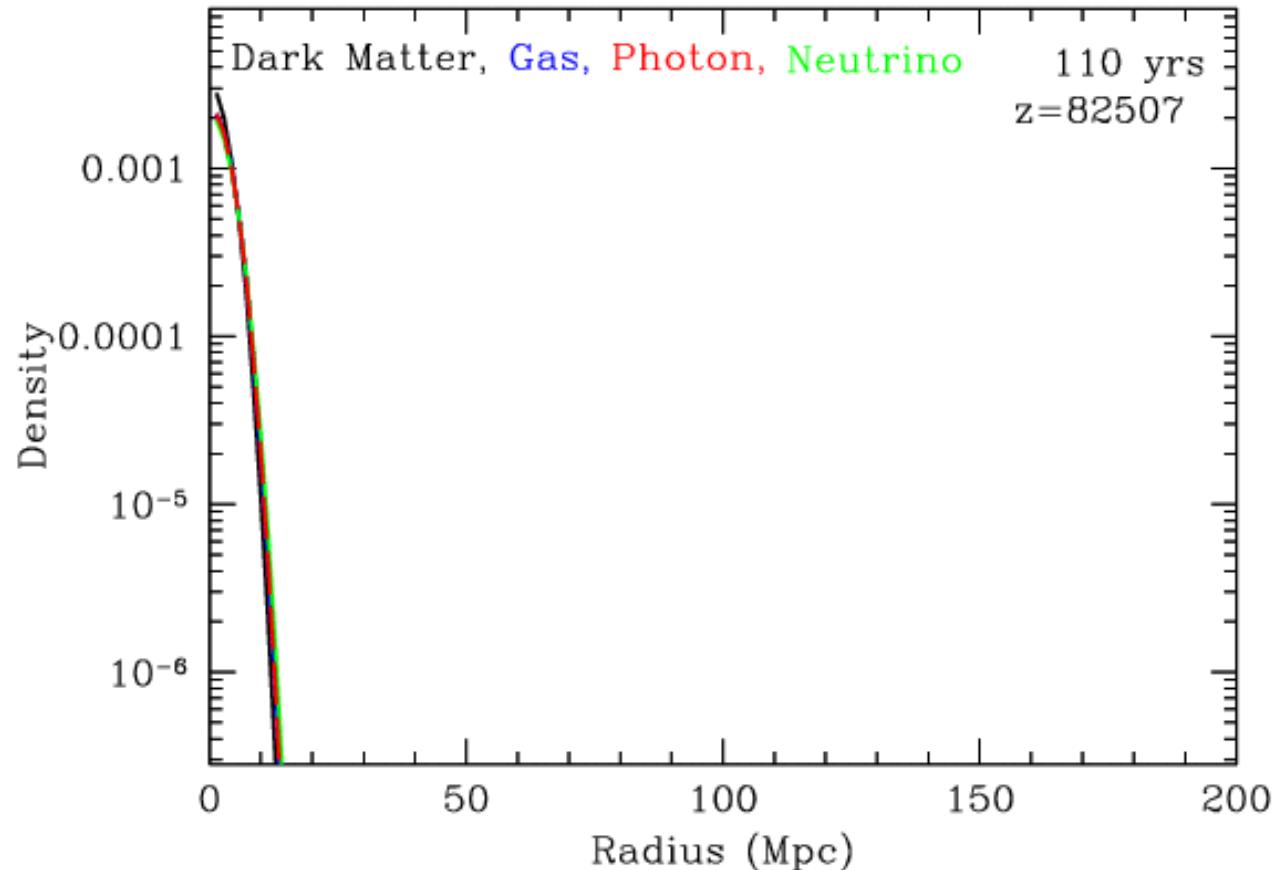
Fluctuations du CMB 380'000 ans après le Big Bang



