



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

Chaire Galaxies et Cosmologie

La SFP et l'Astrophysique depuis 150 ans



Françoise Combes



Laboratoire d'Étude du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique

Rôle fondamental de la SFP

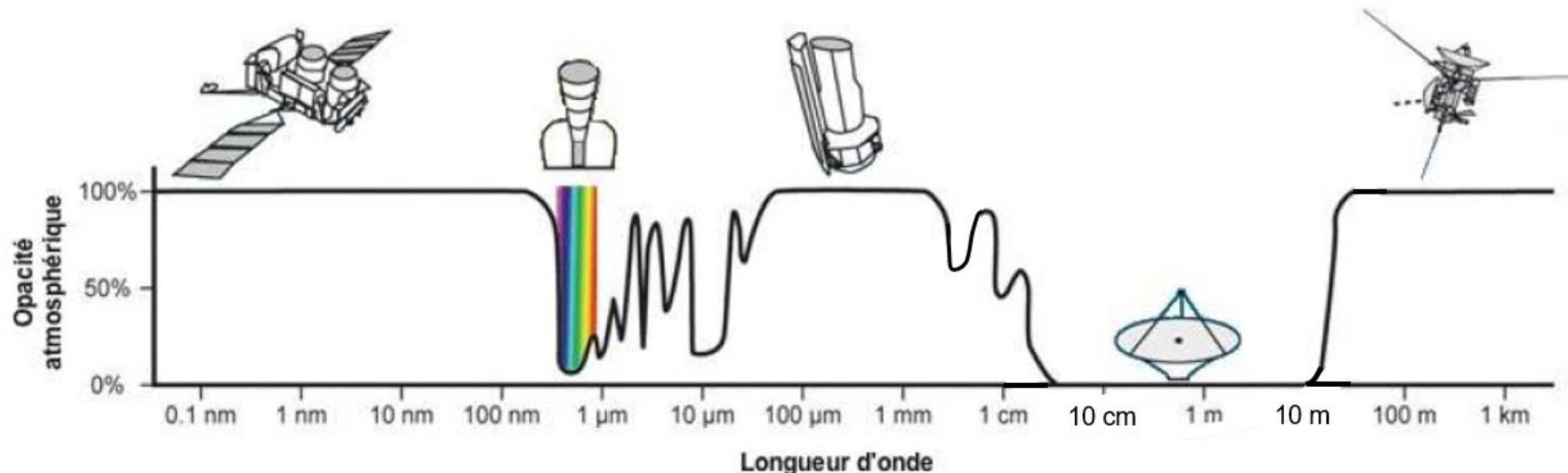
Astrophysique versus Astronomie

→ Permettre aux astronomes de s'ouvrir à toutes les physiques

L'astrophysique a besoin de toutes les composantes
et tous les secteurs de la physique

Et tout d'abord, l'optique, les ondes électromagnétiques

DIVISIONS SFP
Physique Nucléaire
Atomique, Moléculaire
Optique, Accélérateurs
Physique et Vivant
Matière Condensée
Plasmas
Chimie Physique
Champs et Particules



Physique et Inter-disciplinarité

La physique prend aussi des exemples en astrophysique

Univers: laboratoire unique:

champs magnétiques 10^{15}G dans les magnétars

Matière condensée: naine blanche $1\text{ tonne}/\text{cm}^3$

Étoile à neutron $10^9\text{ tonnes}/\text{cm}^3$

Matière dégénérée -- Avant le trou noir

Densité ultra-faibles,

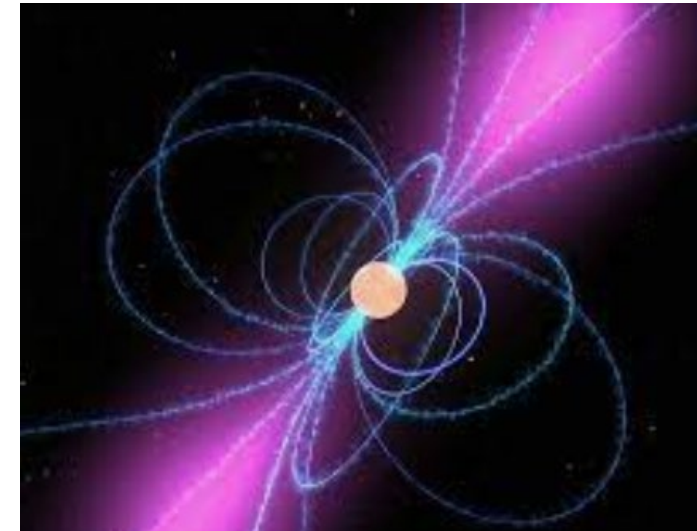
Vides les plus poussés → Raies interdites $n < 10^3/\text{cm}^3$

