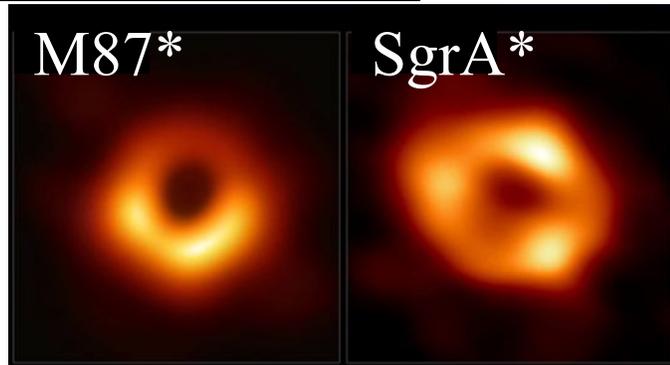


# Les grandes avancées depuis 150 ans

- Galaxies connues depuis 1925, 100 ans seulement!
- Cosmologie science récente, expansion accélérée 1998
- Contenu de l'Univers, matière noire, énergie noire 1980 - 2000
- Ondes gravitationnelles, fusion de trous noirs 2015
- Ombre des trous noirs 2019

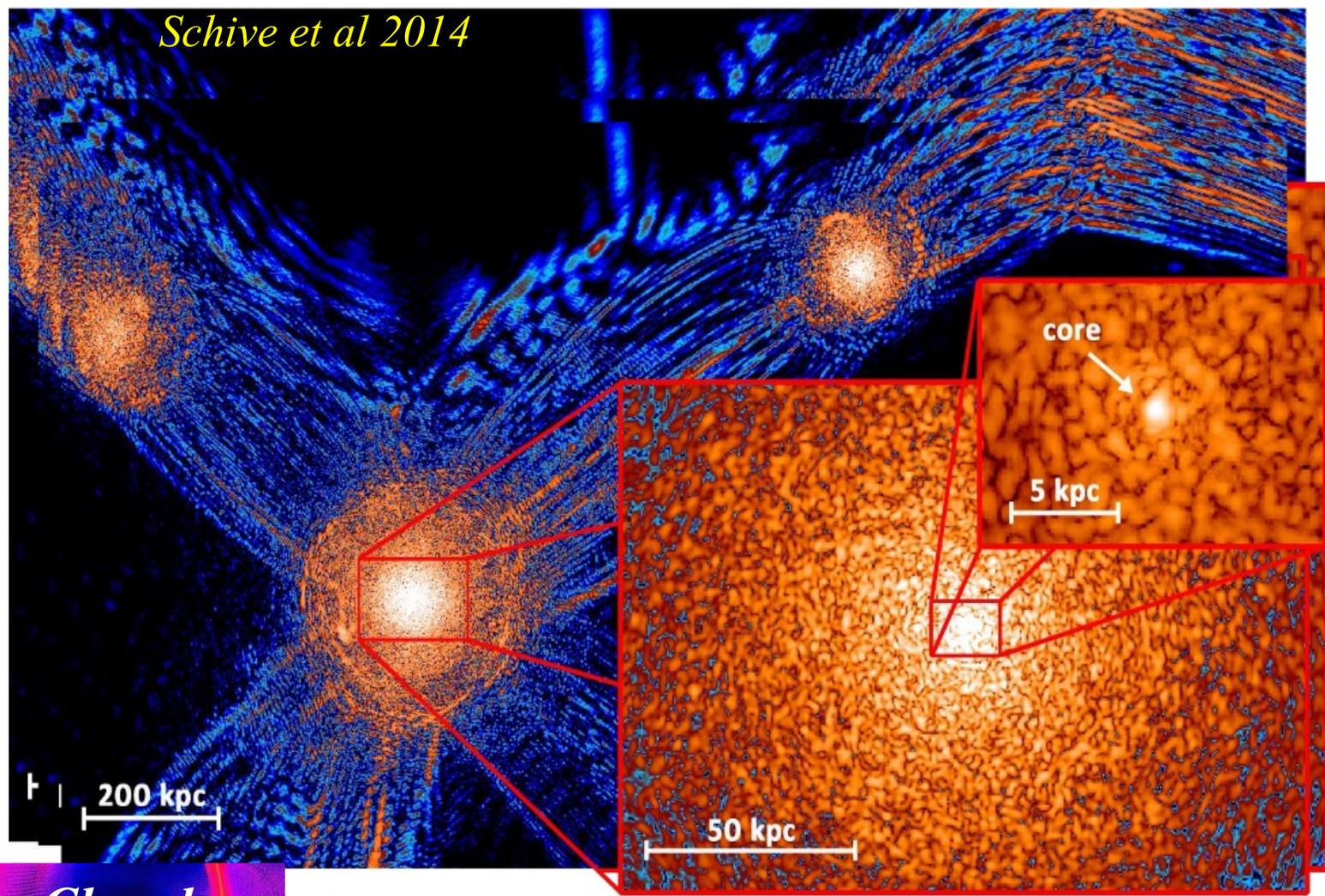


# Matière noire: le mystère s'épaissit

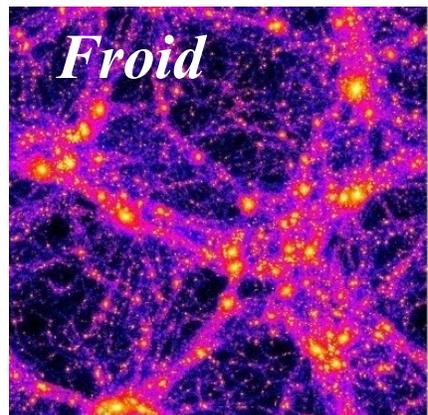
WIMP, neutralino, supersymétrie?

Neutrino stérile?

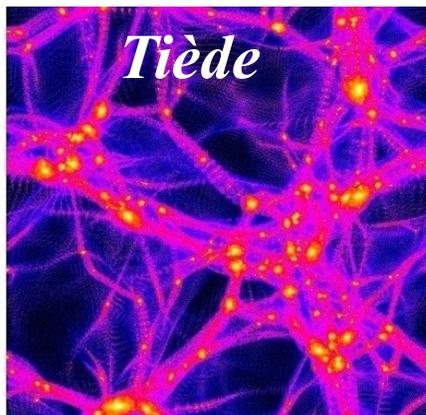
Actions ou similaires, quantique?  
 $10^{-23}\text{eV}$