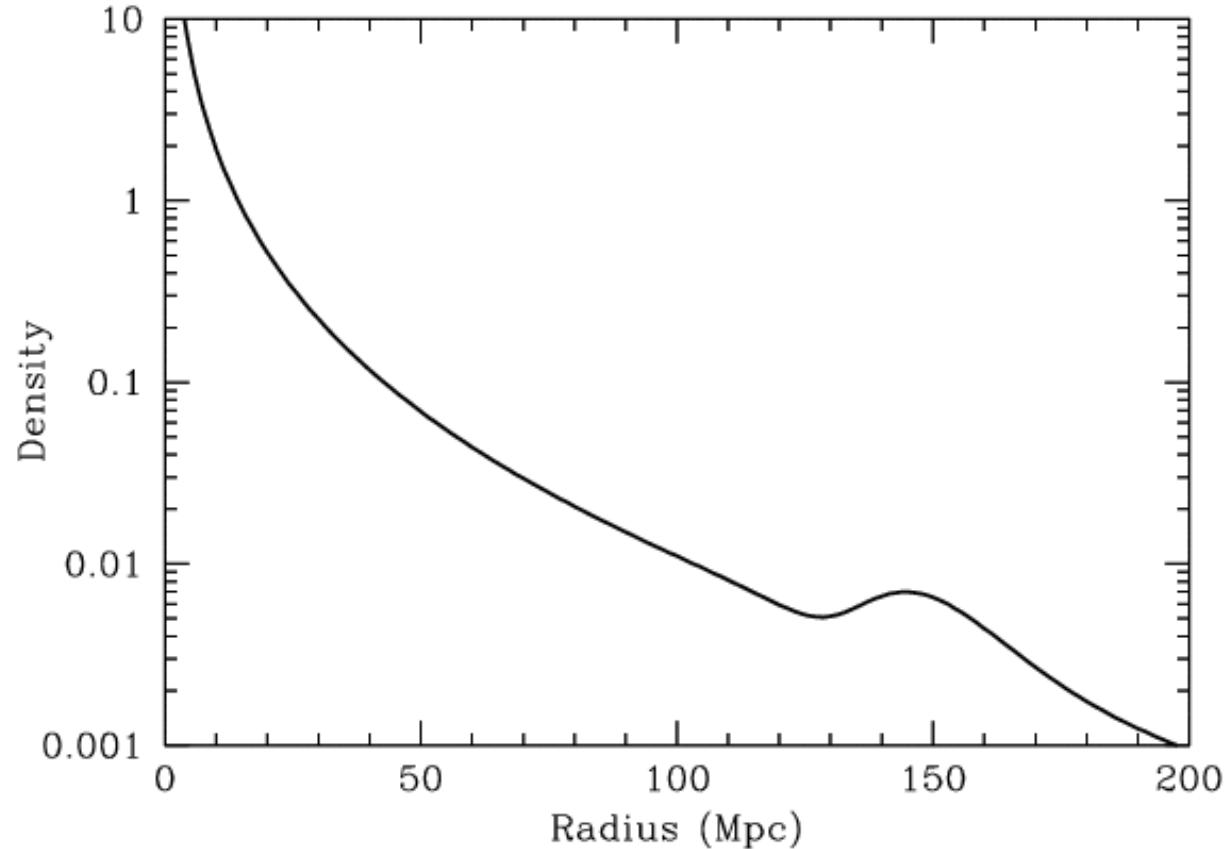
Spectre de puissance du CMB



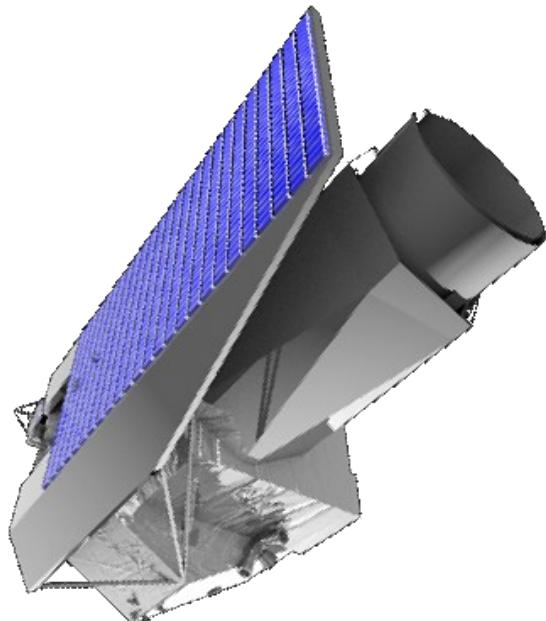
Oscillations baryoniques



Pic acoustique



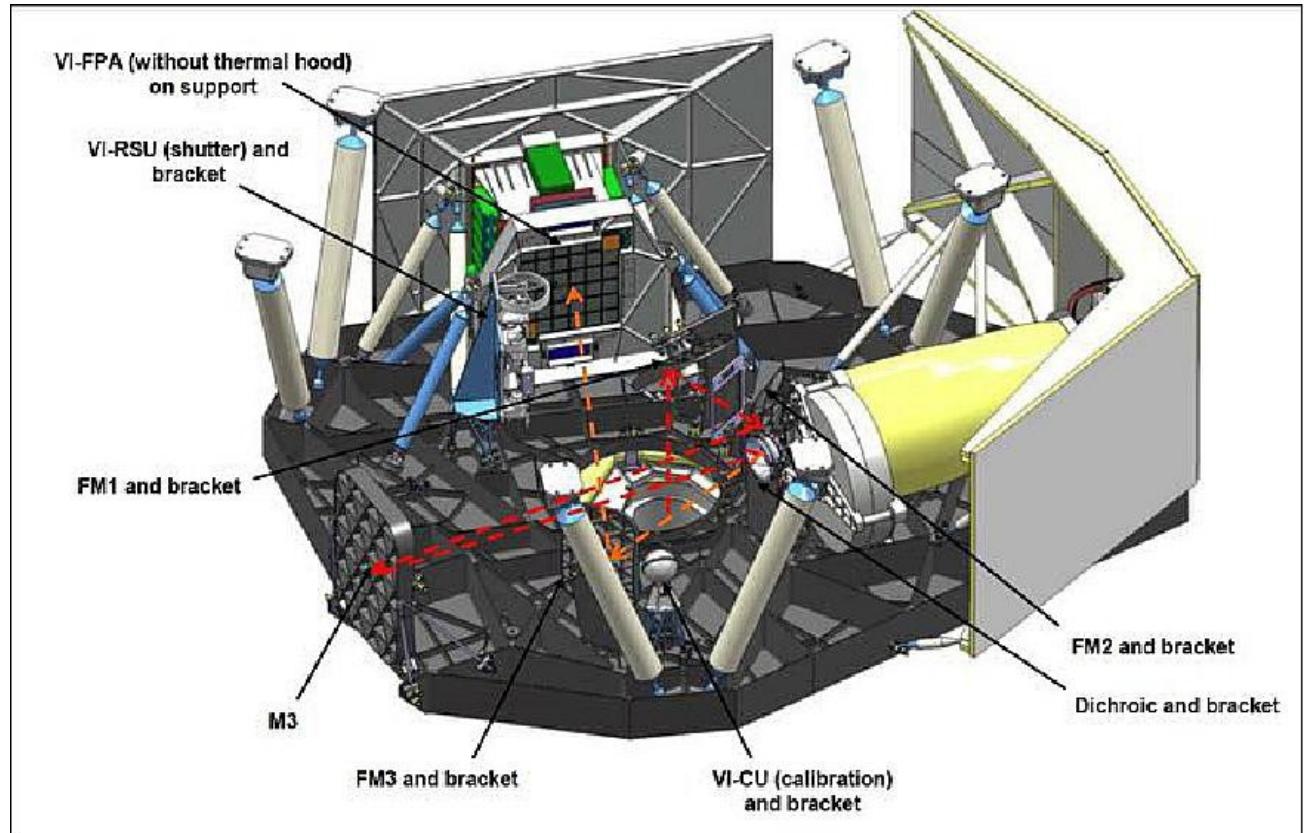
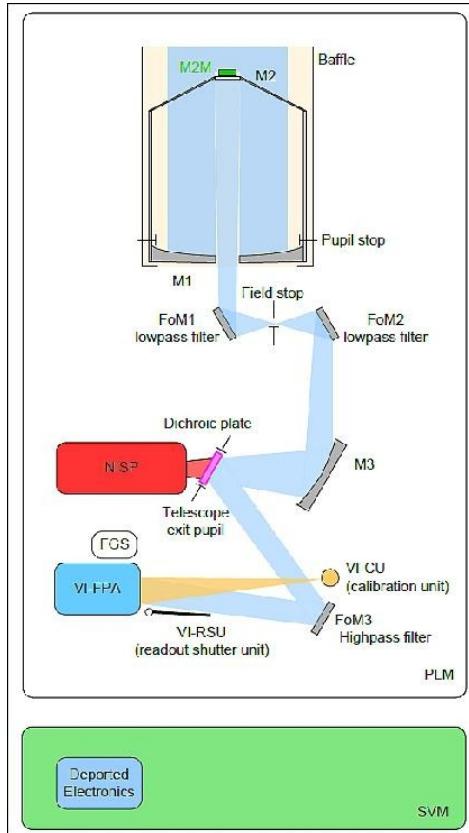
Euclid



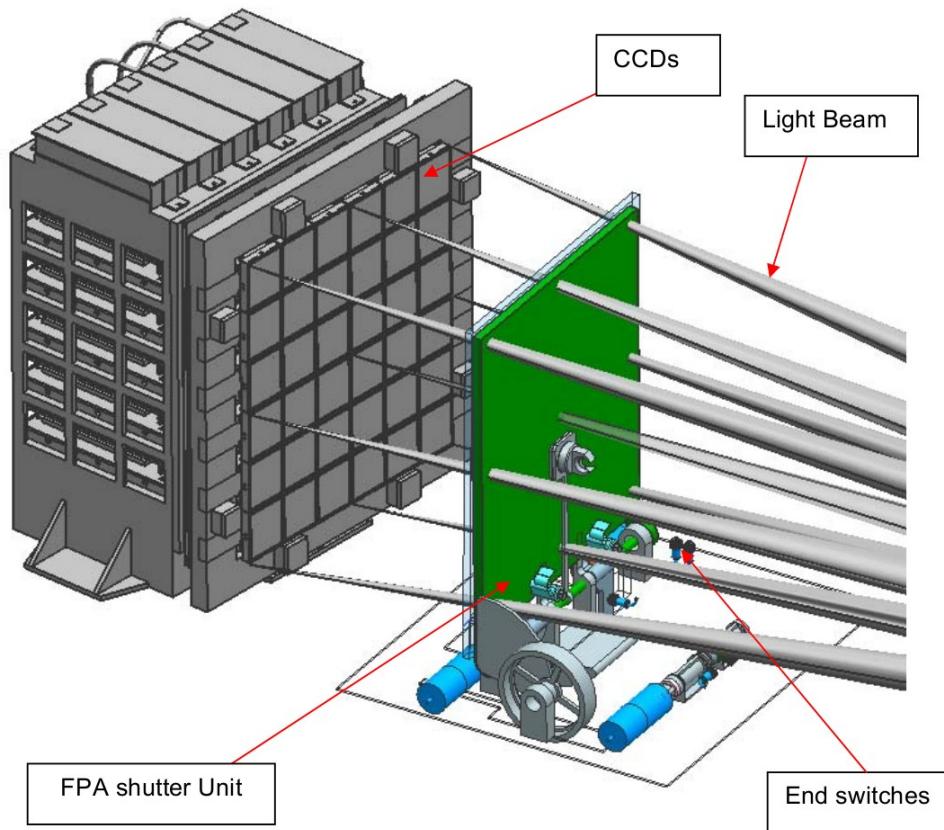
Euclid

- Mission ESA de taille M, Euclid sera lancé en 2023
- But: observer les fluctuations de l'Univers sur les 10 derniers milliards d'années
- Télescope optique et infrarouge de 1.2 m
- Euclid va cartographier le ciel extragalactique pendant 6 ans
- Deux instruments:
 - VIS: Imagerie haute résolution
 - NISP: Spectroscopie sans fente