Par exemple très utile près des quasars [O III] à 4959 \AA et 5007 \AA ,
[O II] à 3727 \AA , [Ne V] à 3426 \AA , [S III] à 9060 et 9532 \AA

Naine blanche



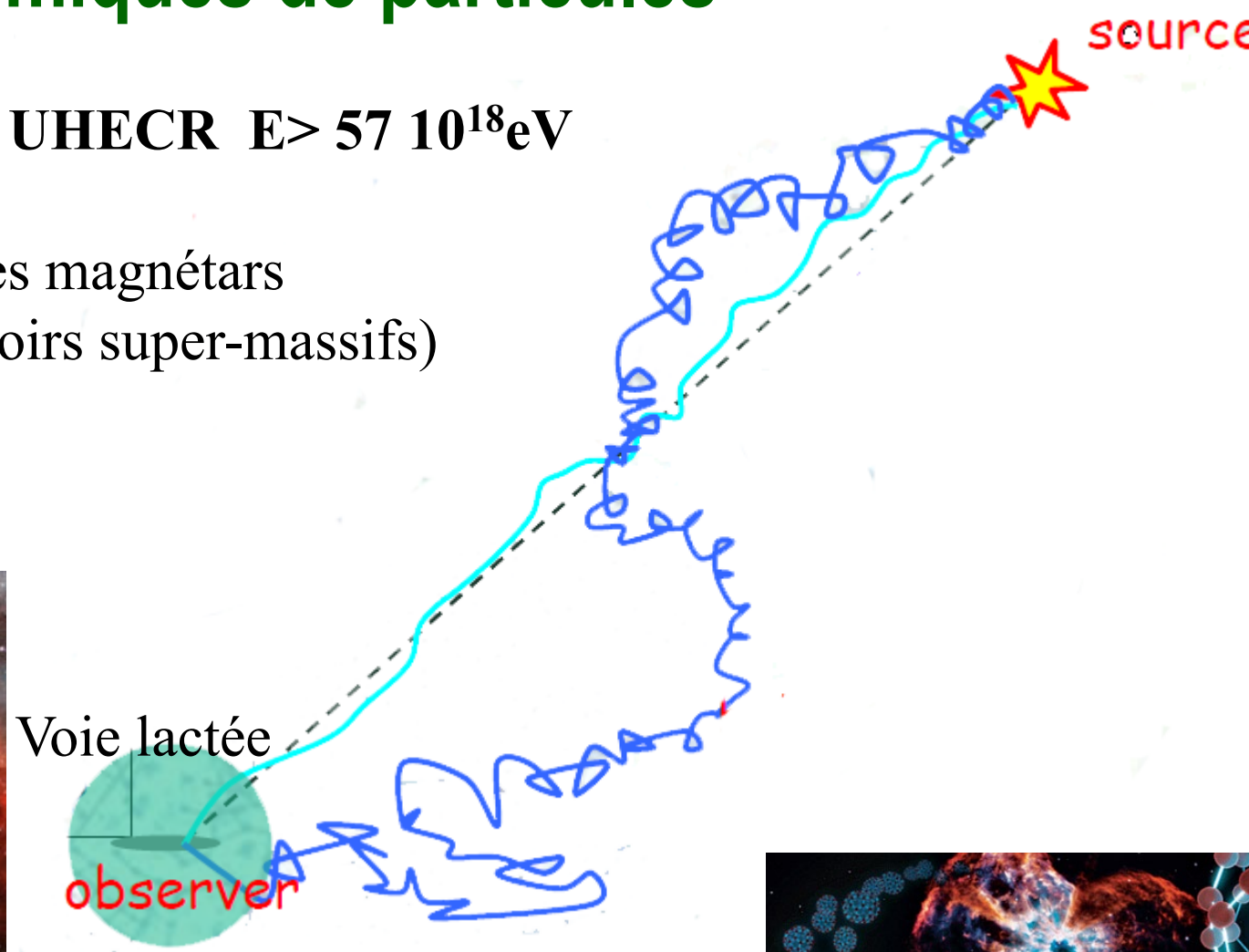
Etoile à neutrons



Accélérateurs cosmiques de particules

Rayons cosmiques de ultra-haute énergie **UHECR** $E > 57 \cdot 10^{18} \text{eV}$

Les accélérateurs sont des supernovae, des magnétars
Ou des noyaux actifs de galaxies (trous noirs super-massifs)



