

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



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**



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

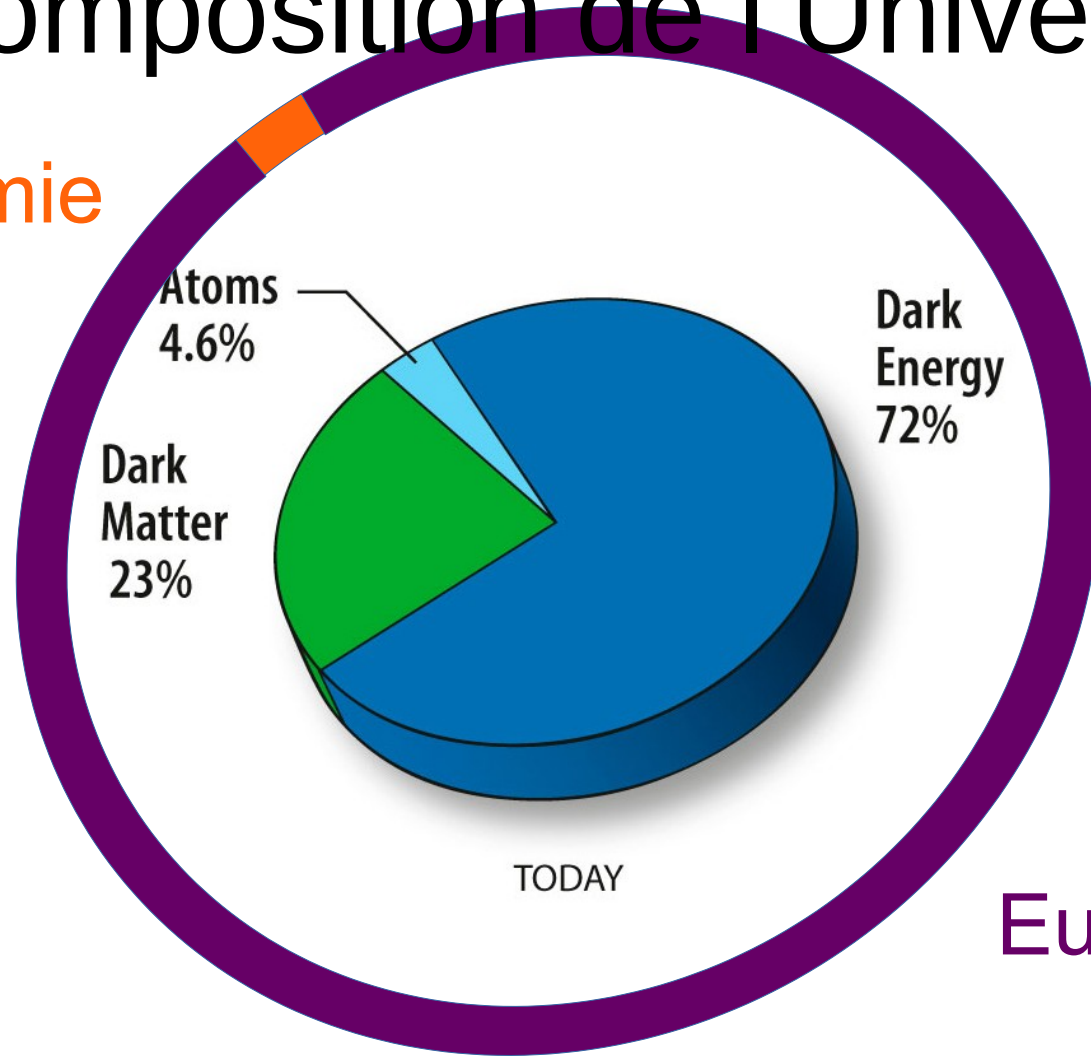


UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Département d'astronomie

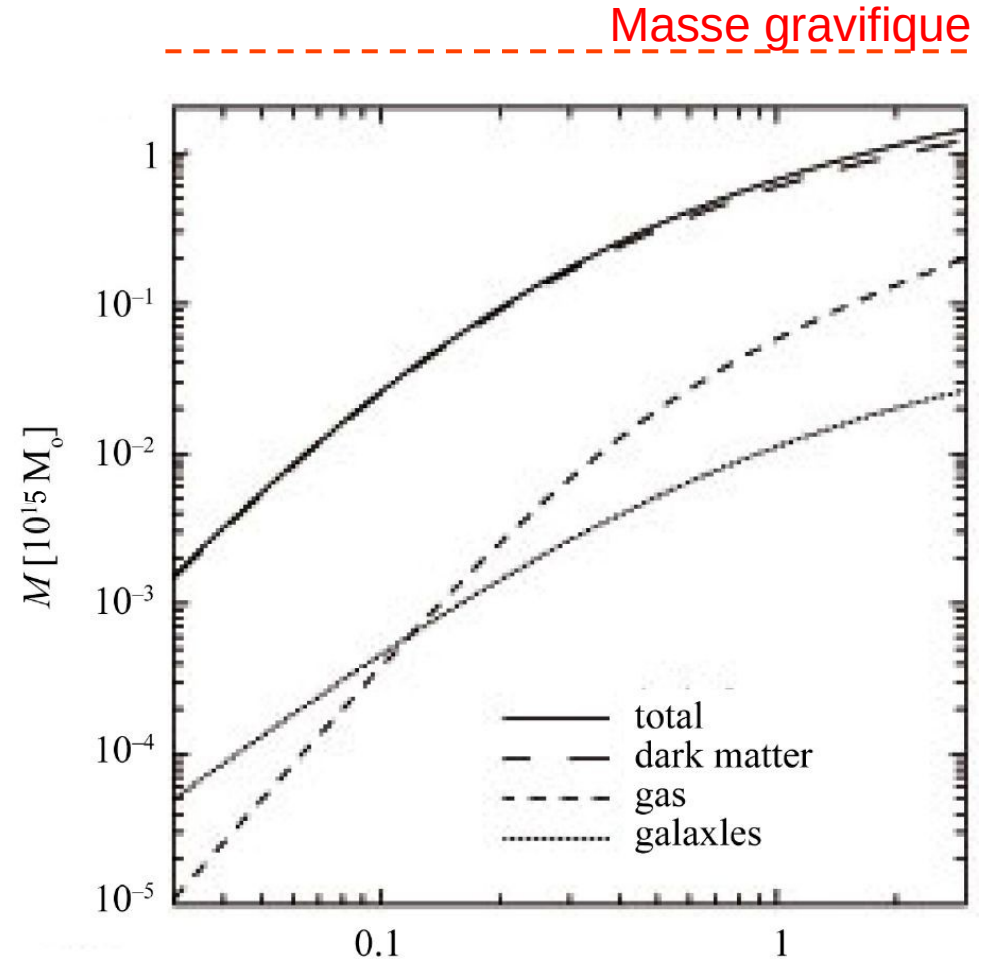
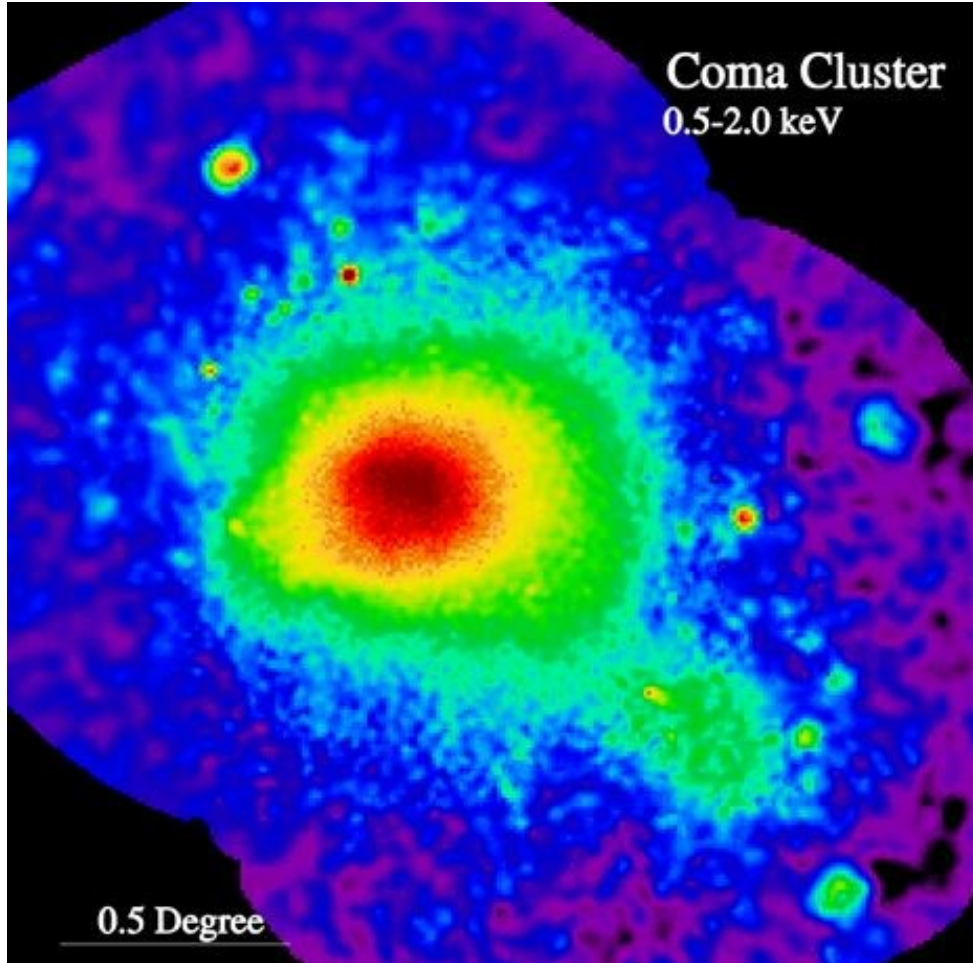
Composition de l'Univers

Toute
l'astronomie

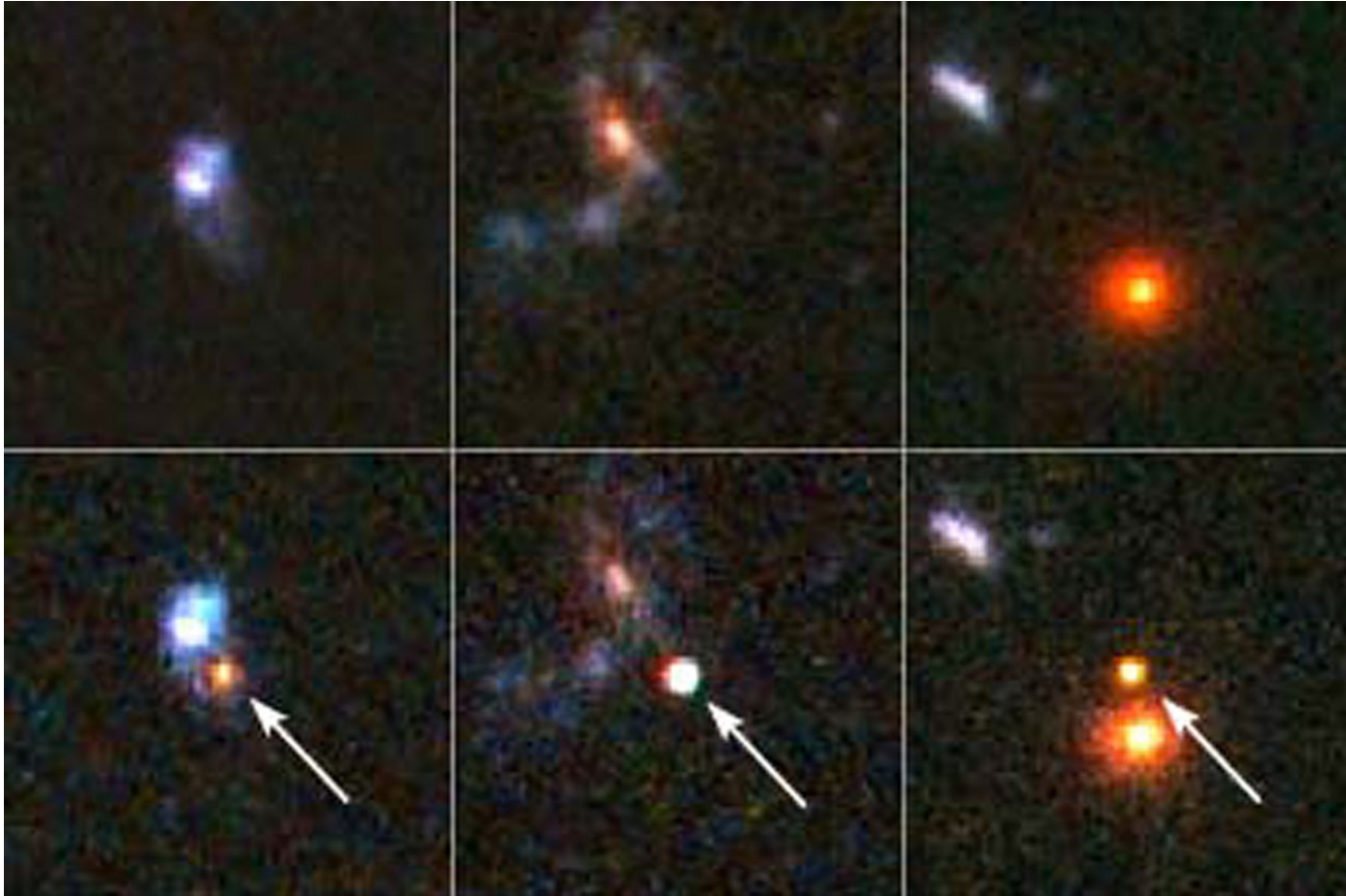


Euclid (+autres)