Plan focal d'Euclid



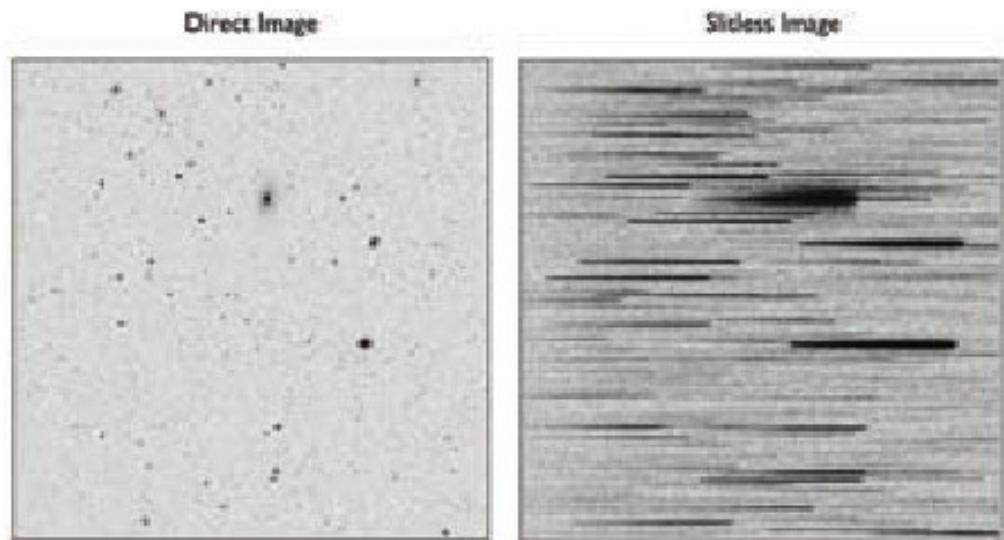
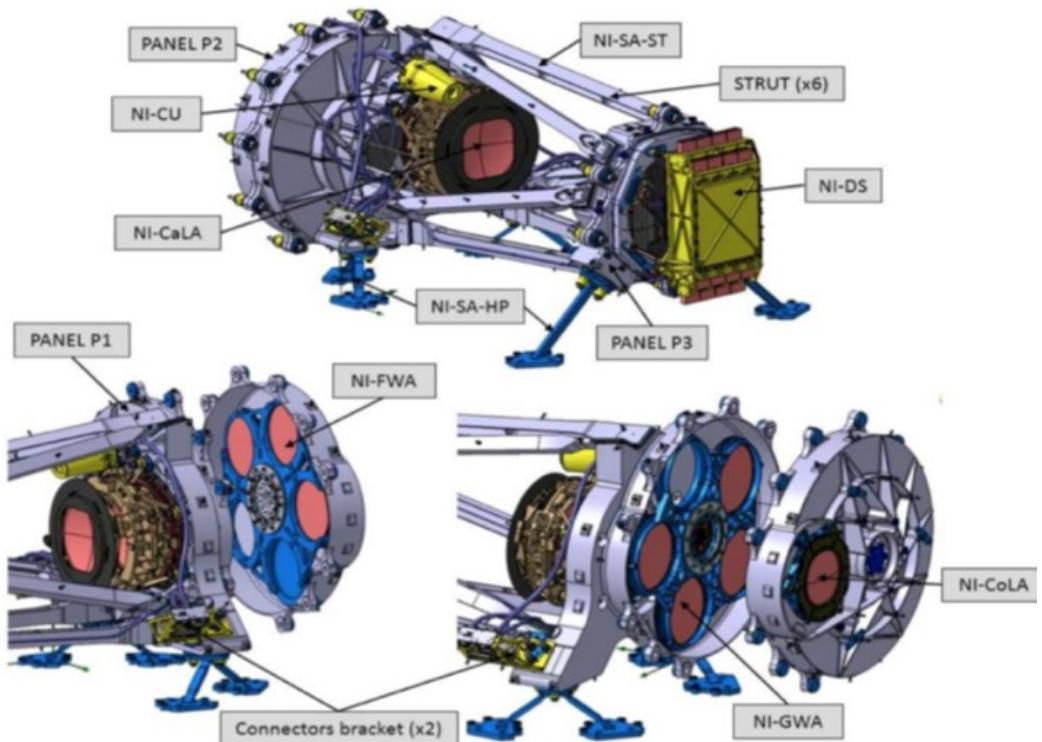
VIS



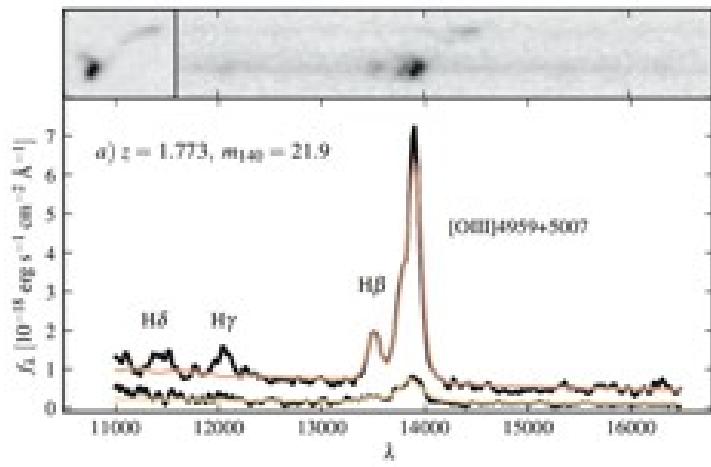
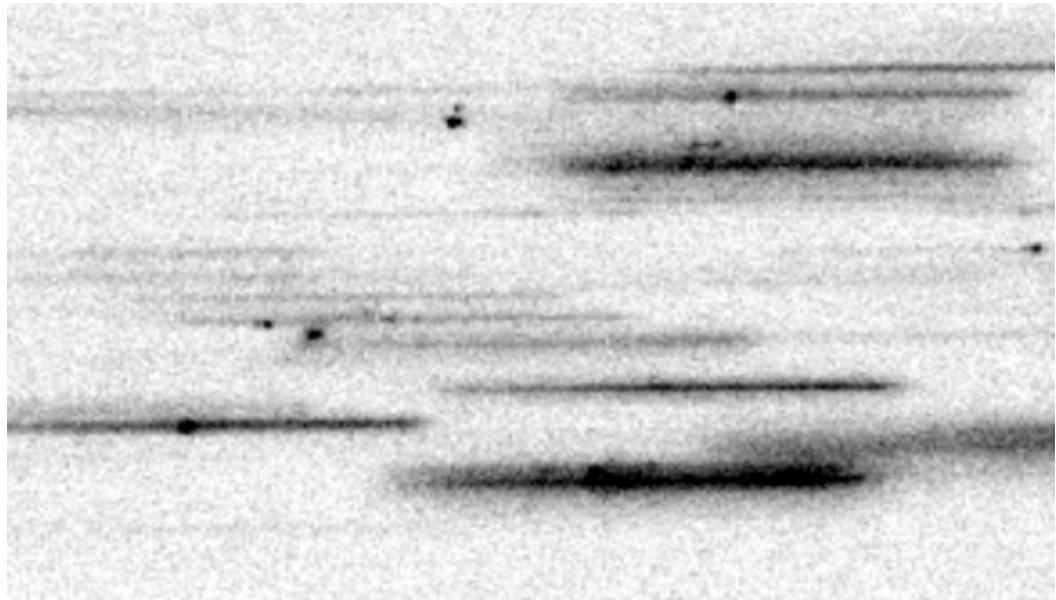
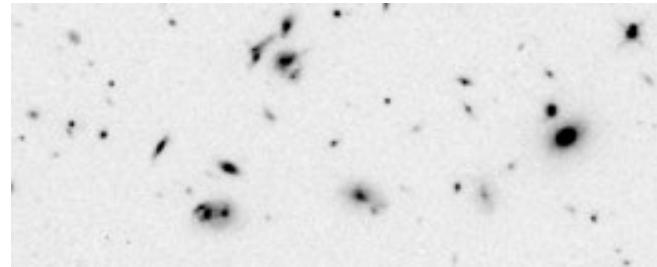
Imagerie haute résolution