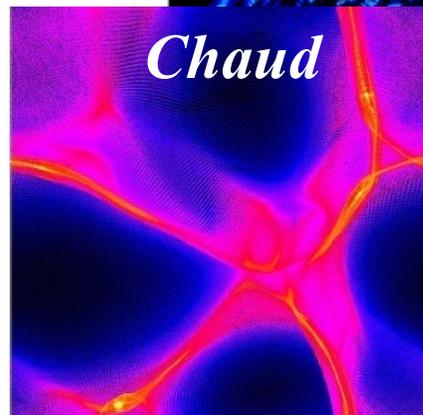
*Froid*



*Tiède*



*Chaud*



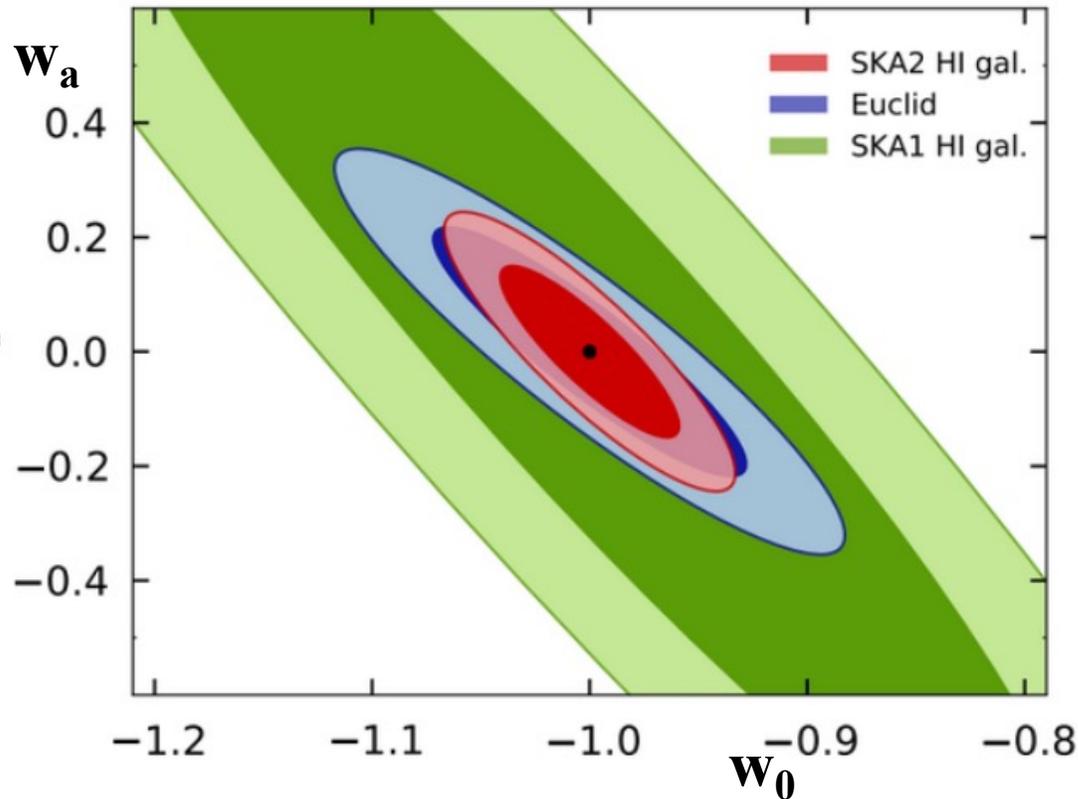
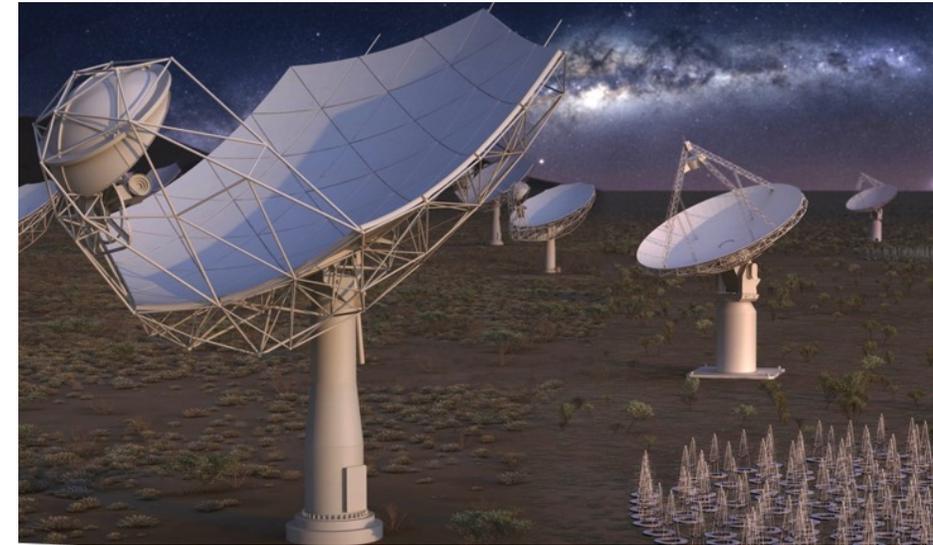
Longueur de de Broglie = 3000 al