Matière noire



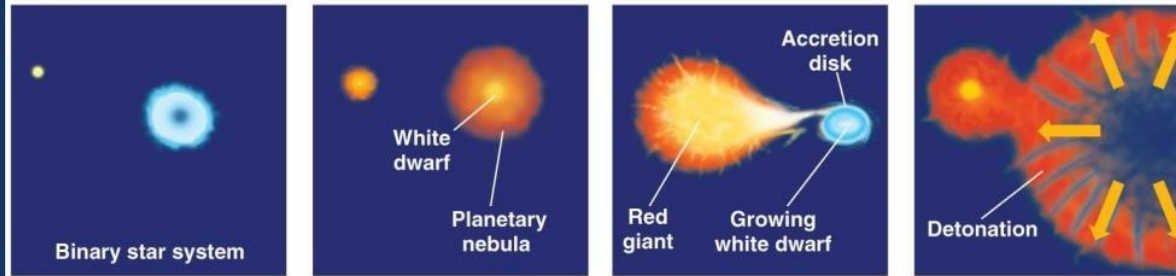
Supernovas



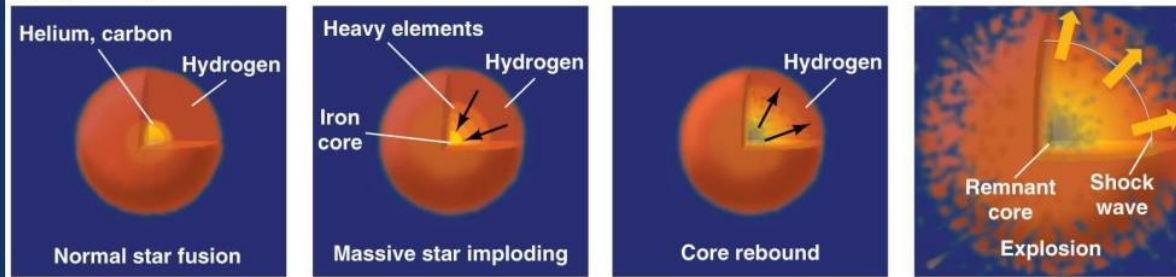
Deux type de supernovas

Two major classifications of Supernovae

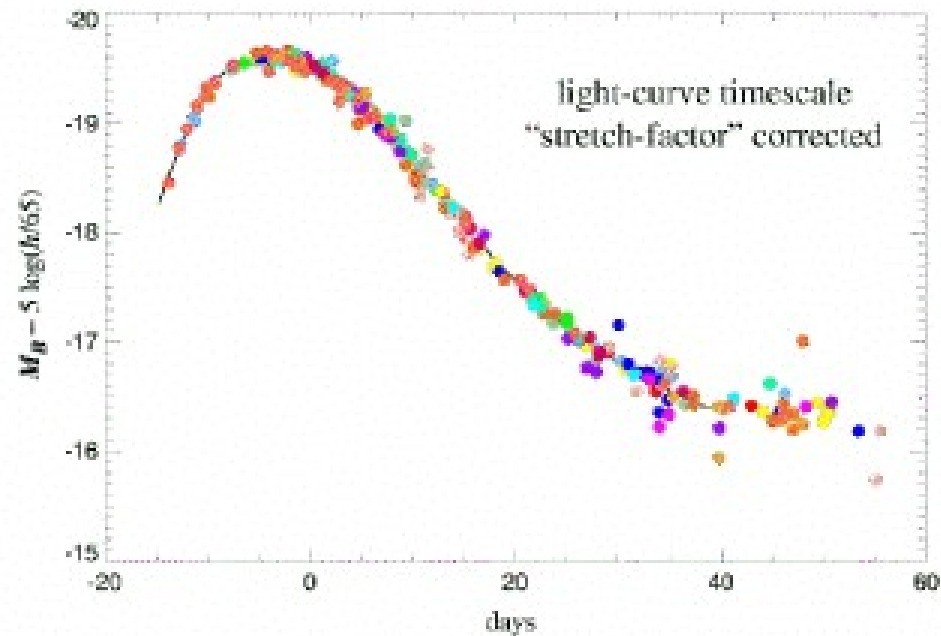
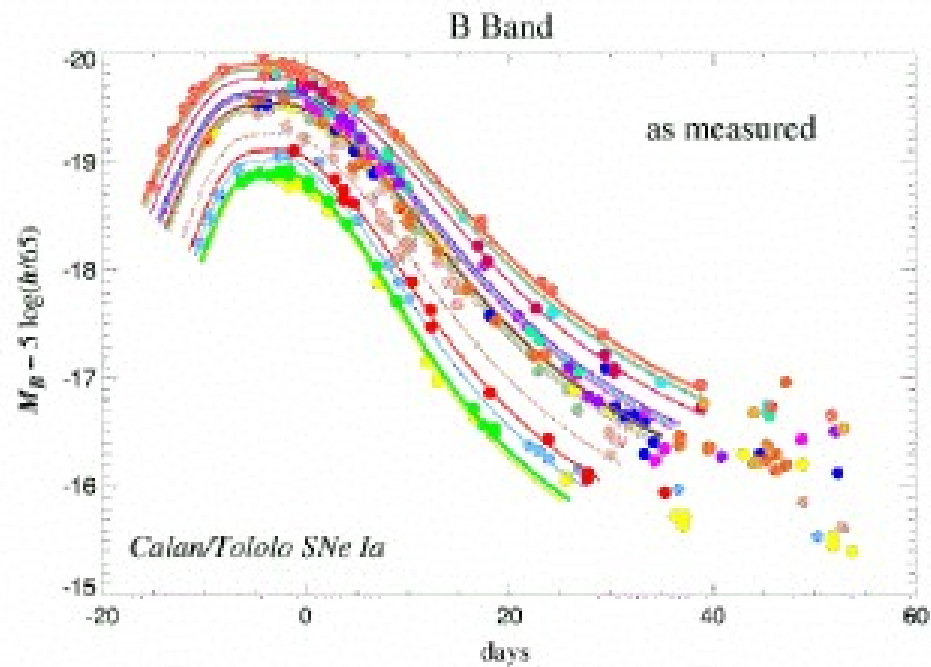
(a) Type I Supernova



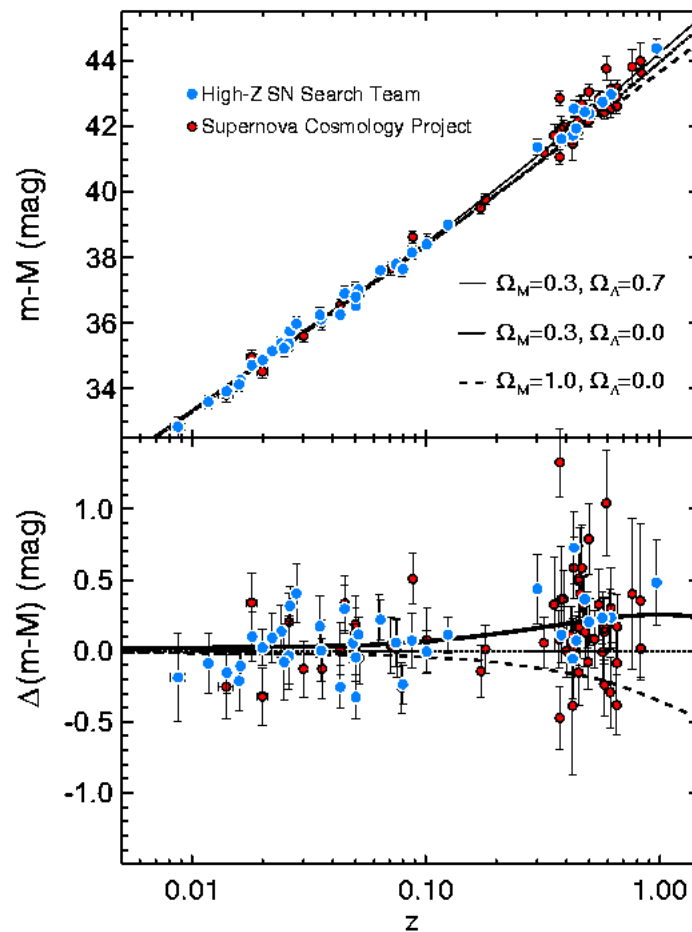
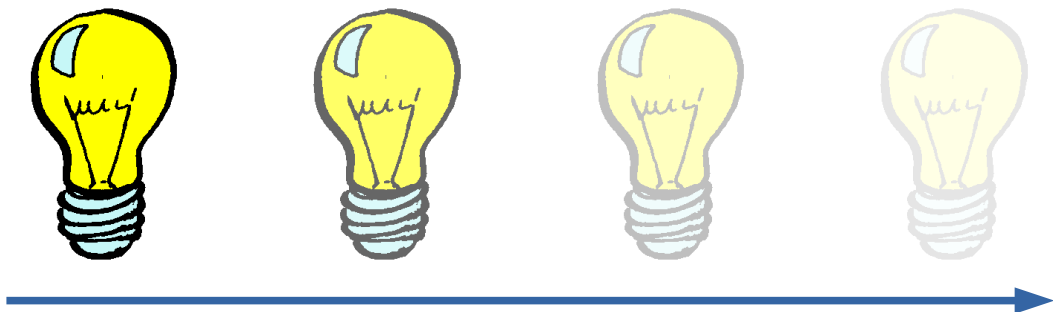
(b) Type II Supernova



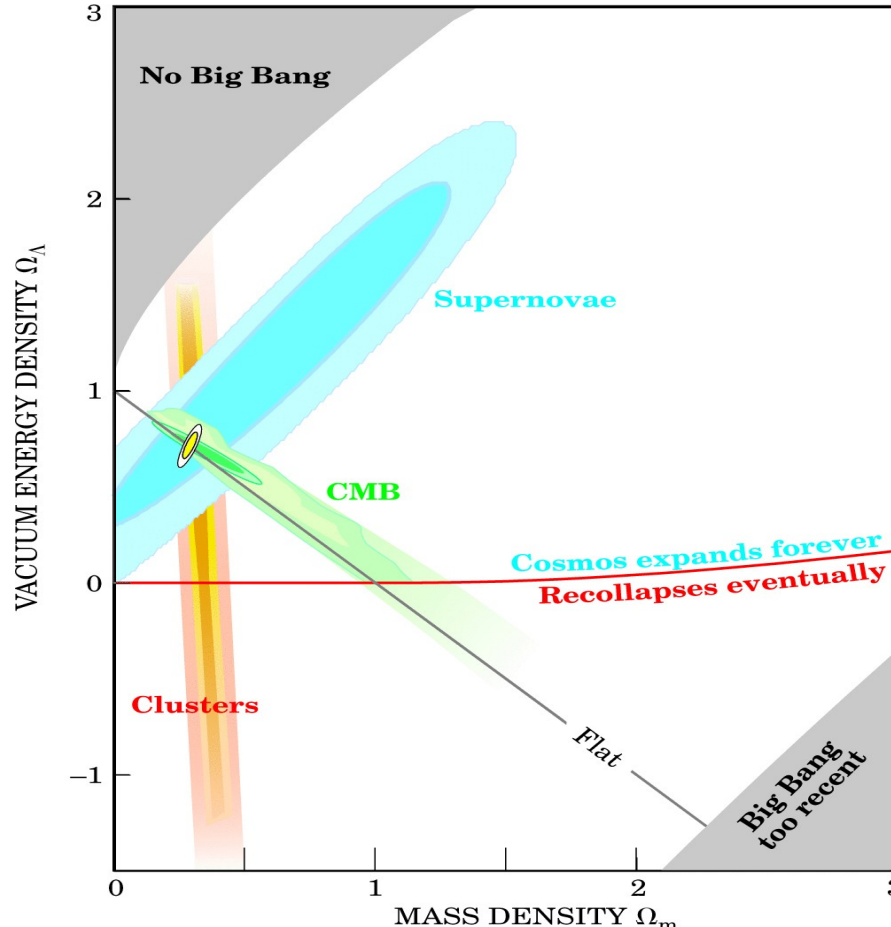
Chandelle standard(isable)



Luminosité des supernovas



Modèle de concordance Λ CDM



$$\Omega_\Lambda = 0.7$$

$$\Omega_M = 0.3$$

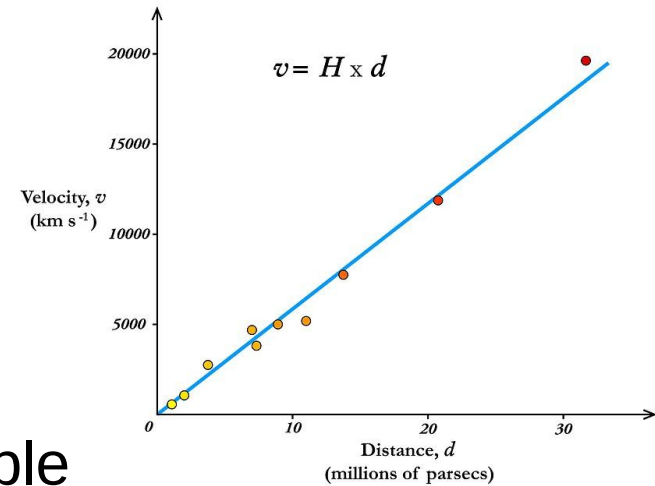
Pourquoi deux « choses » noires ?