Chimie physique interstellaire

120 molécules

H_3^+ CH CN

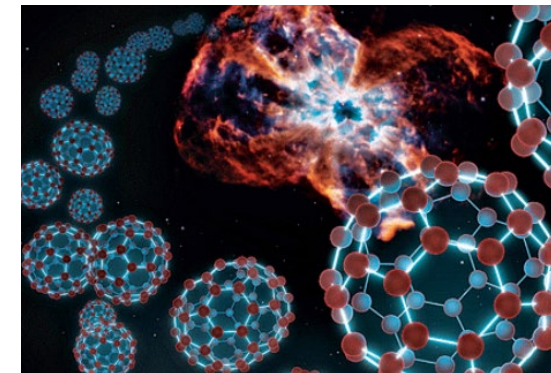
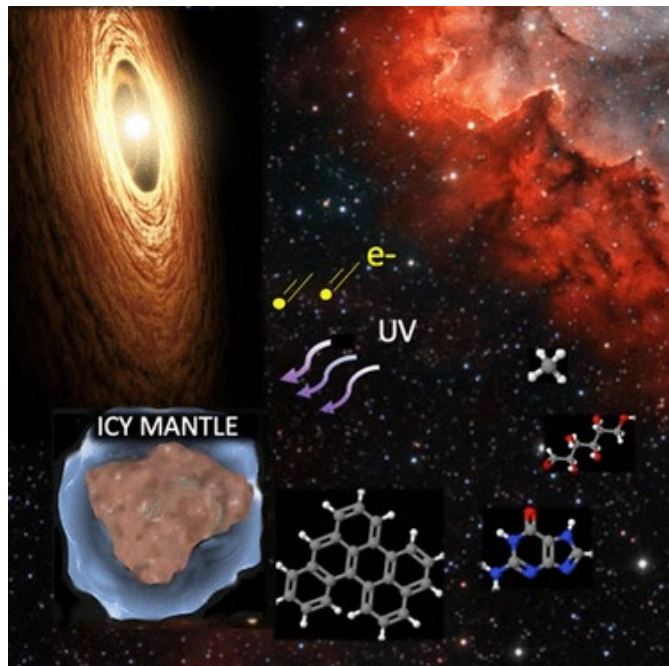
D_2H^+ NH