# Energie noire: constante cosmologique?



$$P = w \rho \quad w(a) = w_0 + w_a (1-a)$$

$w_0 = -1, \quad w_a = 0 \rightarrow$  constante cosmologique

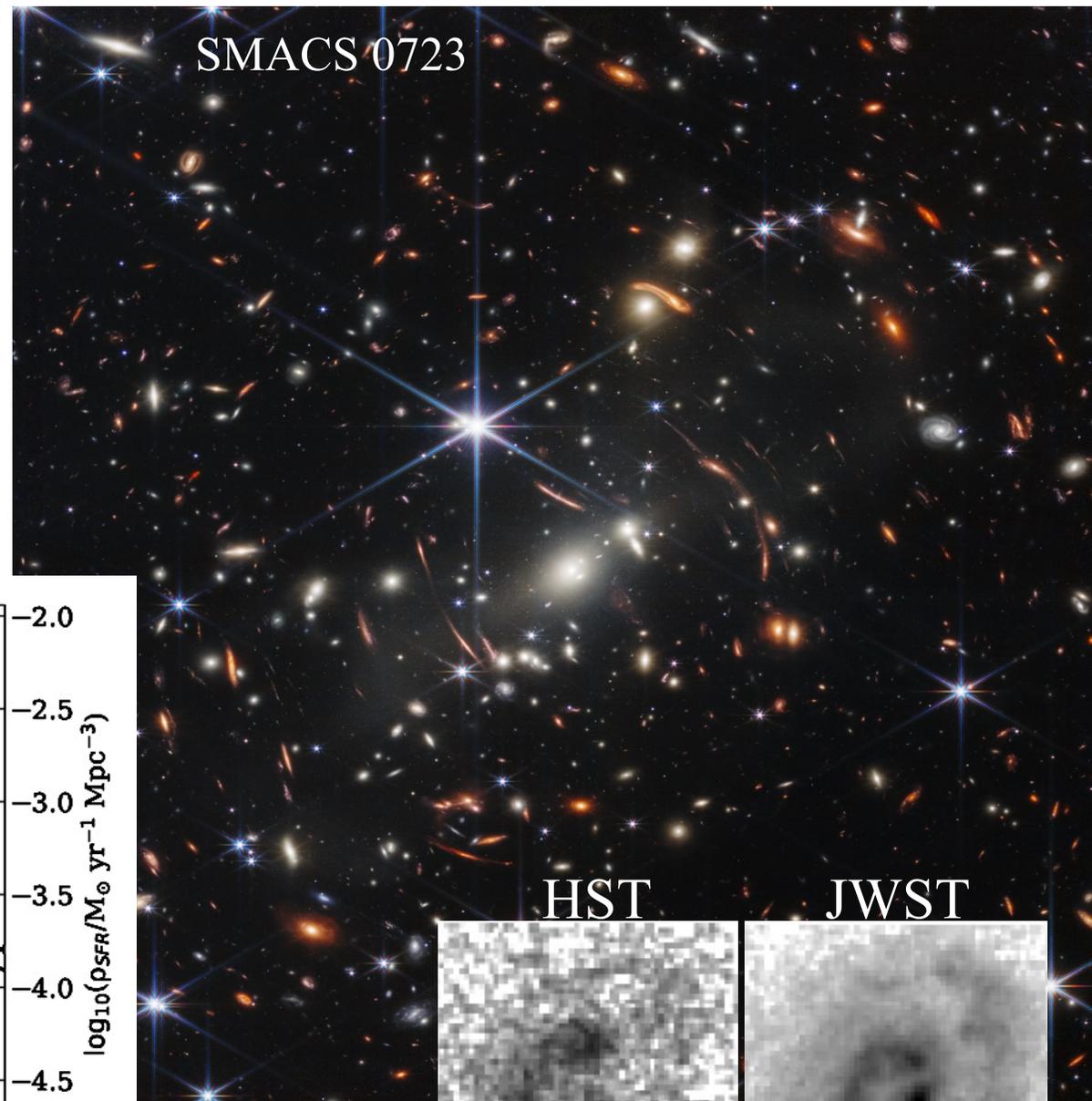
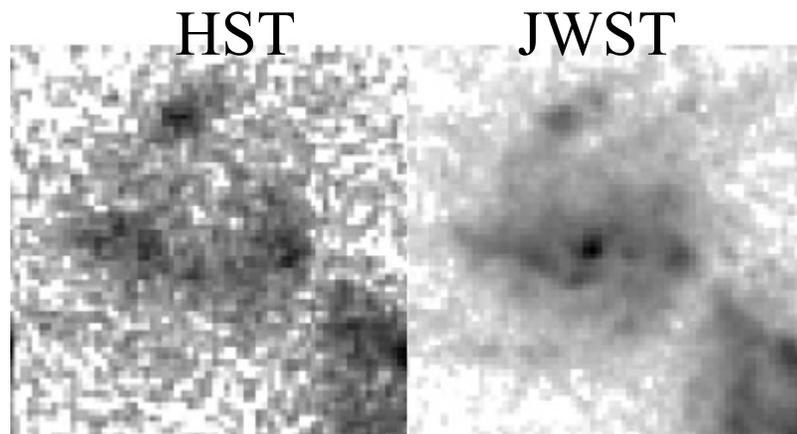