- Équation d'Einstein

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

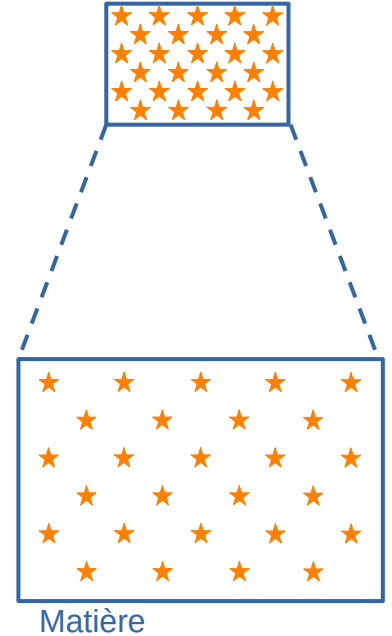
- Solution homogène et isotrope
 - Facteur d'échelle a
 - Expansion de l'Univers: Constante de Hubble

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

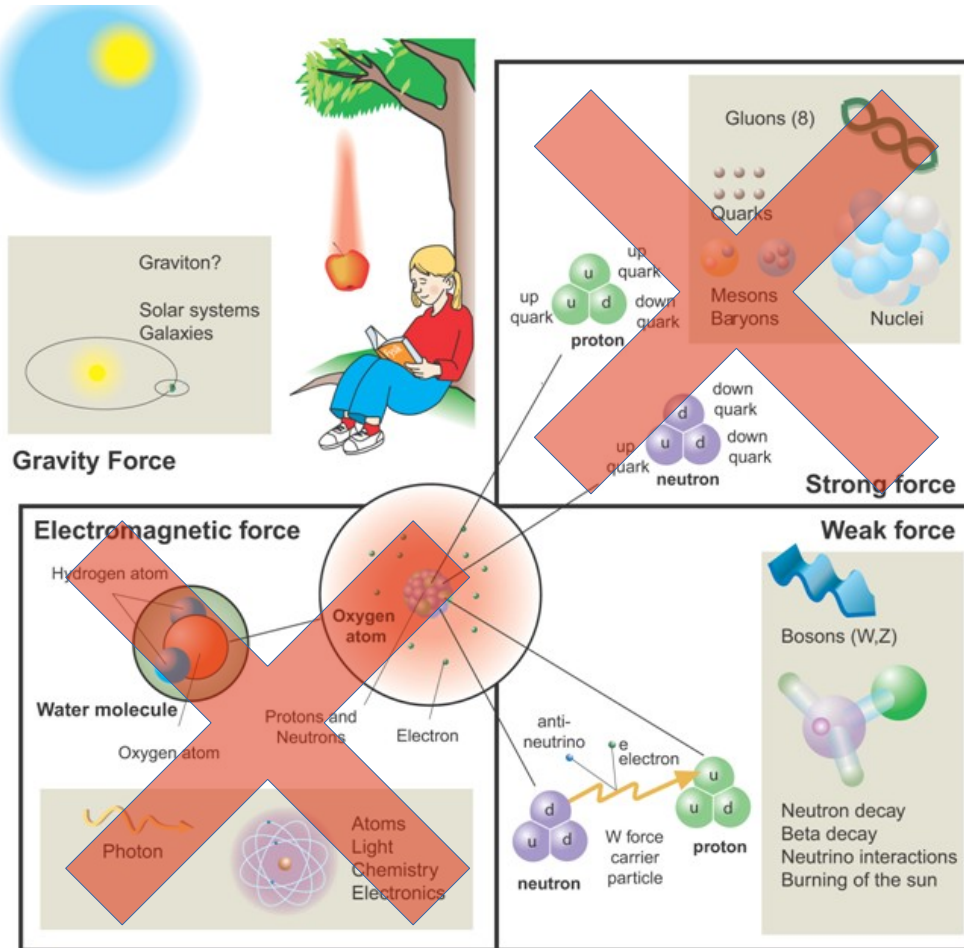


Différentes « dilutions »

- 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?

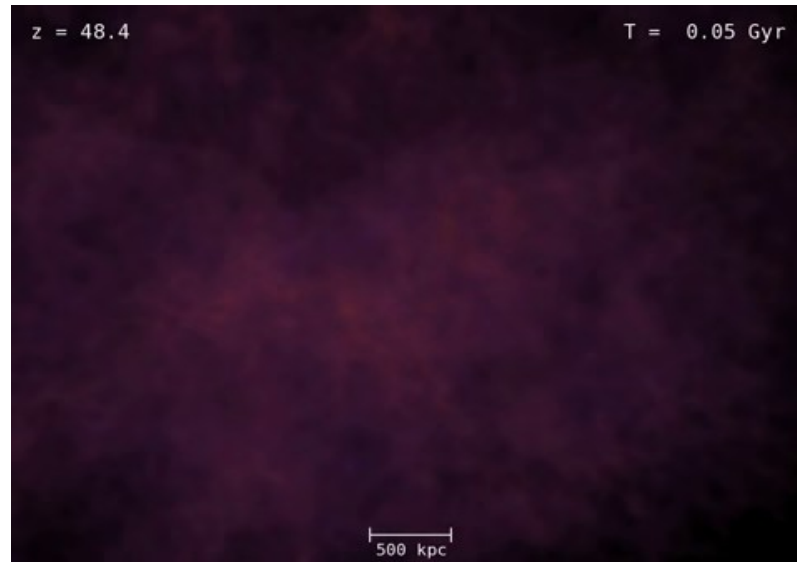


- Nouvelles particules?
 - Particules supersymétriques?
 - Axions?
 - Neutrinos stériles \approx
 - WIMP ??
- Trous noirs primordiaux ? \approx

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 : $w = -1$??

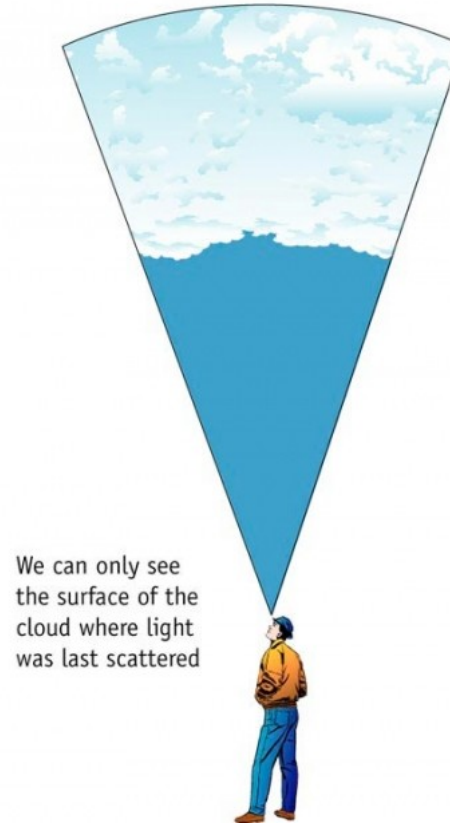
Structure de l'Univers



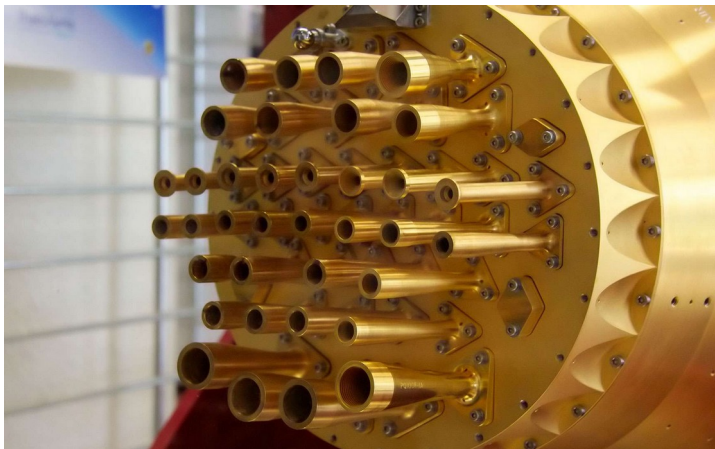
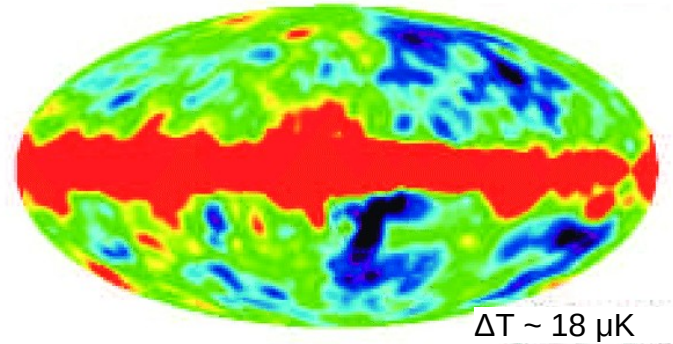
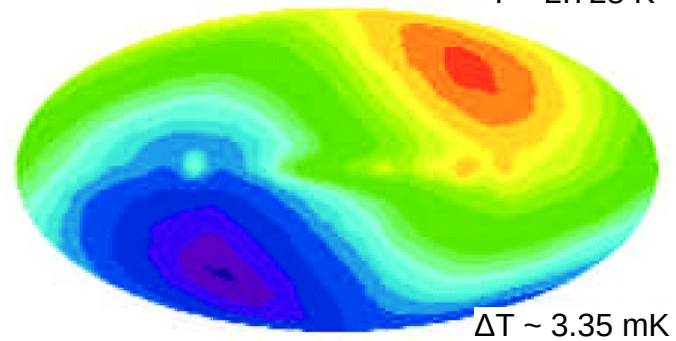
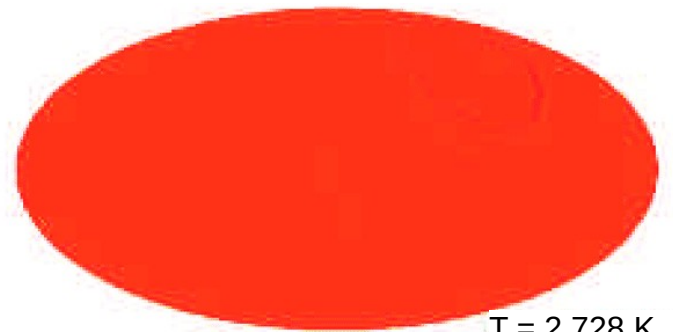
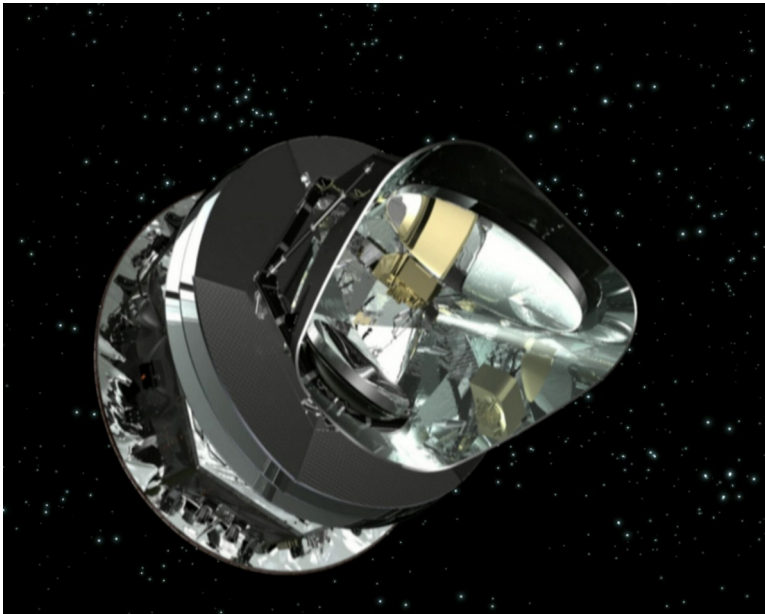
Rayonnement de fonds cosmologique