CH_3OH

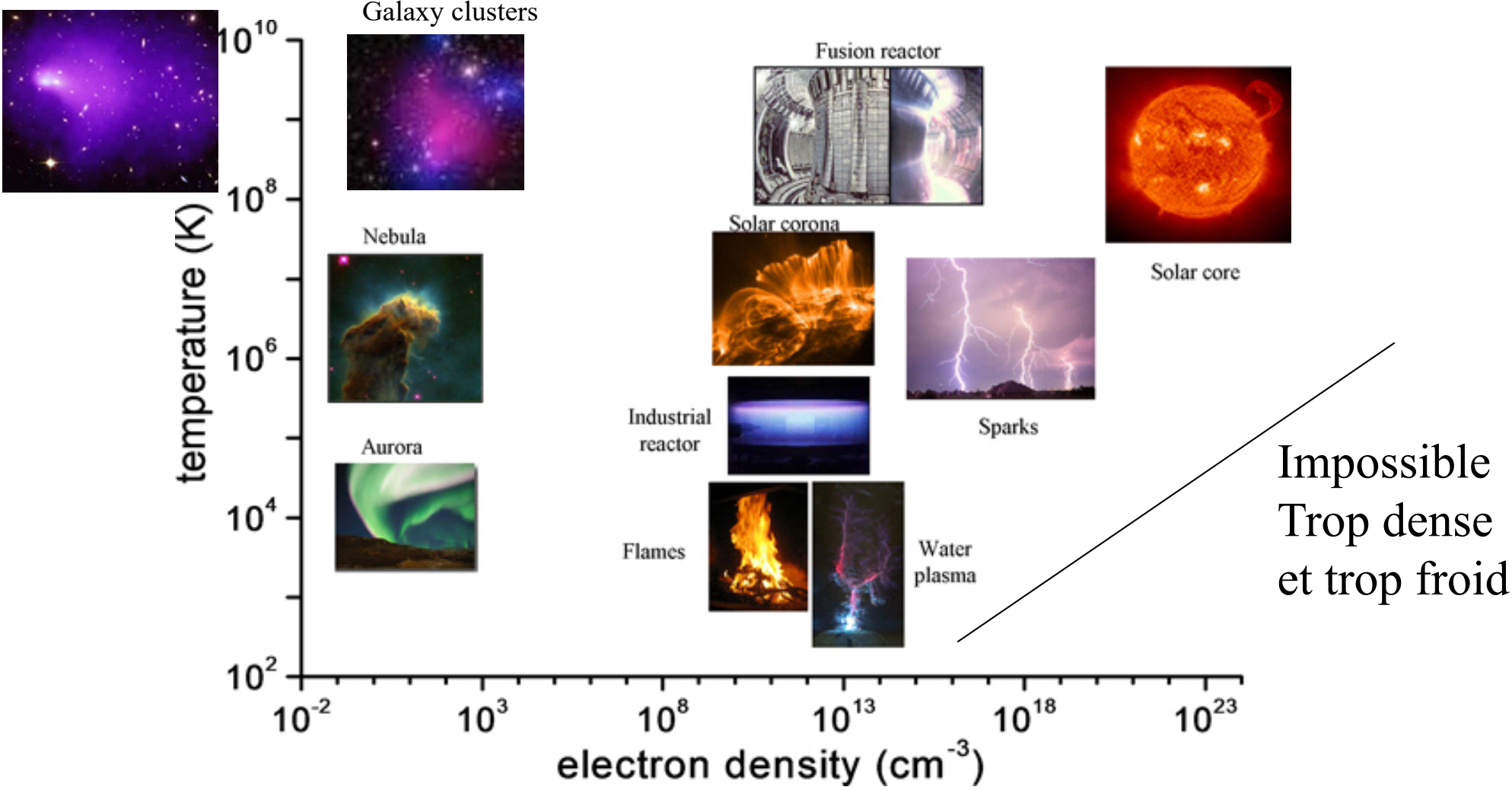
HCO^+

HNC HNC

CH_3COOH



Les divers plasmas astrophysiques



Grande extension par rapport aux champs terrestres