Energie du vide:  
110 ordres de  
grandeur en-dessous  
des prédictions

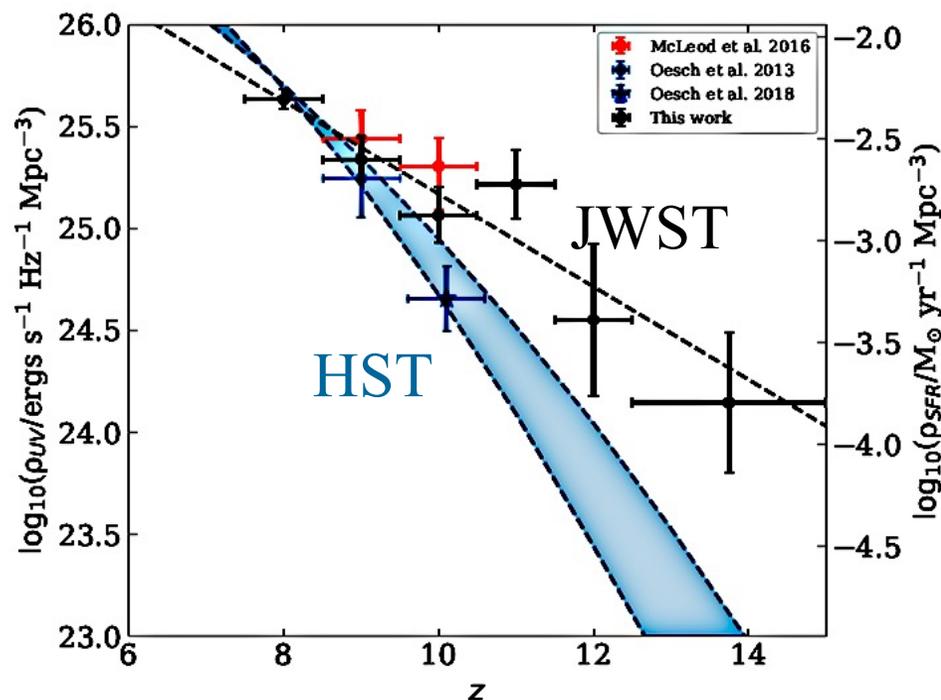
Euclid lancé en 2023



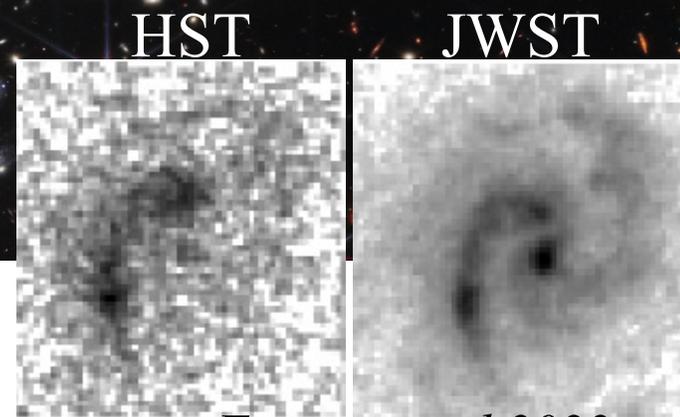
# Galaxies primordiales et JWST



La séquence de Hubble débute à  $z=6$ , ou 7% de l'âge de l'Univers



*Donnan et al 2022*



*Ferrara et al 2022*

# Et dans 100 ans?

→ Cosmologie, secteur noir?