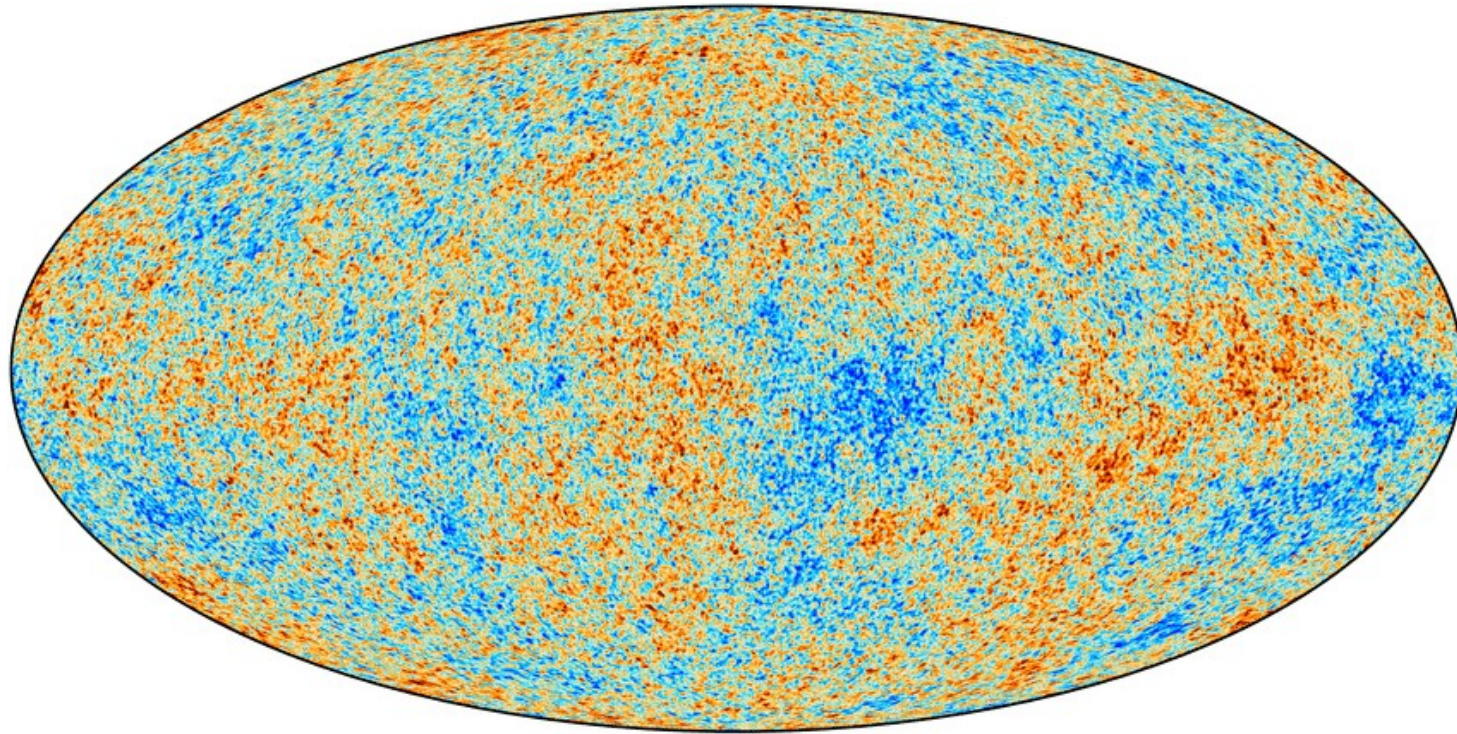
The cosmic microwave background Radiation's "surface of last scatter" is analogous to the light coming through the clouds to our eye on a cloudy day.



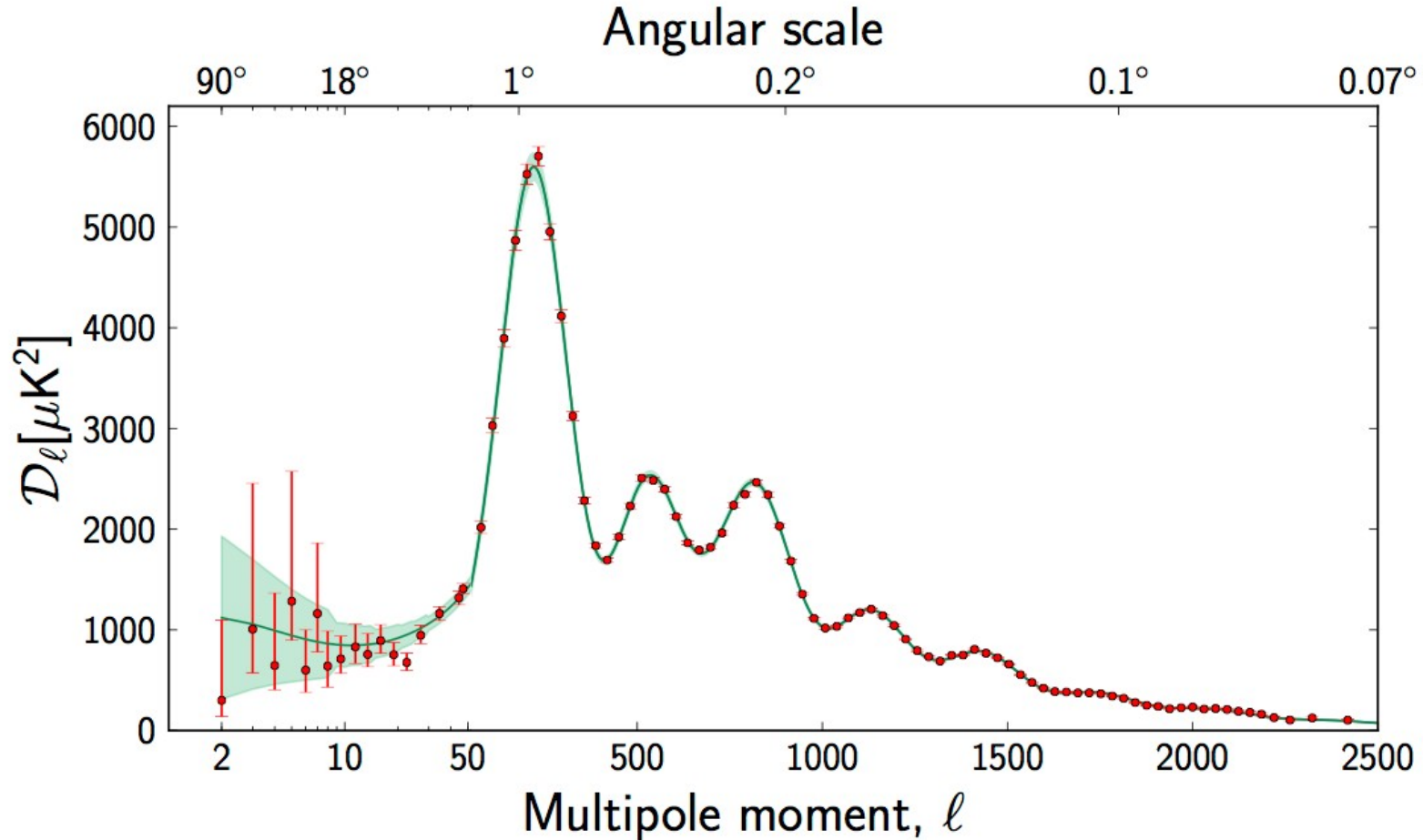
Planck



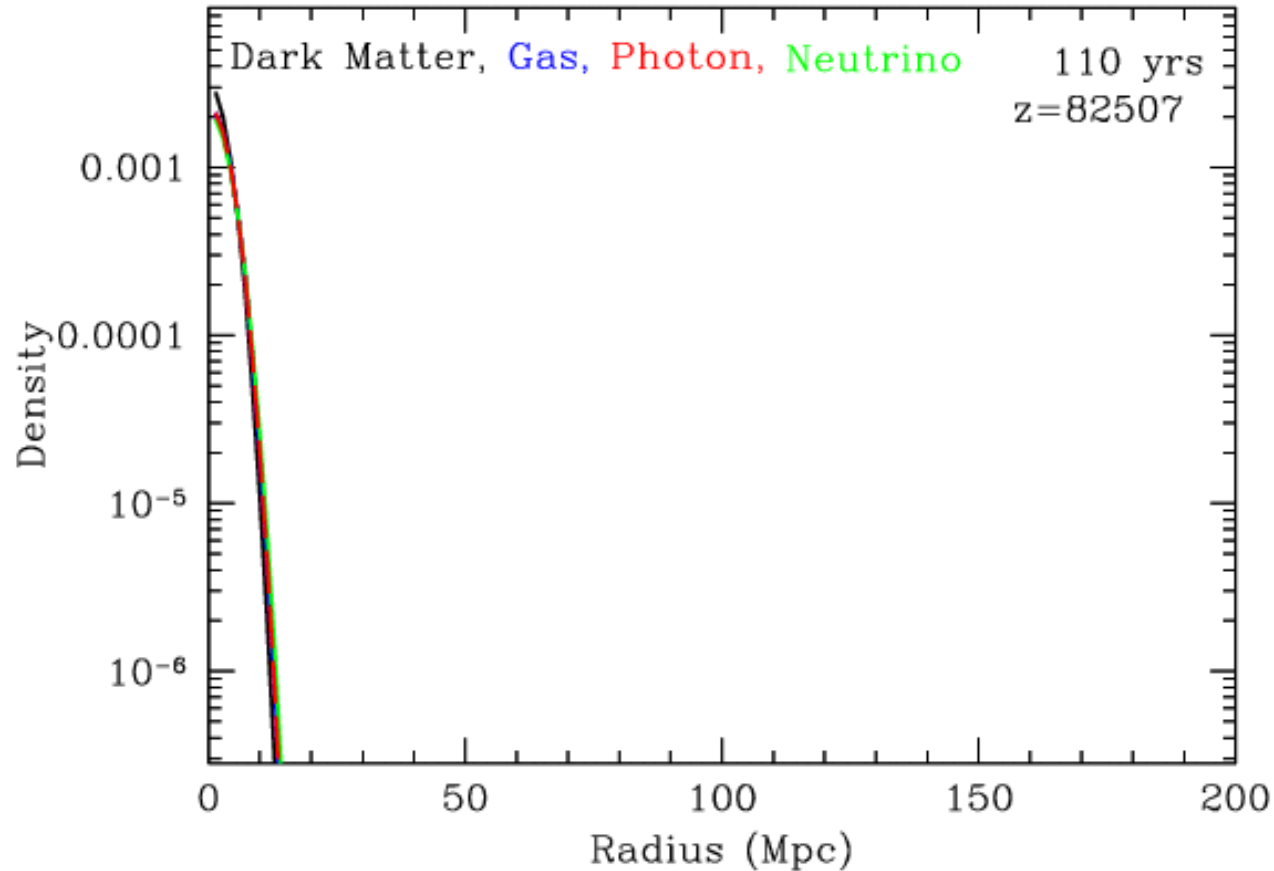
Fluctuations du CMB 380'000 ans après le Big Bang