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

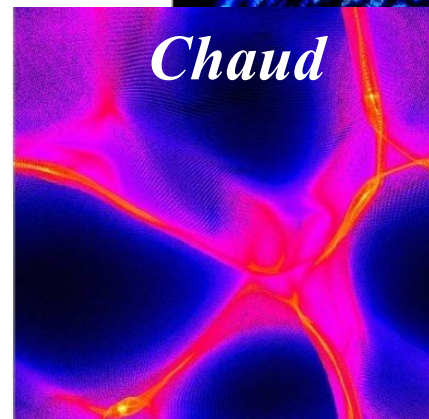
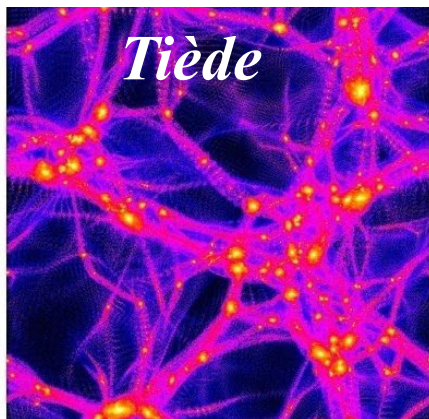
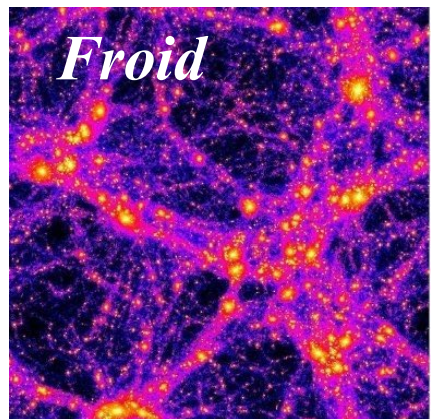
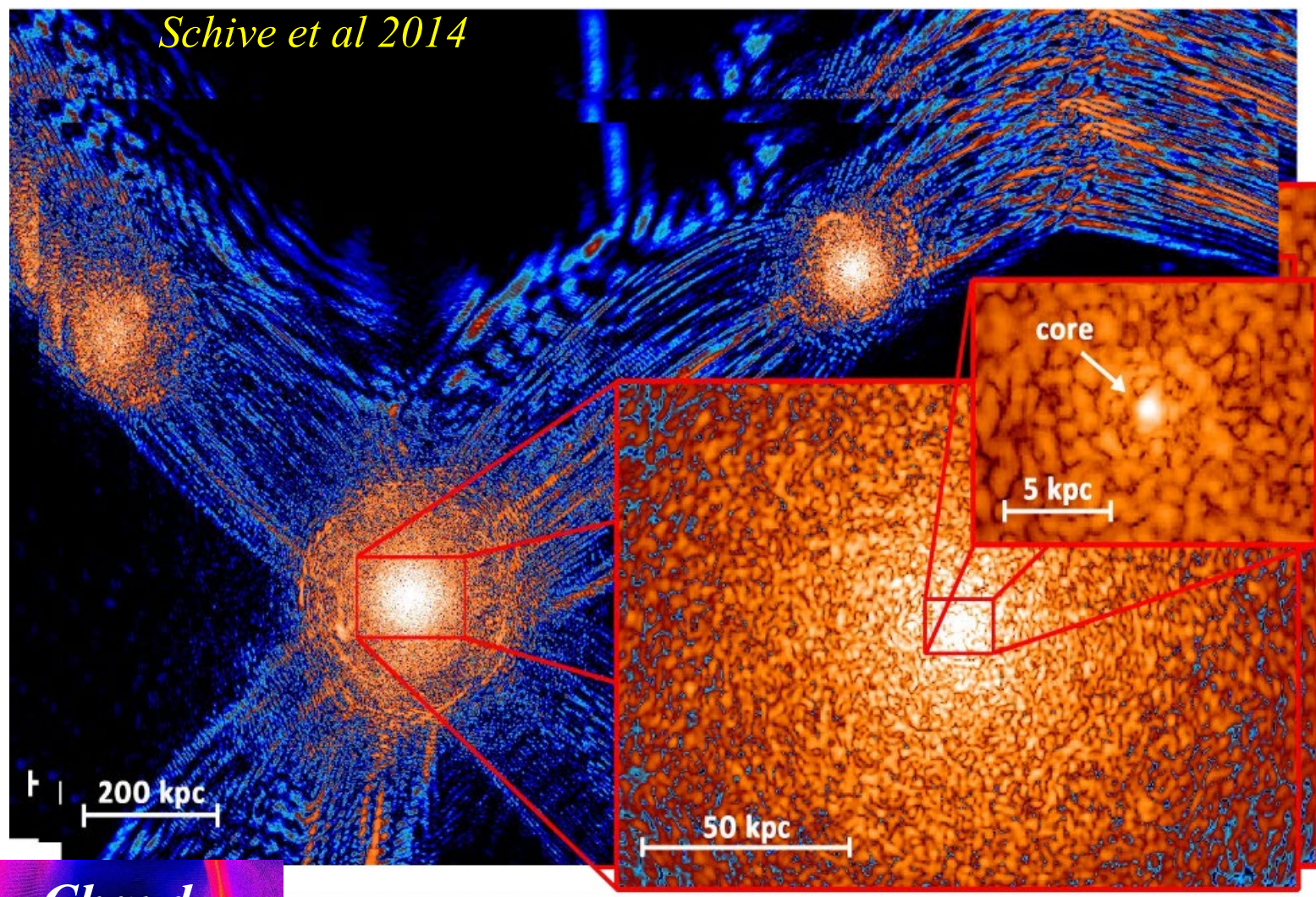