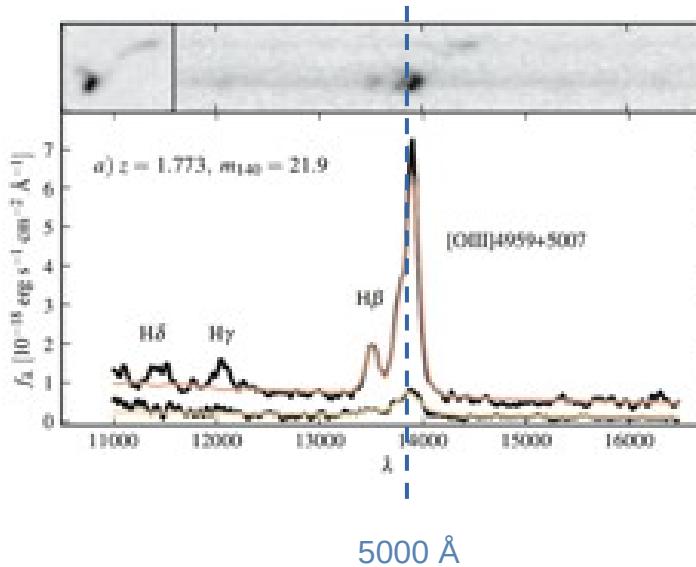
NISP



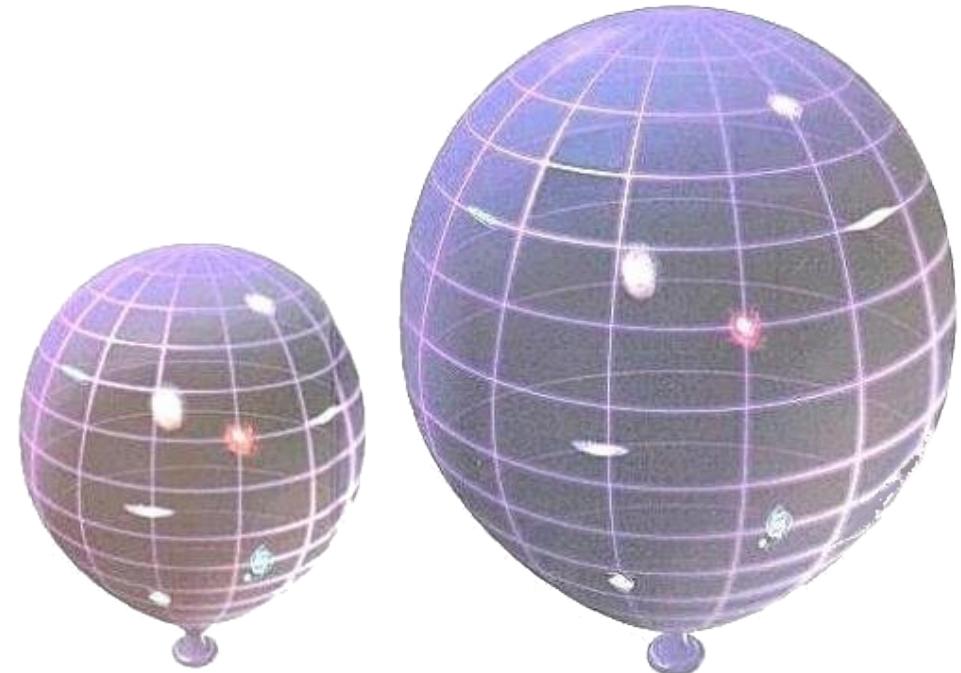
Spectroscopie multi-objets



Mesure de l'échelle de l'Univers



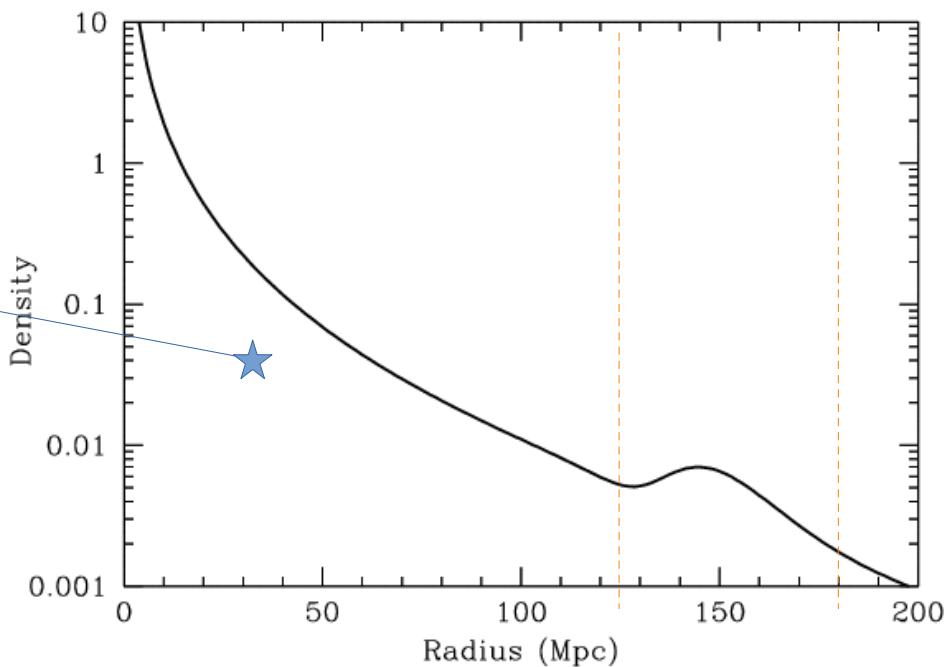
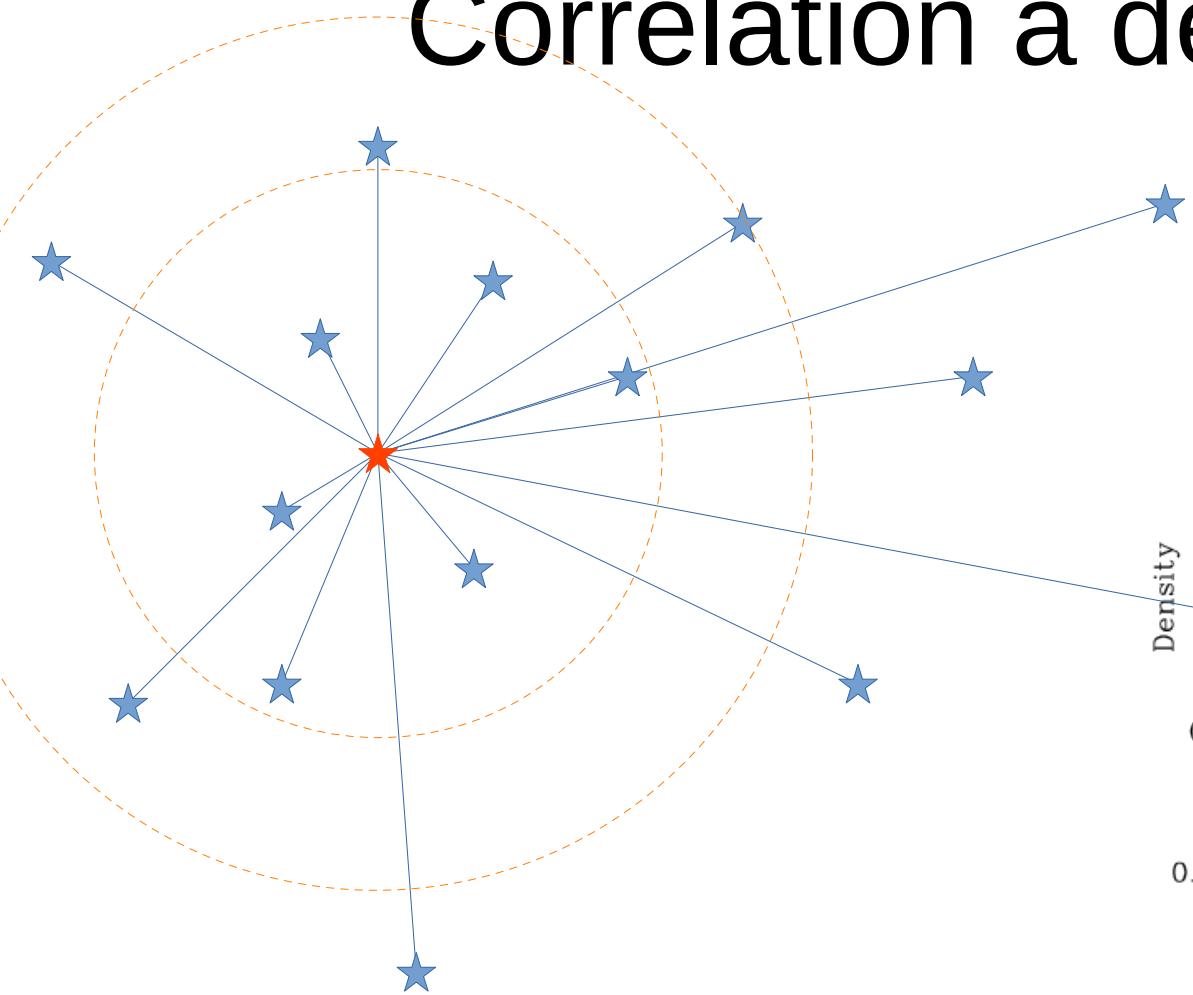
Décalage spectral



Comment mesurer w avec Euclid

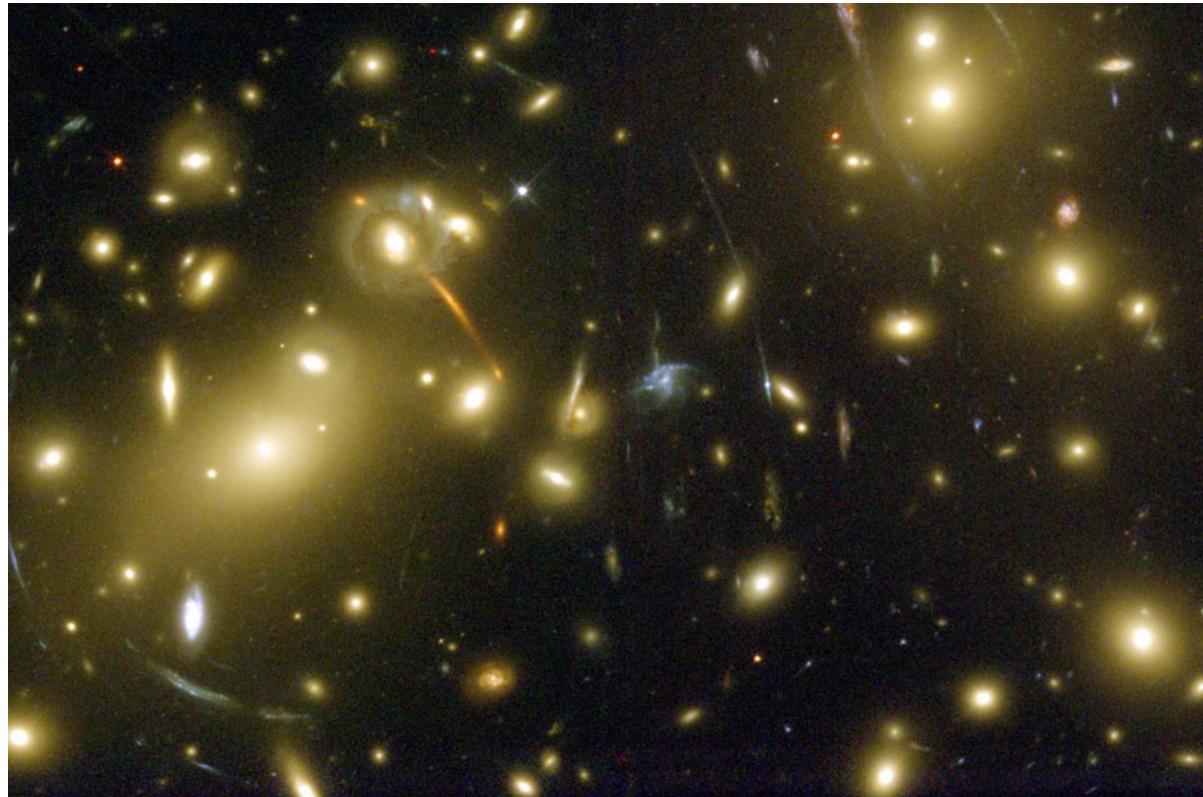
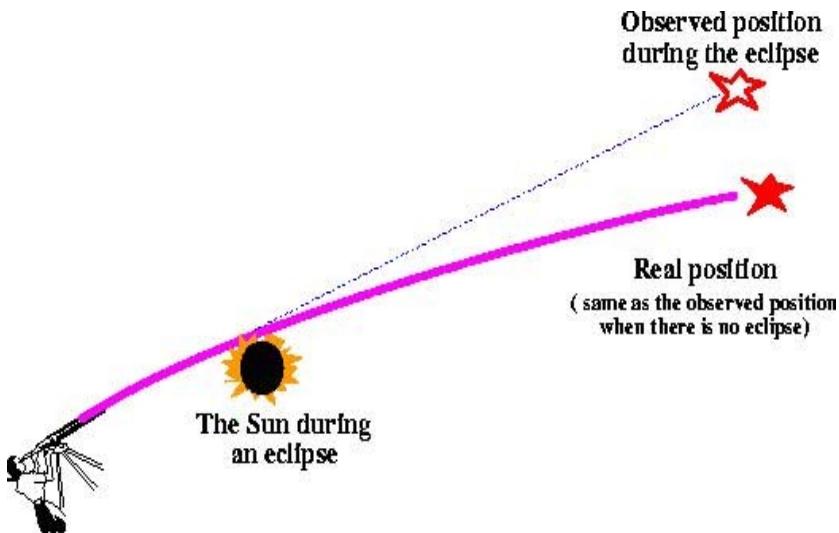
- Deux sondes principales
 - Spectre de puissance des galaxies
 - ✓ Position précise des galaxies en 3D
 - ✗ Les galaxies sont seulement quelques pourcents de la masse
 - ✗ Seul un petit nombre de galaxies peut être exploité ($\sim 10^7$)
 - Lentilles gravitationnelles faibles
 - ✓ Sondent 100% de la masse
 - ✗ Position approximative sur le ciel et en 3D (quelques tranches)
 - ✗ Mesure très difficile