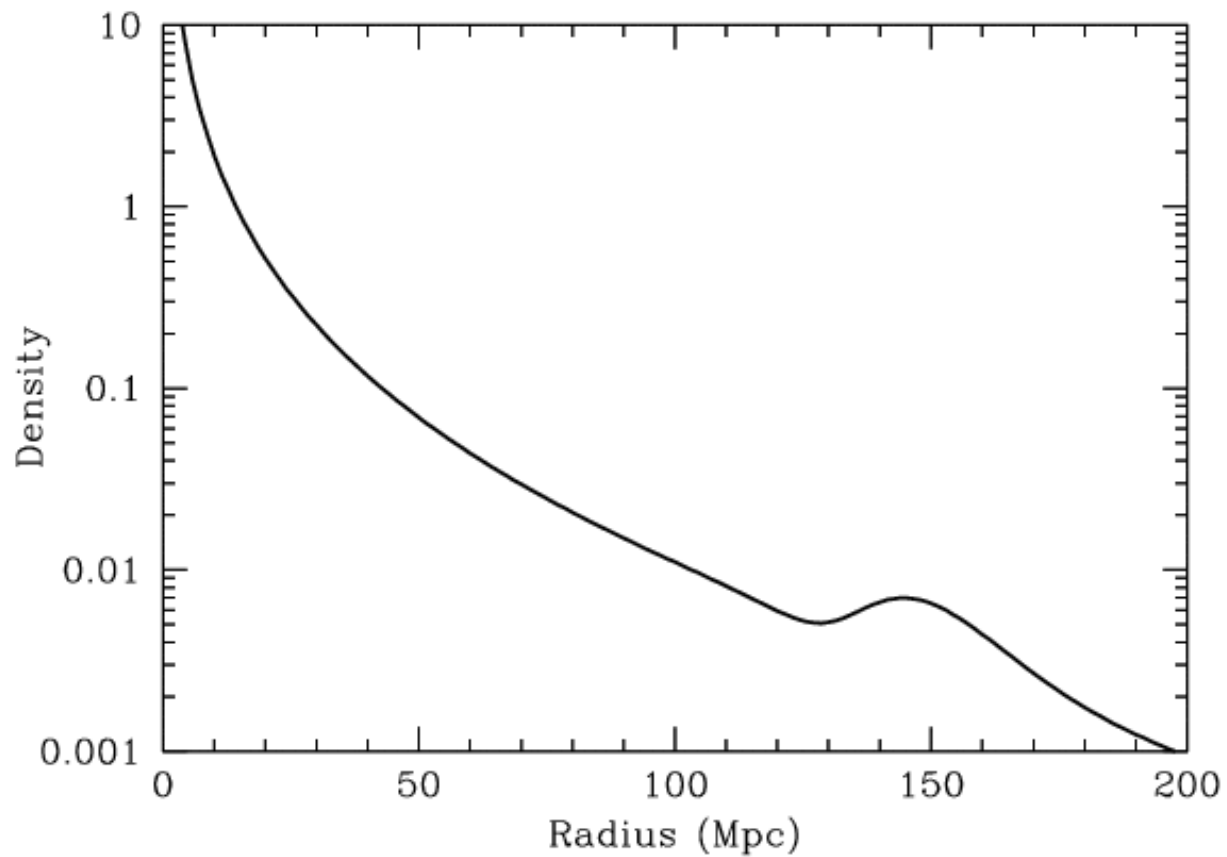
Spectre de puissance du CMB



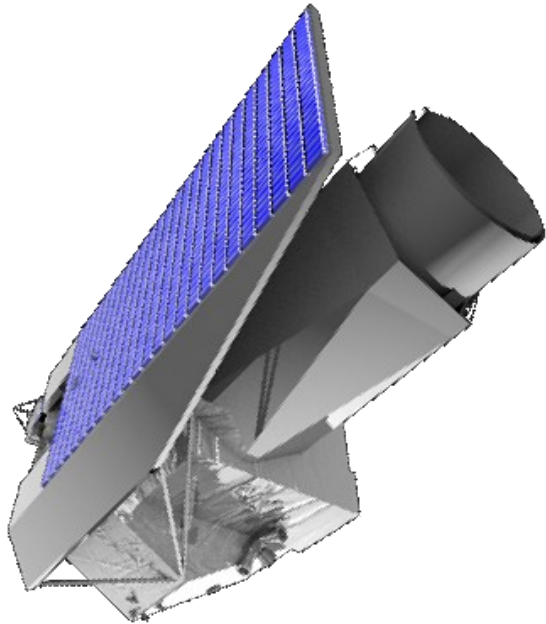
Oscillations baryoniques



Pic acoustique



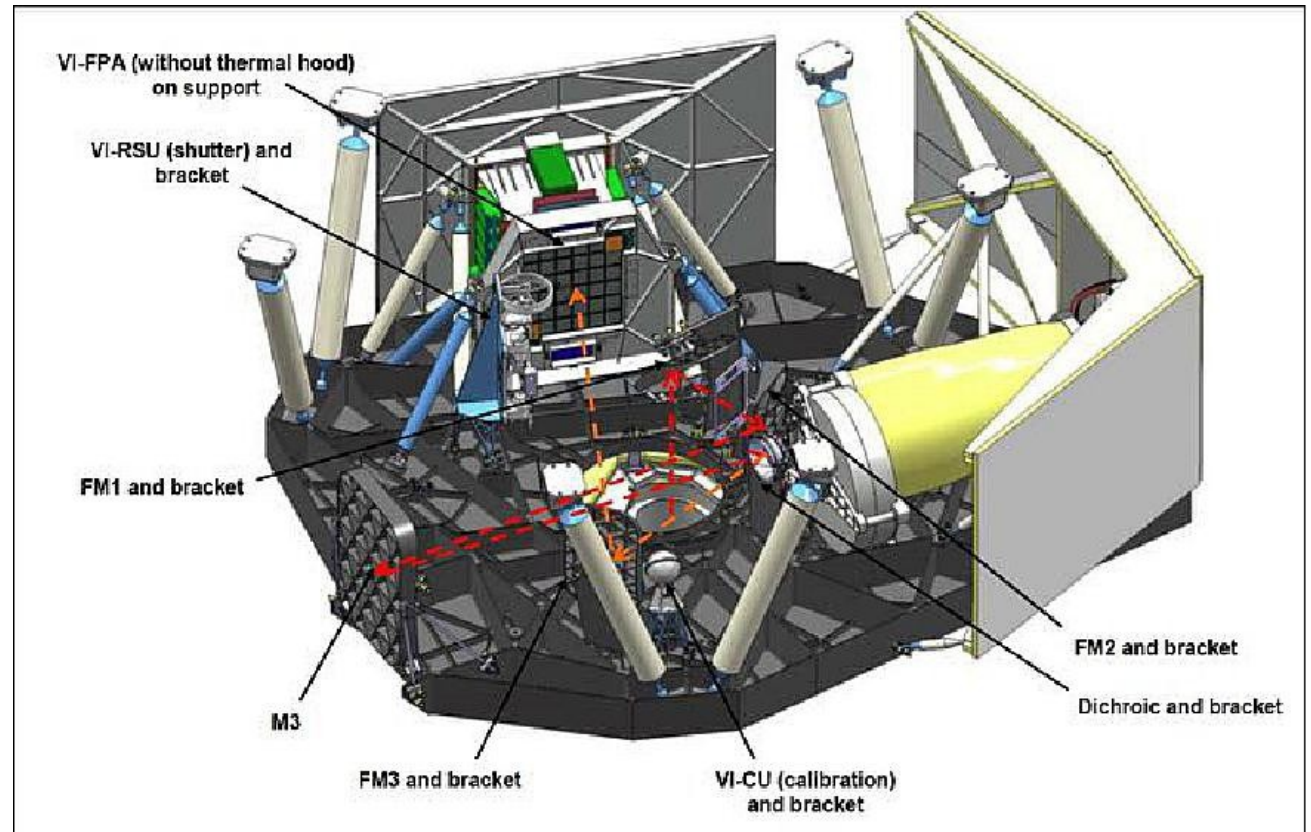
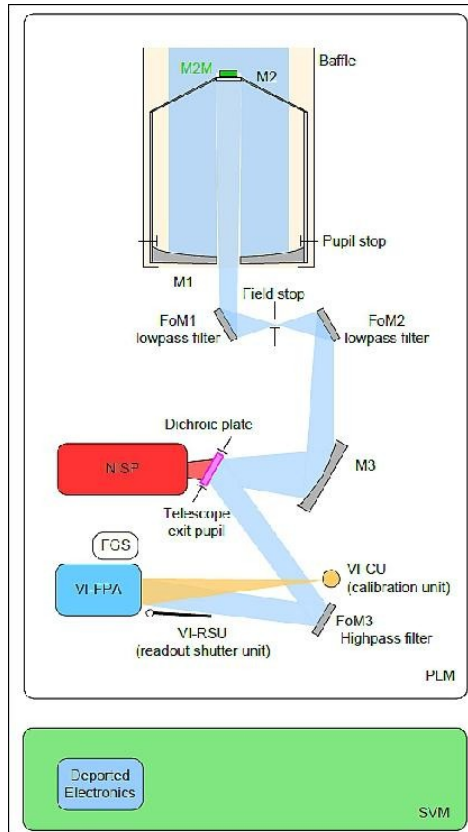
Euclid