Matière noire: le mystère s'épaissit

WIMP, neutralino, supersymétrie?

Neutrino stérile?

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



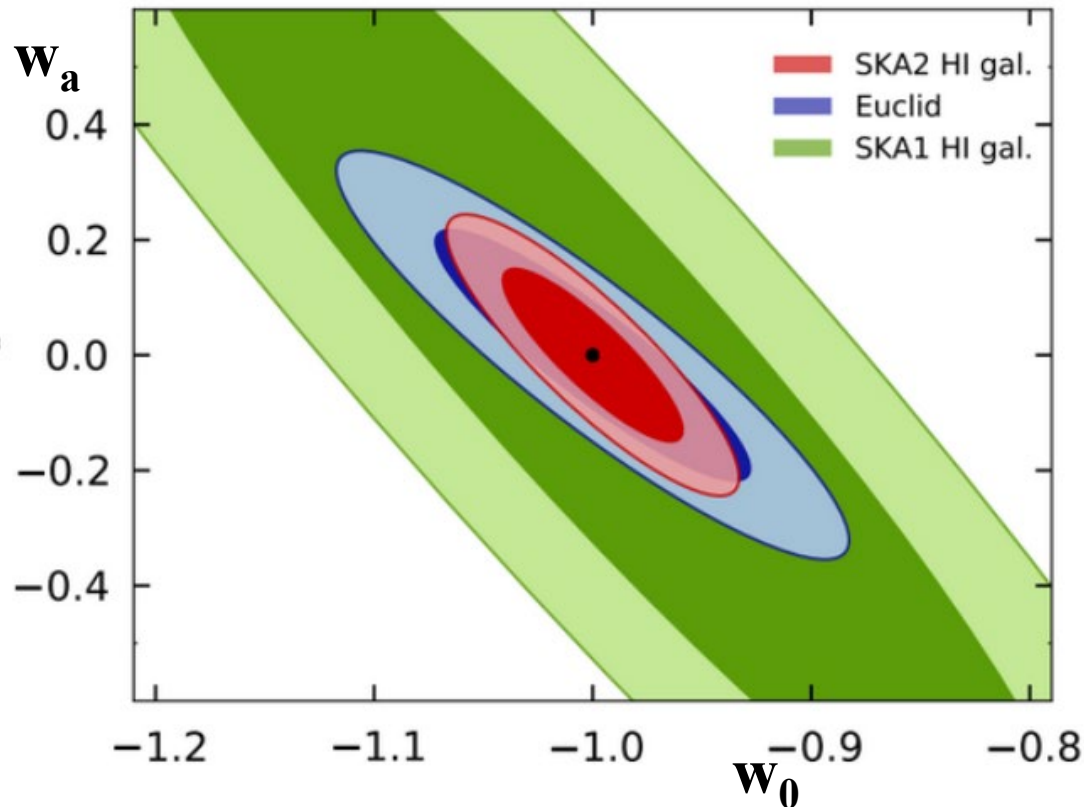
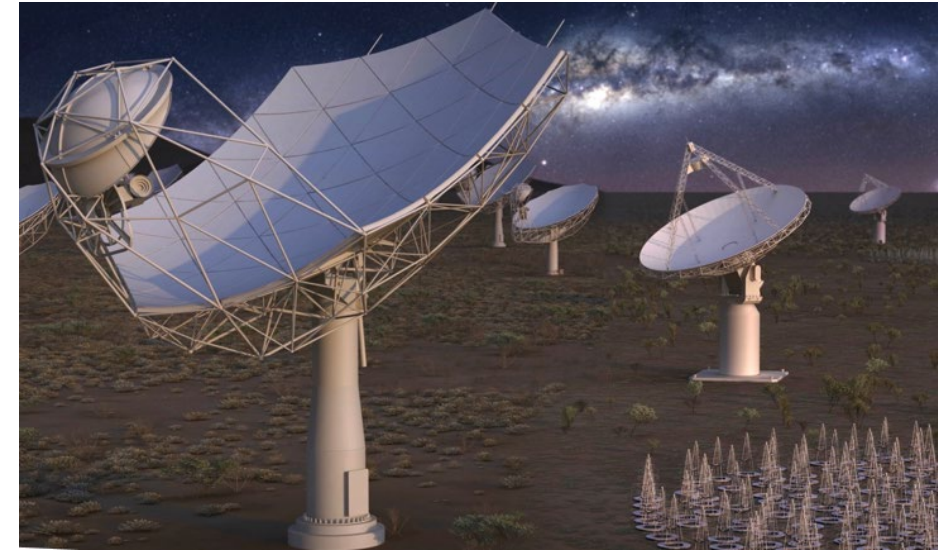
Longueur de de Broglie = 3000 al