Corrélation à deux points

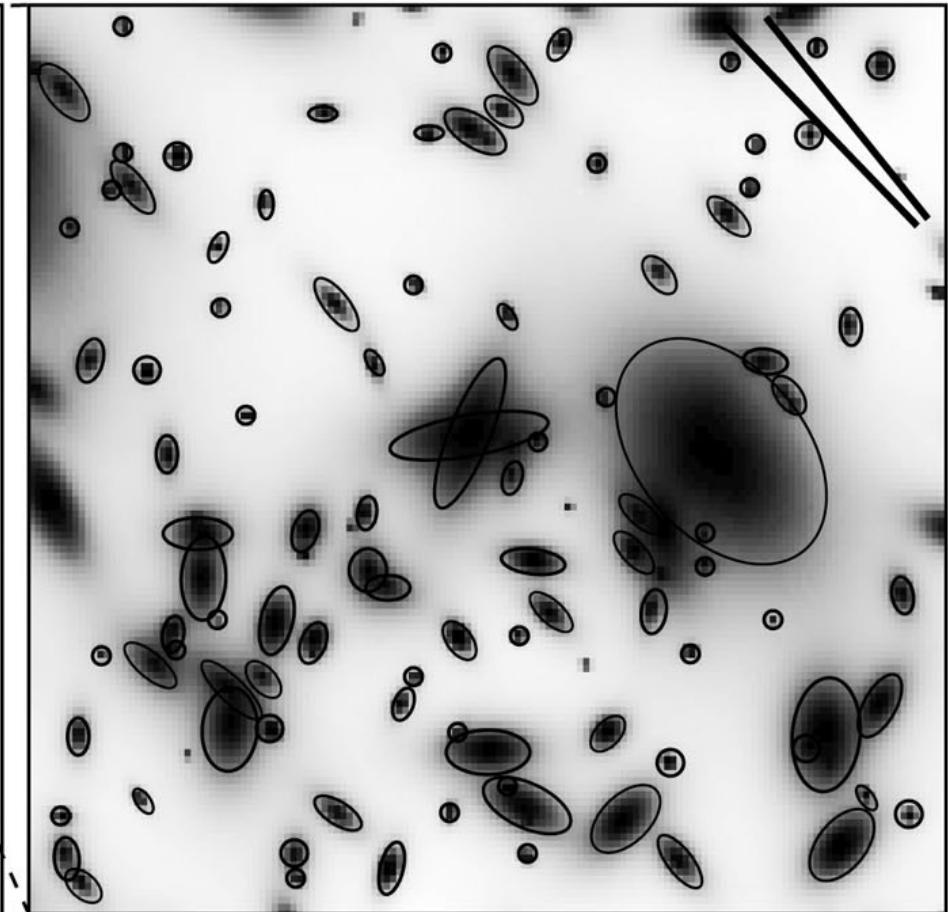
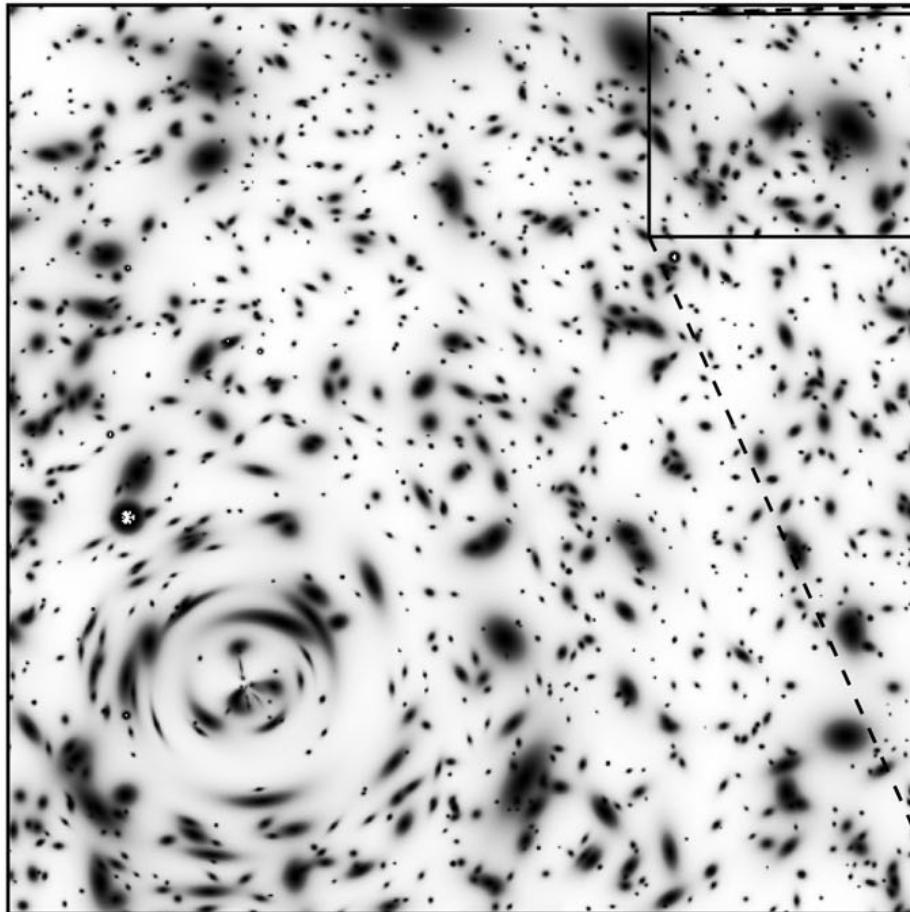