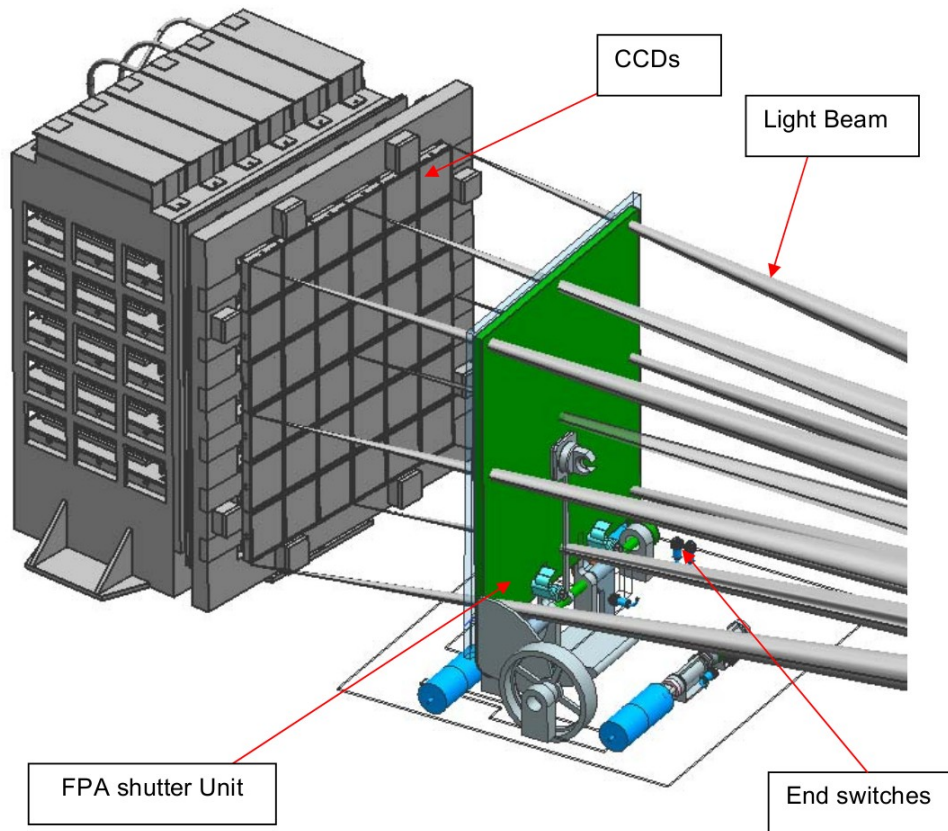
Euclid

- 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



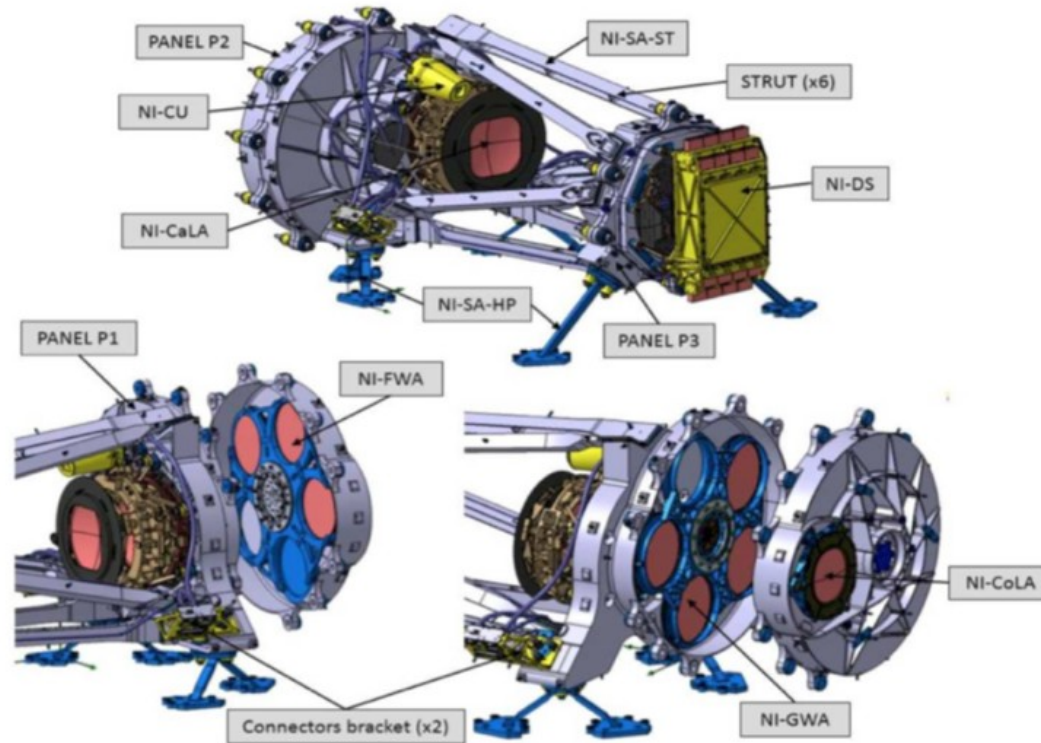
VIS



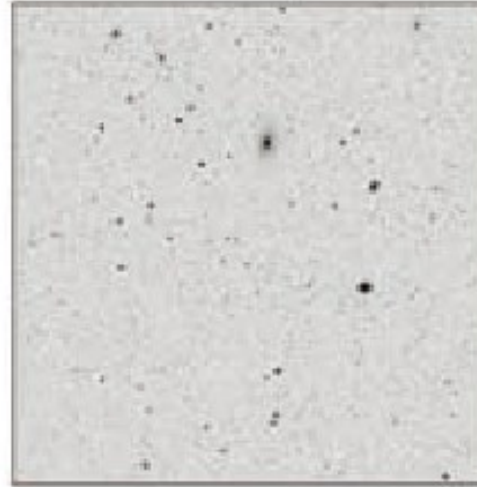
Imagerie haute résolution



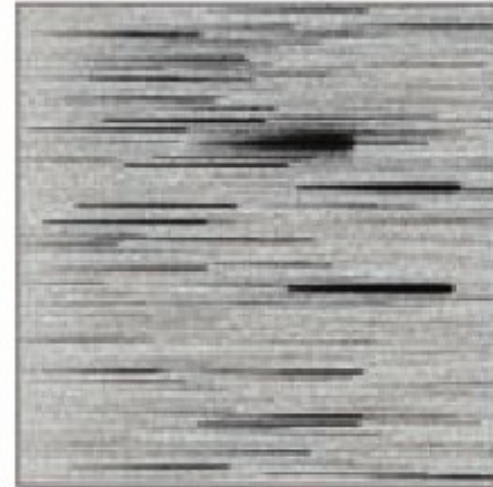
NISP



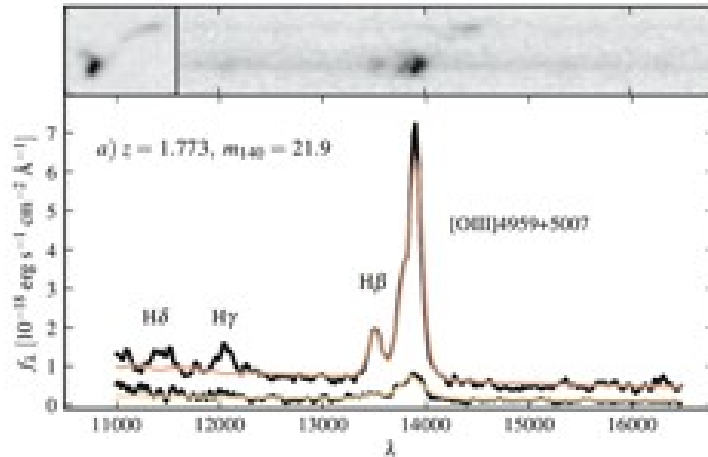
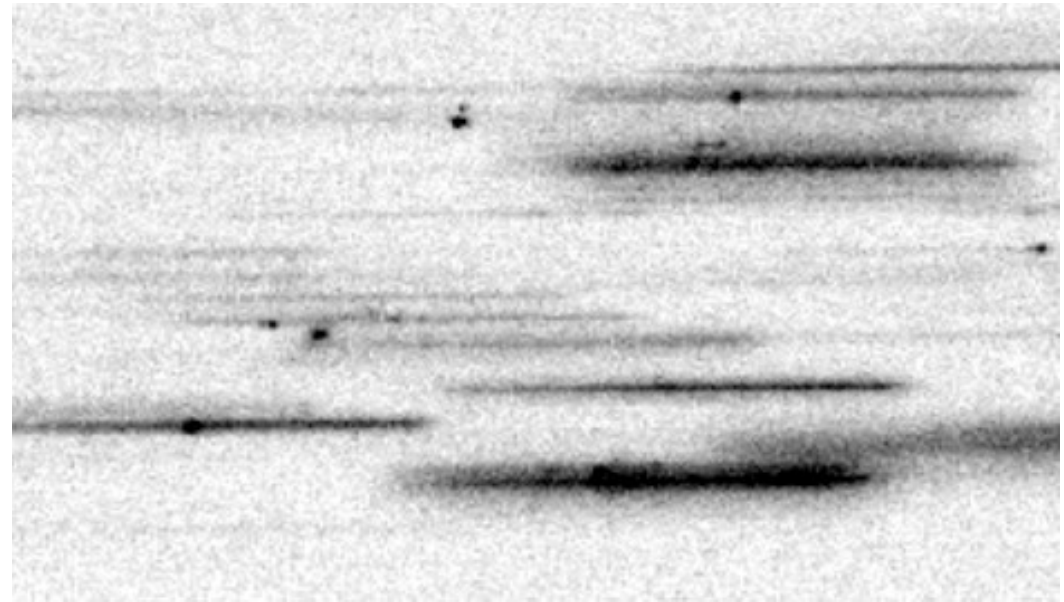
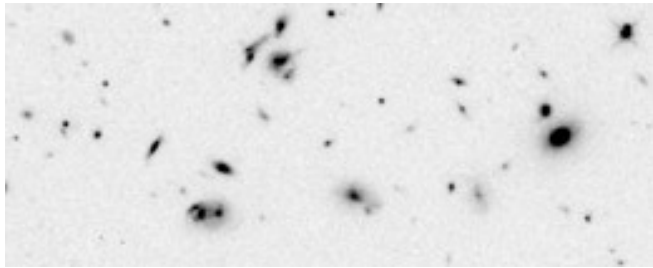
Direct Image



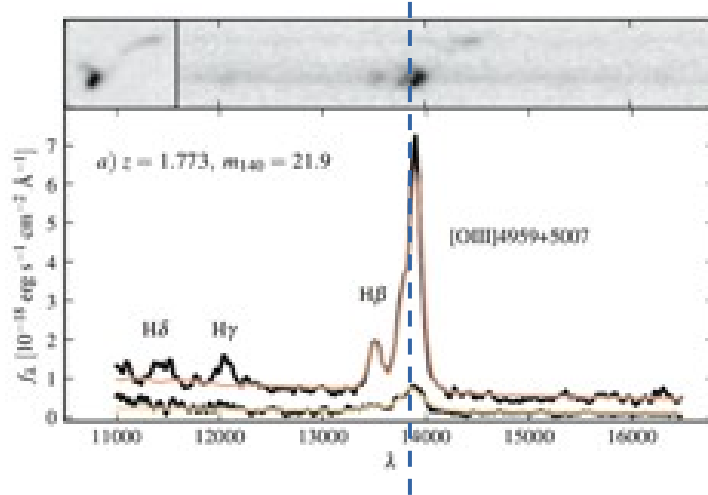
Slitless Image



Spectroscopie multi-objets

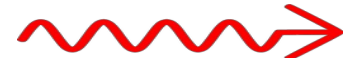


Mesure de l'échelle de l'Univers



5000 \AA

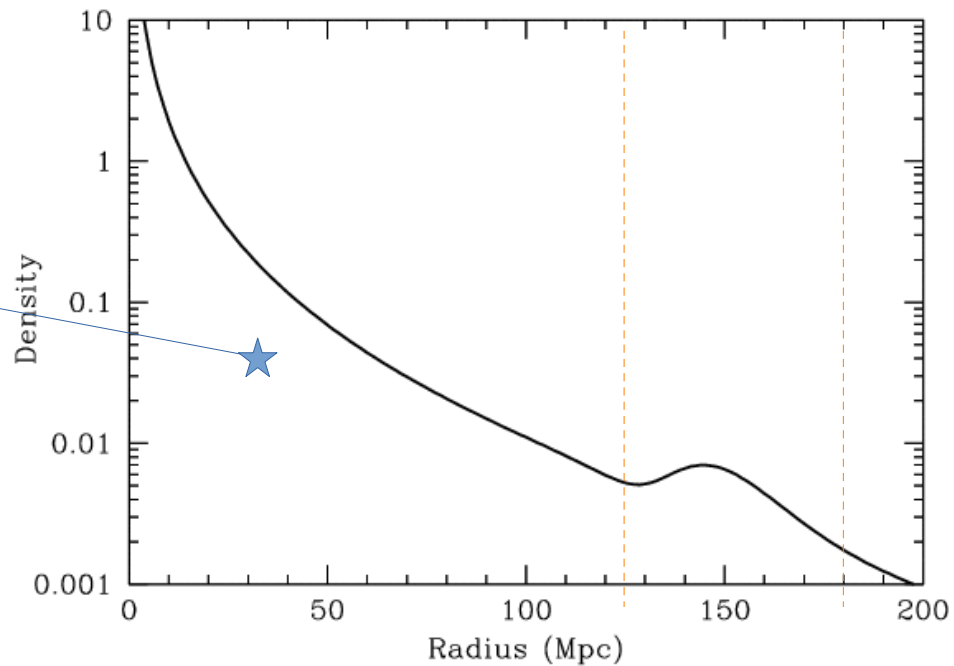
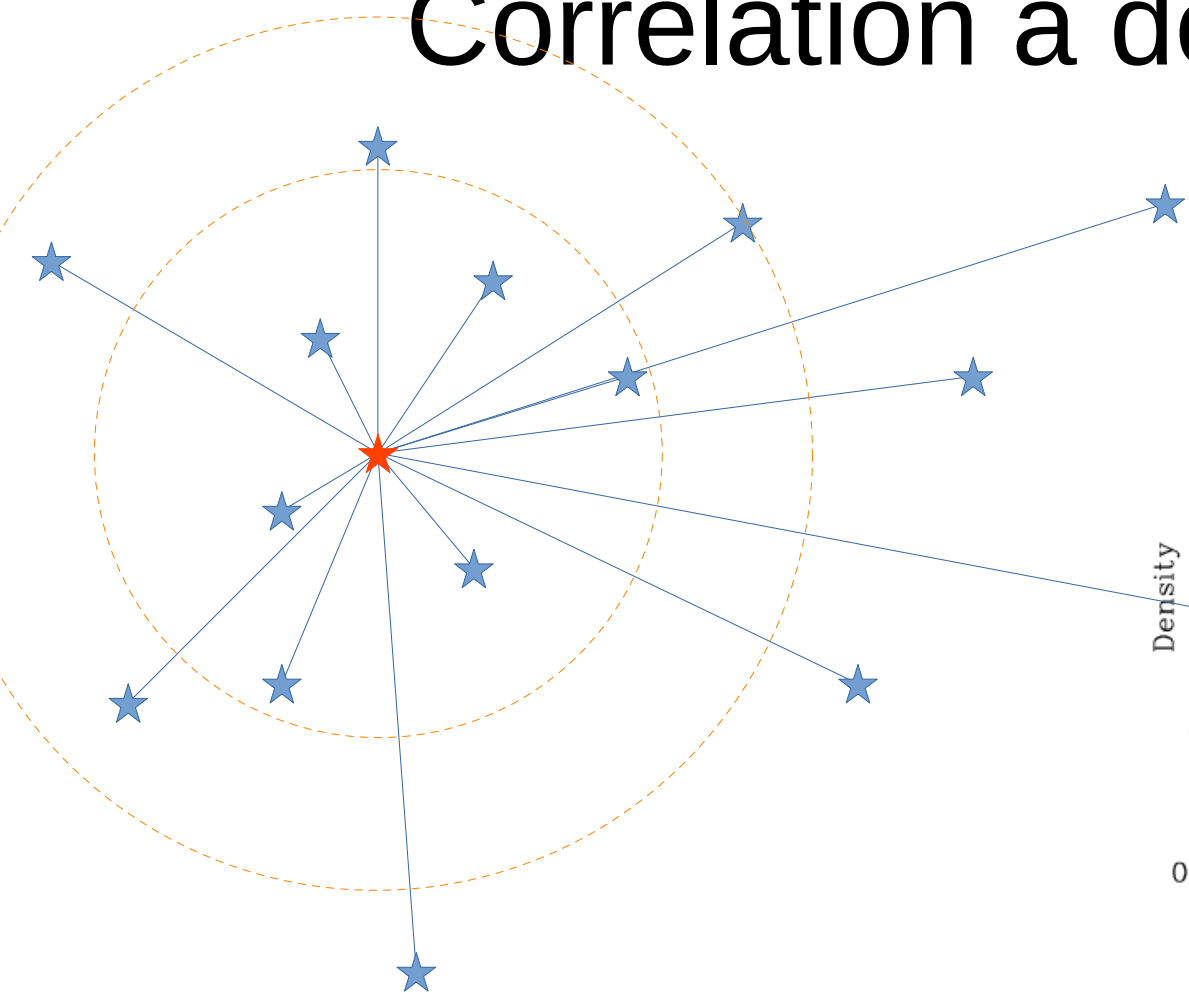
Décalage spectral