Inflation, ou univers cyclique

Ondes gravitationnelles primordiales

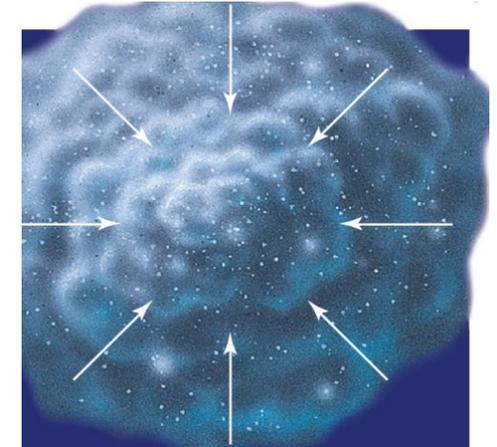
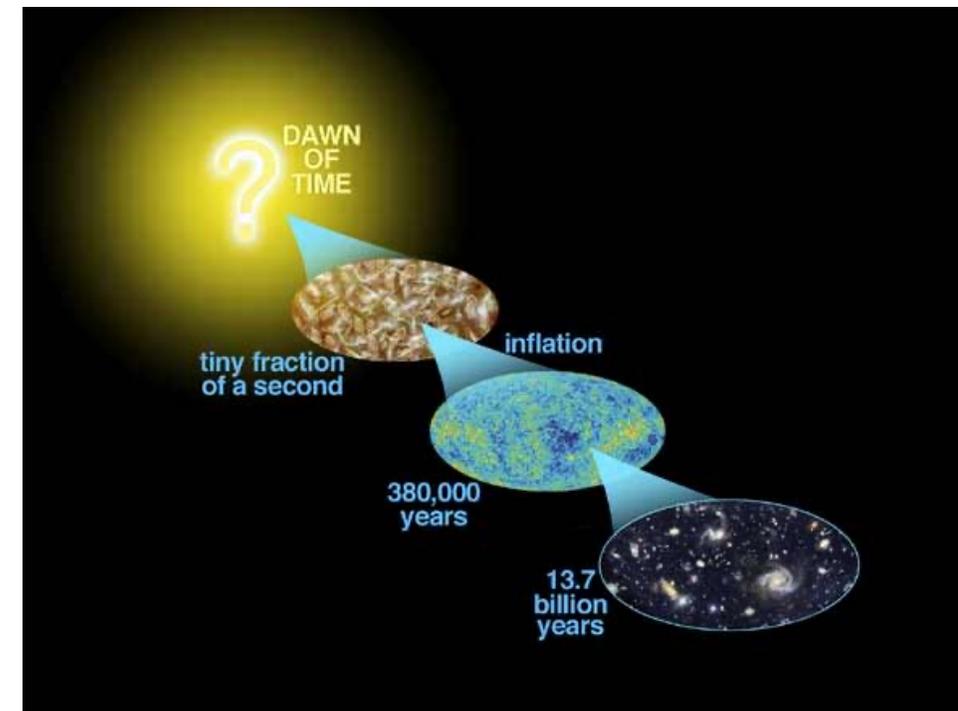
→ Formation des galaxies

Formation d'étoiles cosmique dans la 1<sup>ère</sup>  
moitié de l'Univers

→ Trous noirs super-massifs

Les plus massifs 10 milliards  $M_{\odot}$  au début?

Effondrement direct ? Étoiles super-massives?



$M_* > 10^6 M_{\odot}$