Lentilles gravitationnelles

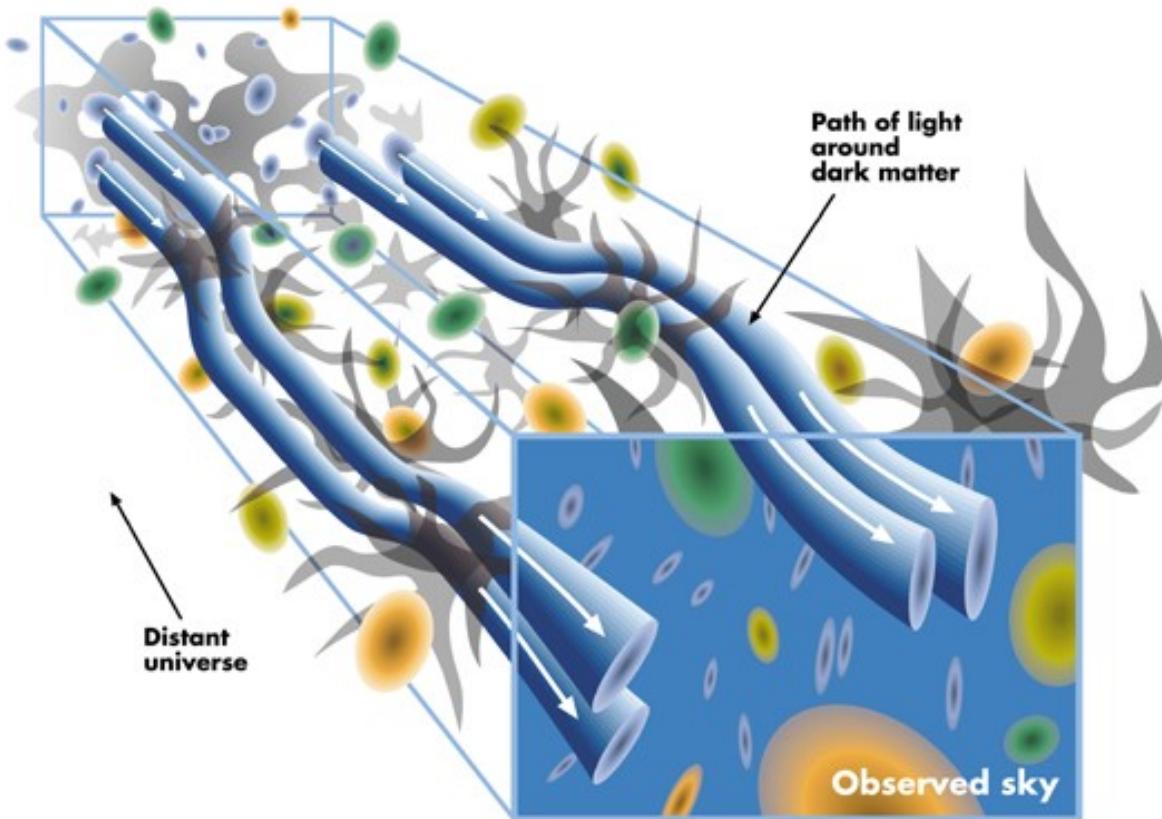
- Déplacement et déformations



Lentilles gravitationnelles faibles

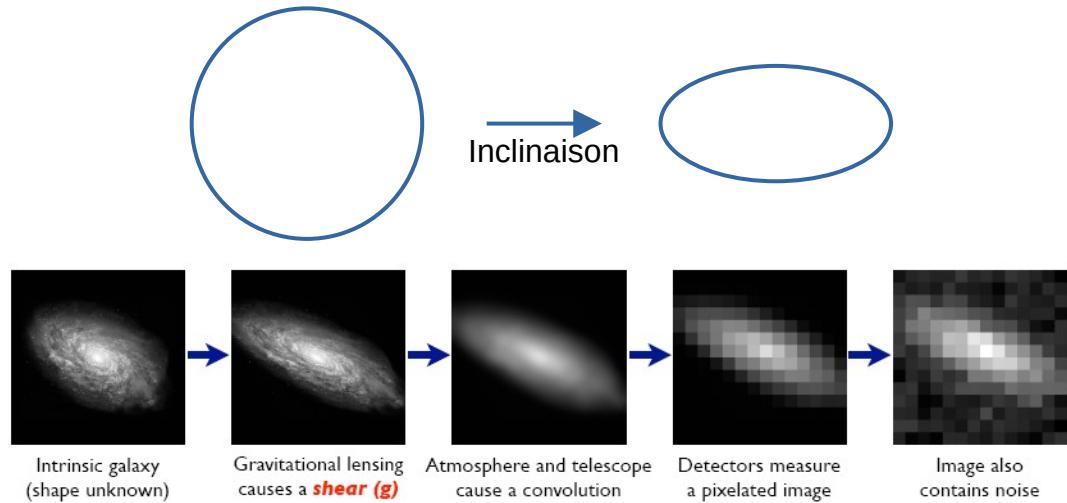
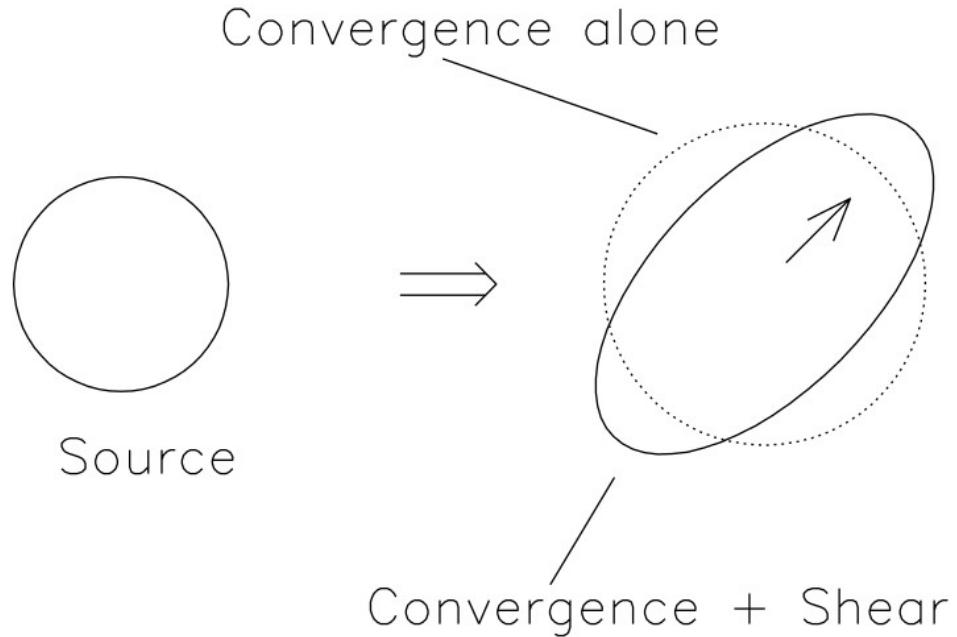