Comment mesurer w avec Euclid

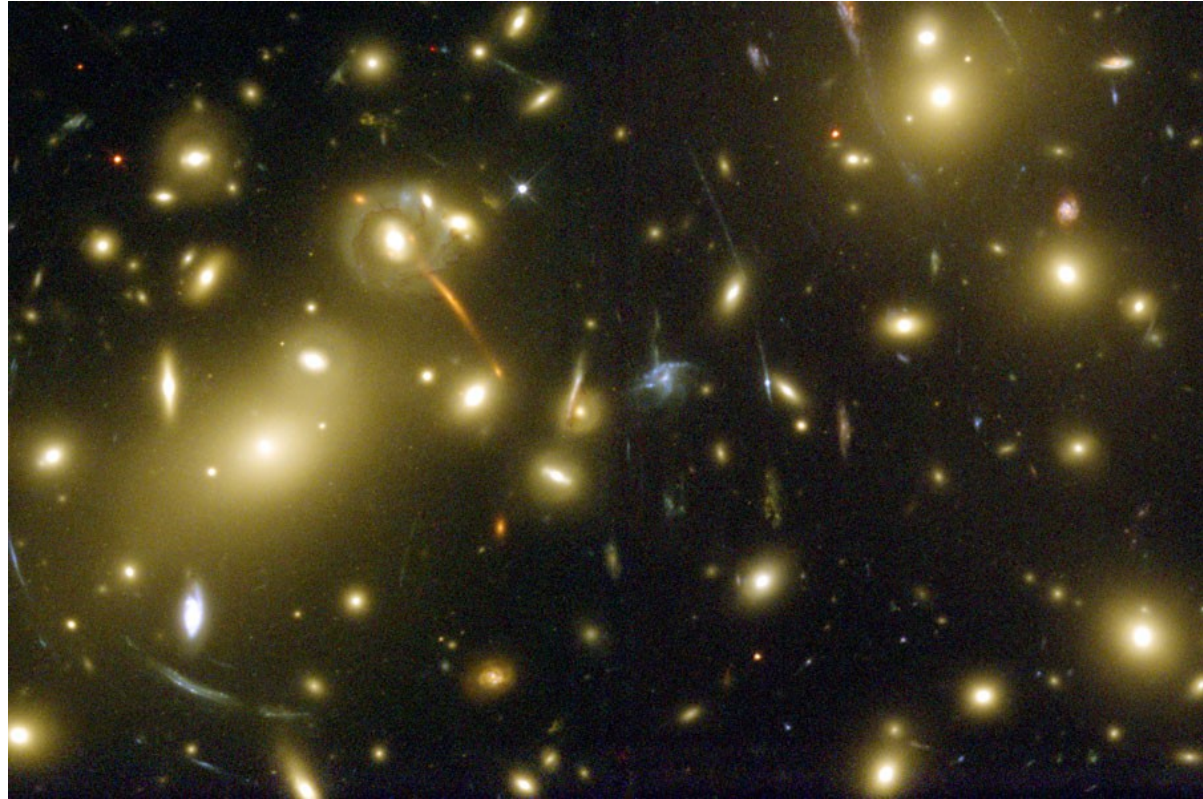
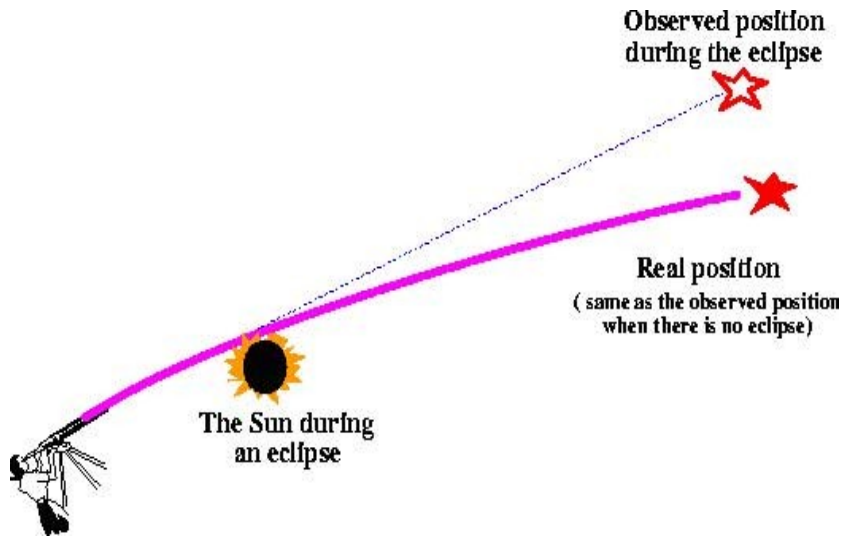
- Deux sondes principales
 - Spectre de puissance des galaxies
 - ✓ Position précise des galaxies en 3D
 - ✗ Les galaxies sont seulement quelques pourcents de la masse
 - ✗ Seul un petit nombre de galaxies peut être exploité ($\sim 10^7$)
 - Lentilles gravitationnelles faibles
 - ✓ Sondent 100% de la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