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

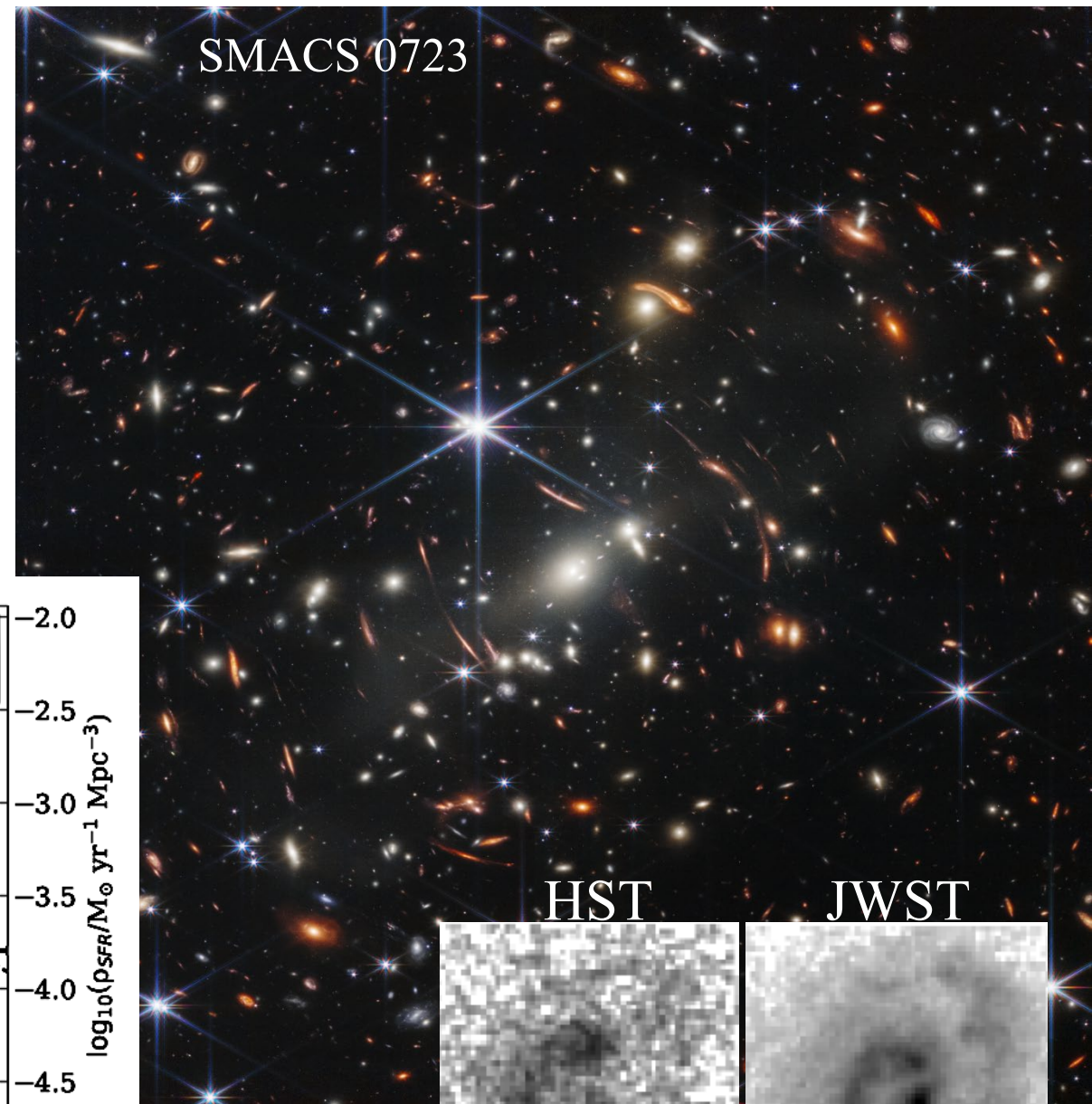
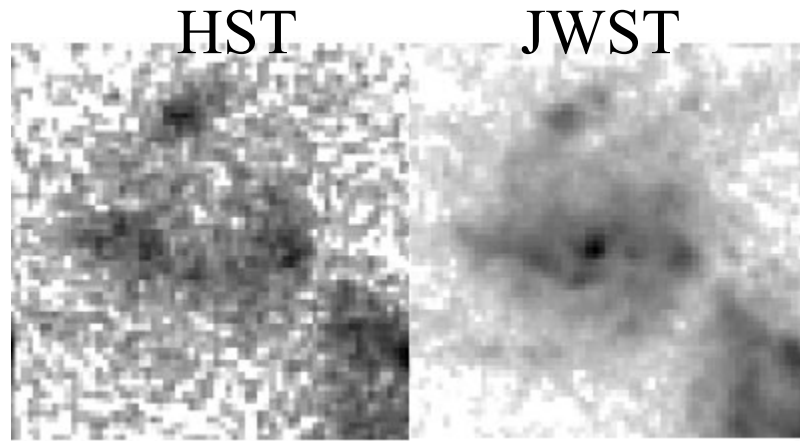