Cisaillement cosmique



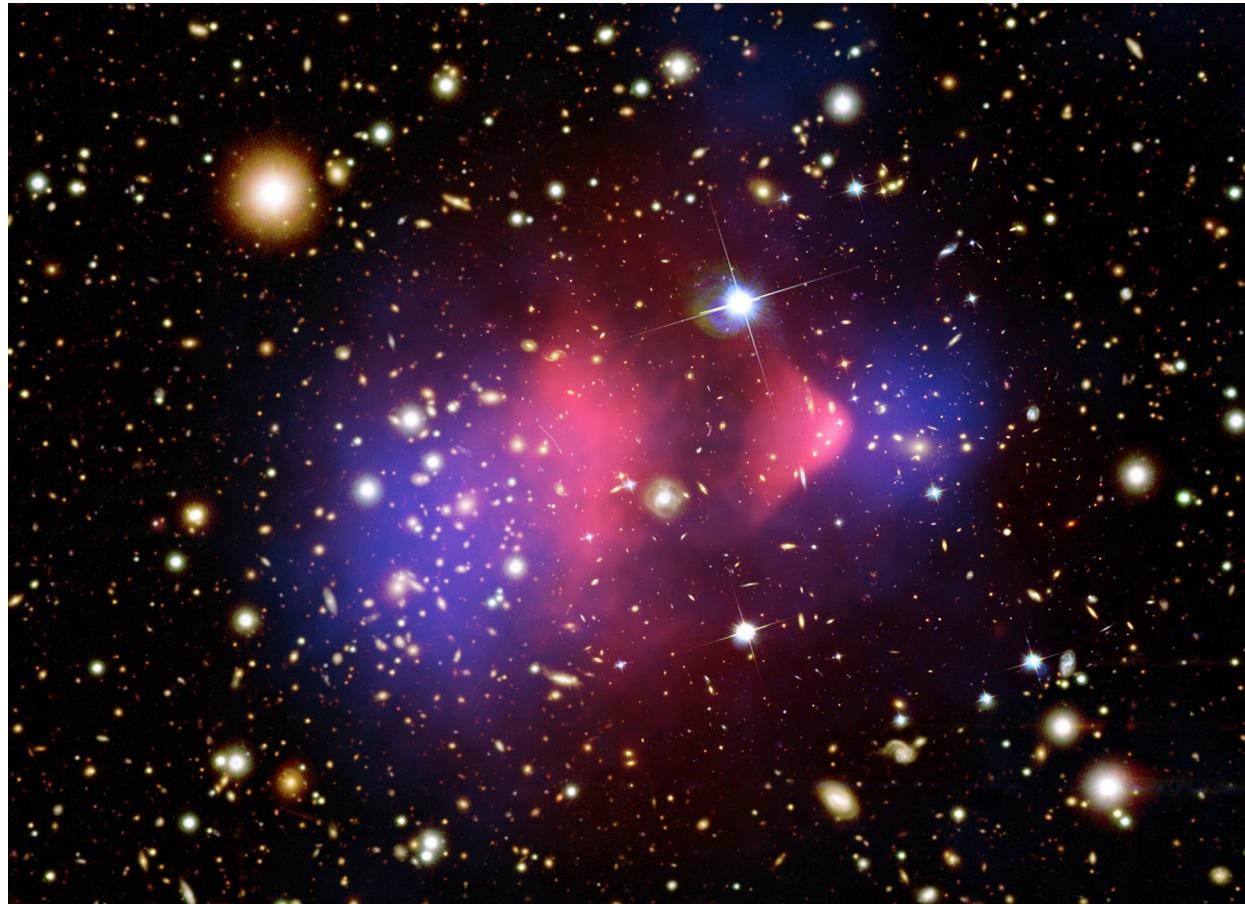
- L'image de chaque source passe à proximité de plusieurs nuages de matière (noire)
- Cela induit une minuscule déformation de l'image, que l'on peut mesurer
- En comparant les déformations à différentes distances, on peut faire des cartes de matière (noire) à différents instants

Mesure du cisaillement

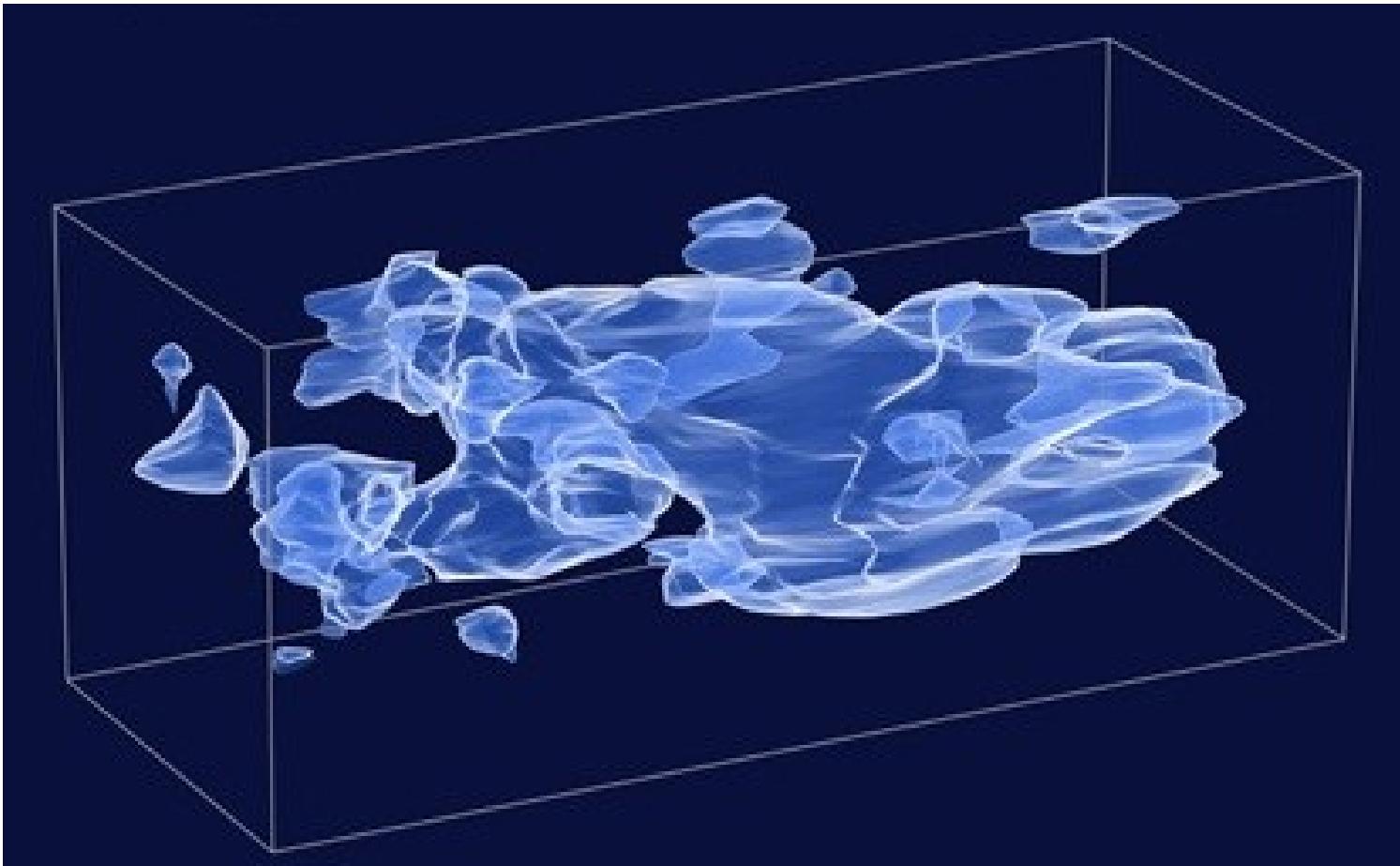


- Mesure extrêmement difficile:
 - Déformations minuscules
 - Inclinaison de la galaxie
 - Mesure statistique sur >30 galaxies
 - Dégradation de l'image à cause du télescope, de l'atmosphère et du détecteur
 - Les mesures depuis l'espace sont en principe beaucoup plus faciles

Carte de masse (matière noire)



Carte de masse (matière noire)



Conclusions

- La nature de l'énergie est un des plus grands mystères de la physique moderne
- Comprendre son origine nécessite la détermination de son équation d'état
 - Tant qu'on ne trouve pas de déviation à $w = -1$, on n'aura aucun moyen de trancher
- La détermination de l'équation d'état nécessite de sonder la structure en 3D de notre Univers