Corrélation à deux points

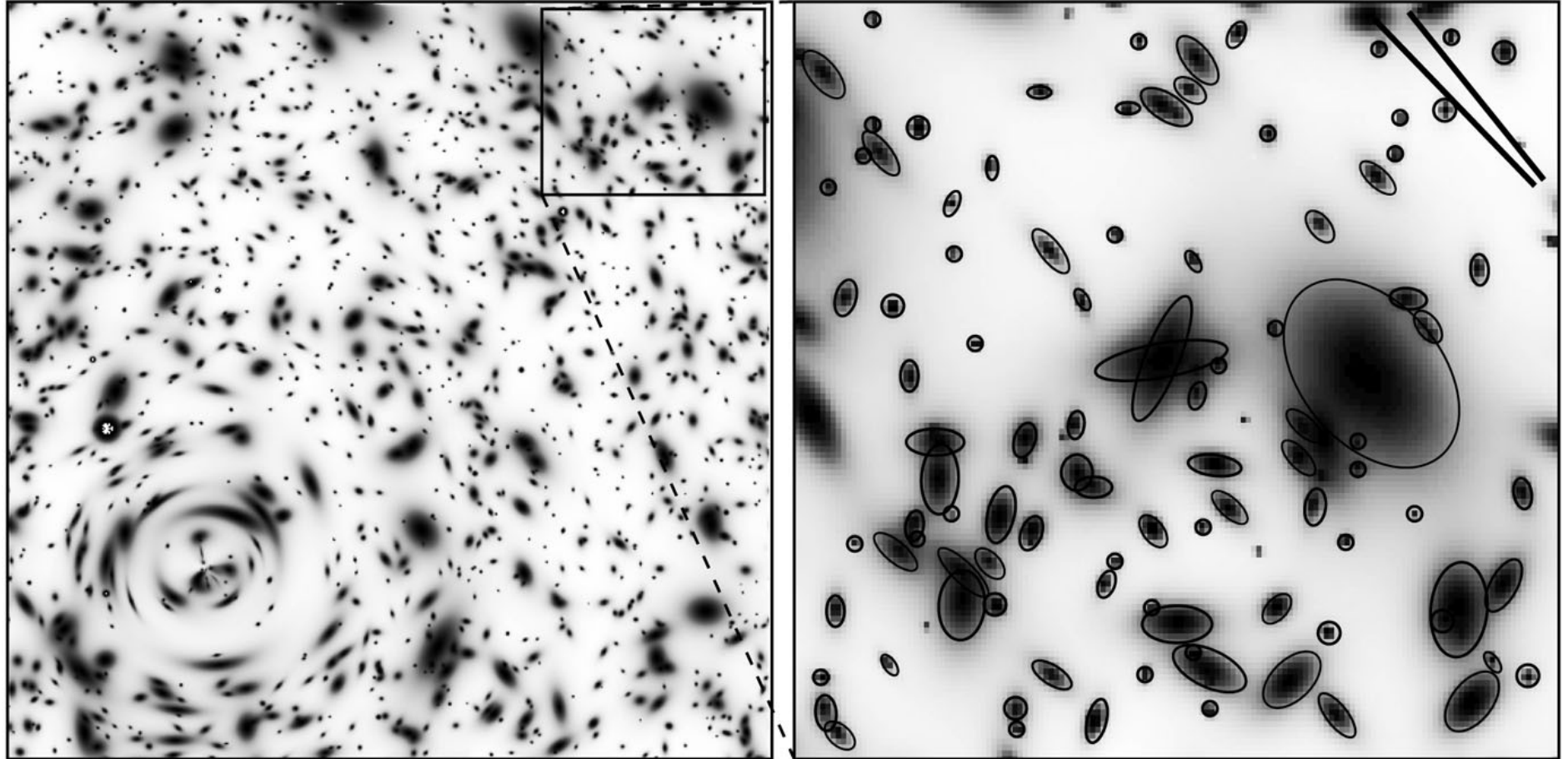


Lentilles gravitationnelles

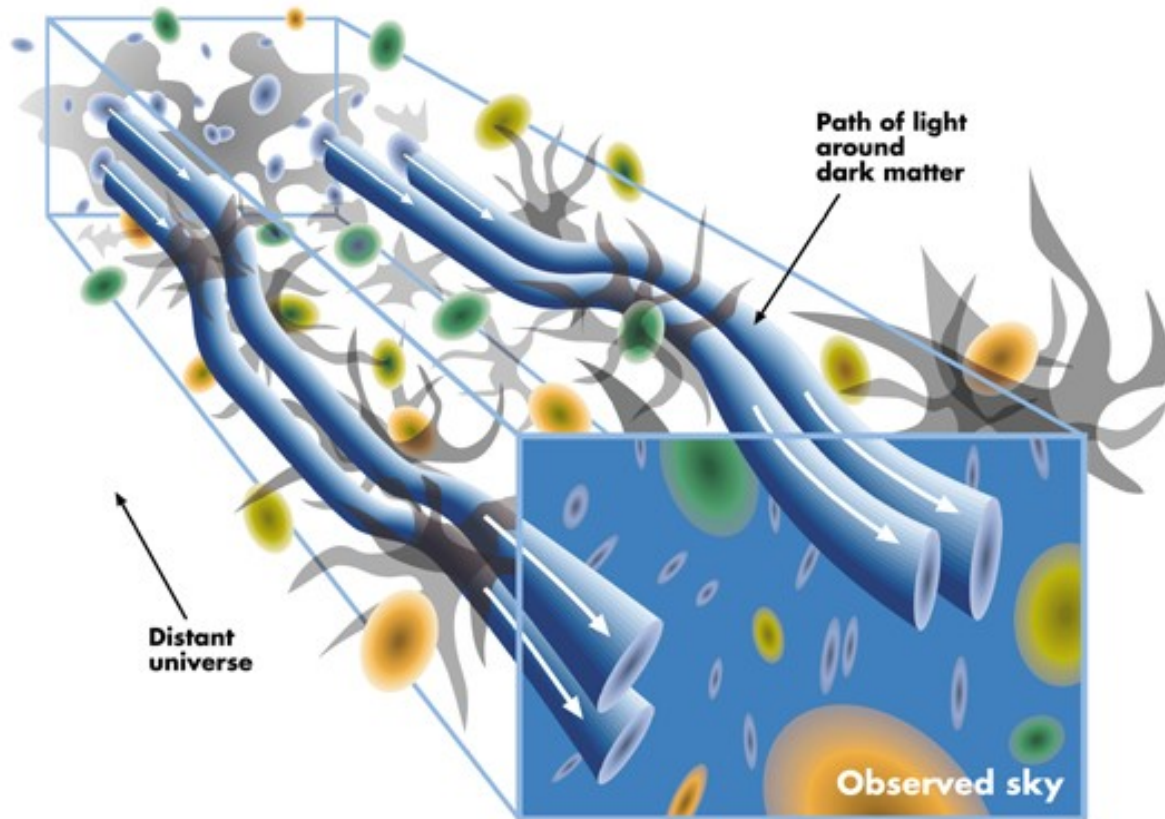
- Déplacement et déformations



Lentilles gravitationnelles faibles

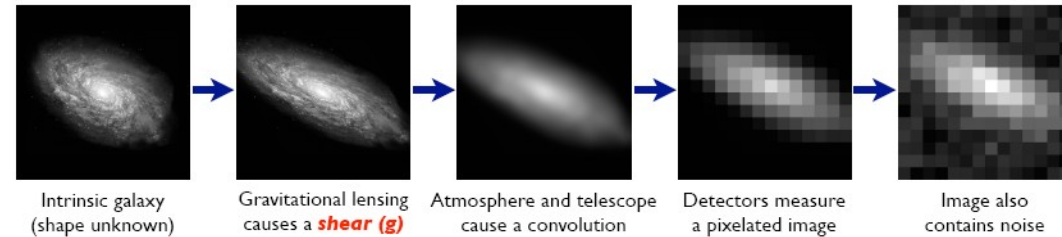
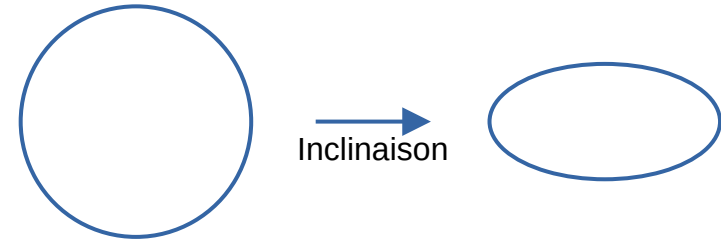
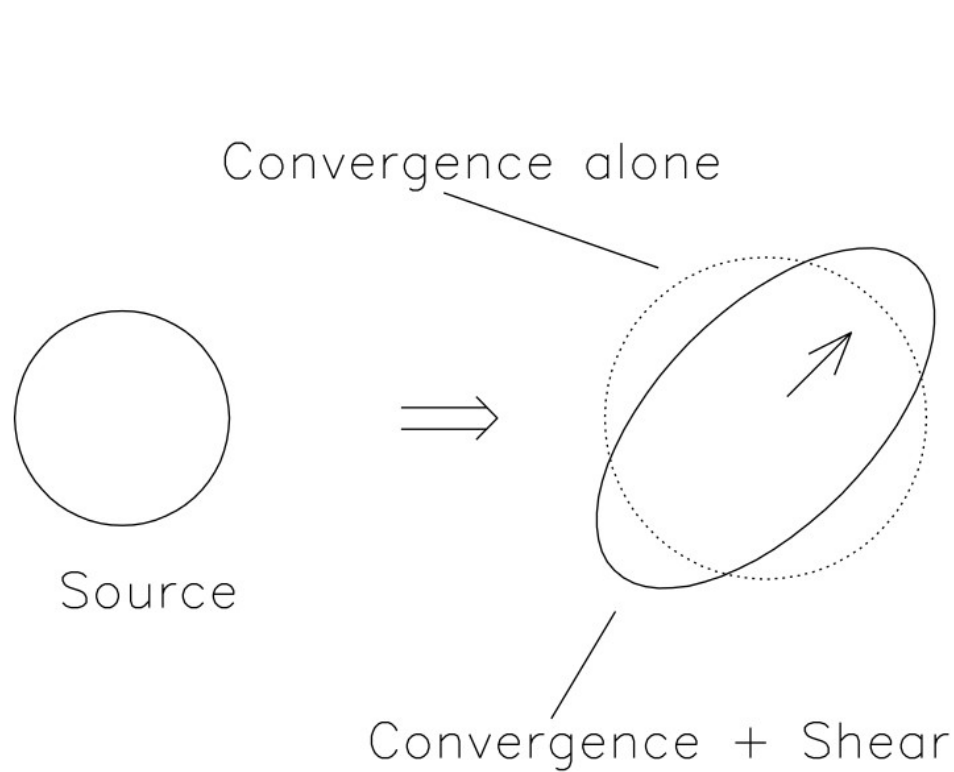


Cisaillement cosmique



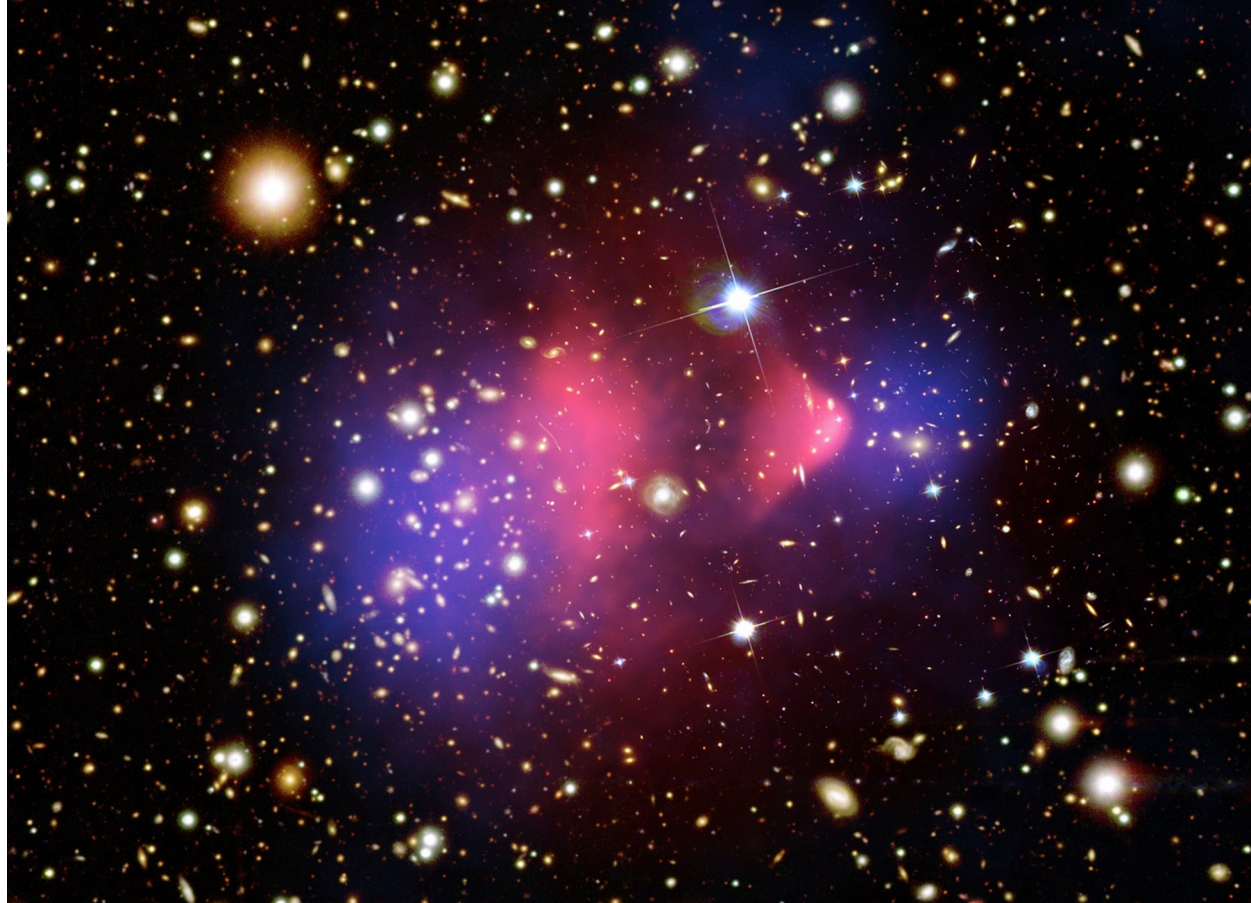
- L'image de chaque source passe à proximité de plusieurs nuages de matière (noire)
- Cela induit une minuscule déformation de l'image, que l'on peut mesurer
- En comparant les déformations à différentes distances, on peut faire des cartes de matière (noire) à différents instants

Mesure du cisaillement

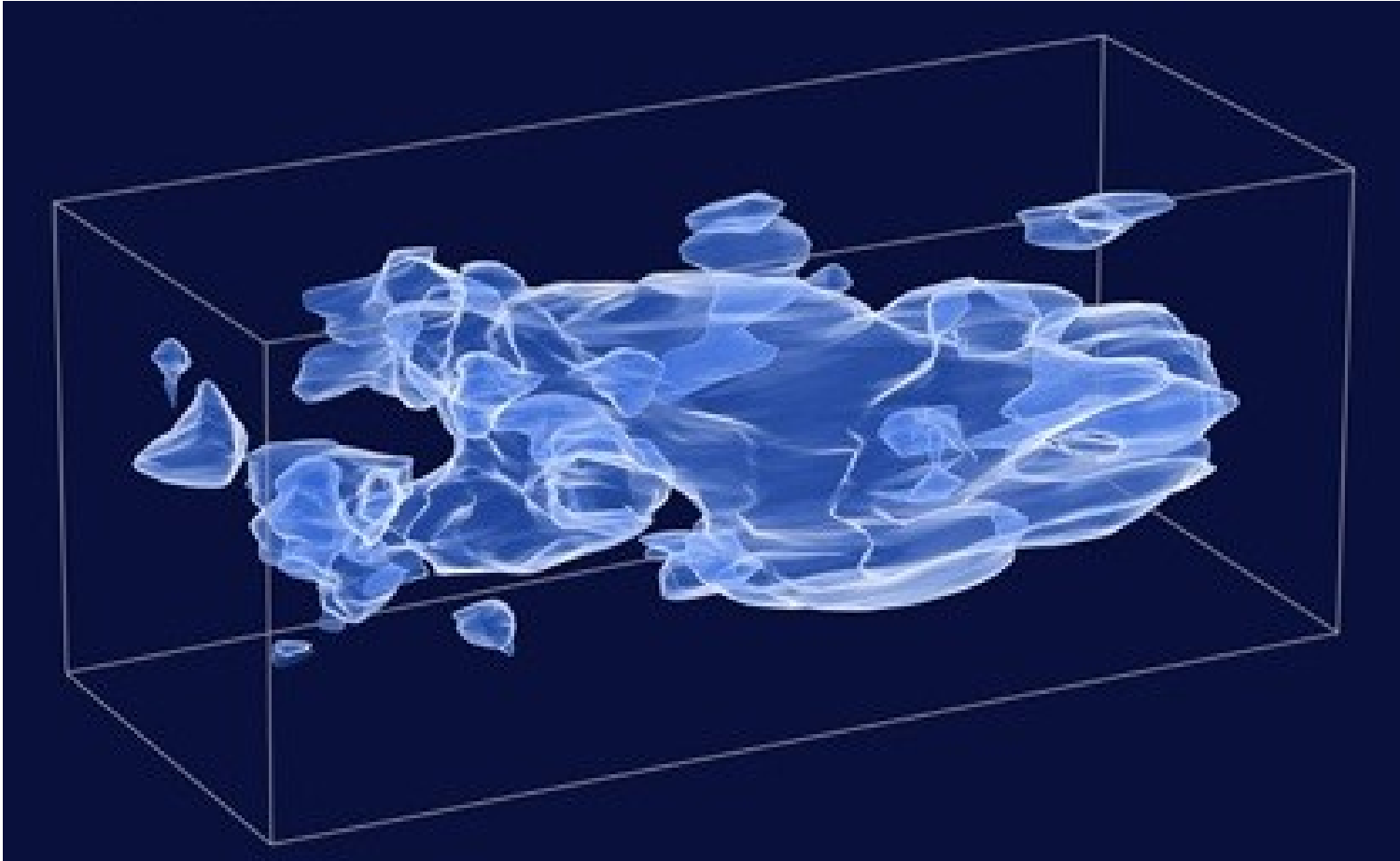


- Mesure extrêmement difficile:
 - Déformations minuscules
 - Inclinaison de la galaxie
 - Mesure statistique sur >30 galaxies
 - Dégradation de l'image à cause du télescope, de l'atmosphère et du détecteur
 - Les mesures depuis l'espace sont en principe beaucoup plus faciles

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