Energie du vide:
110 ordres de
grandeur en-dessous
des prédictions

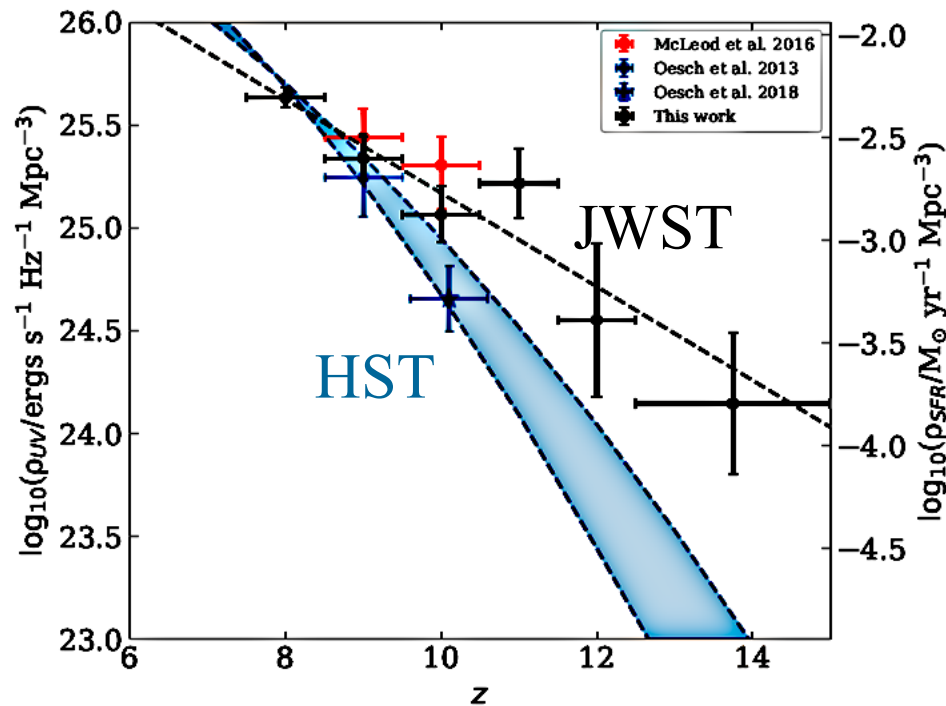
Euclid lancé en 2023



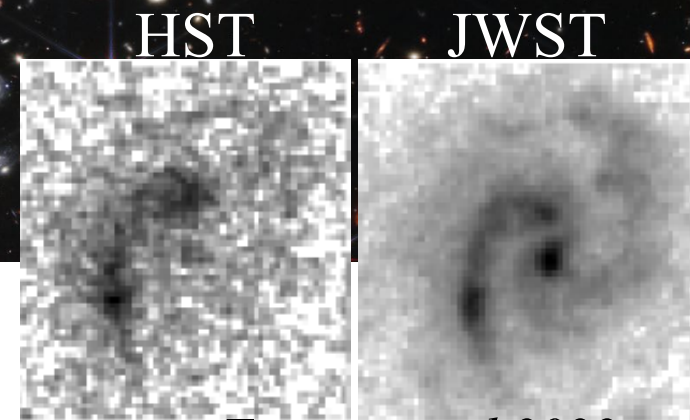
Galaxies primordiales et JWST



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

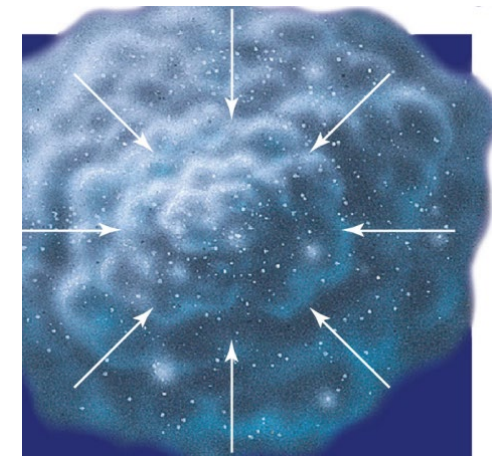
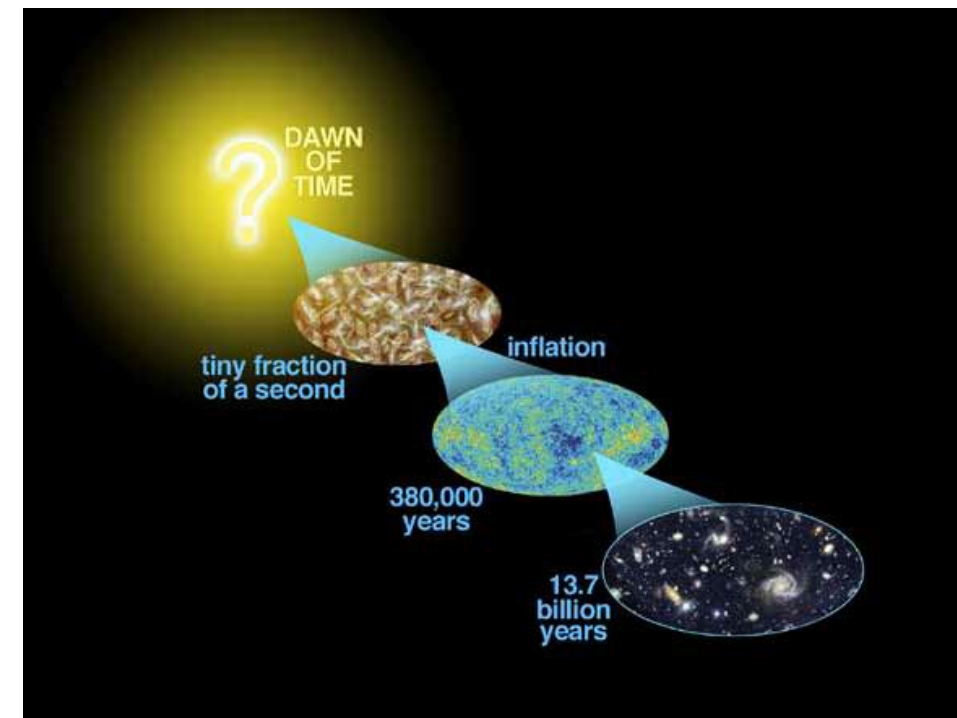
→ Formation des galaxies

Formation d'étoiles cosmique dans la 1^{ère}
moitié de l'Univers

→ Trous noirs super-massifs

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

Effondrement direct ? Étoiles super-massives?



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