



# Introduction à la cosmologie

*Raphaël WICKER*

Inspiré de la présentation donnée par Marian DOUSPIS



## Raphaël Wicker : Doctorant en 3<sup>e</sup> année

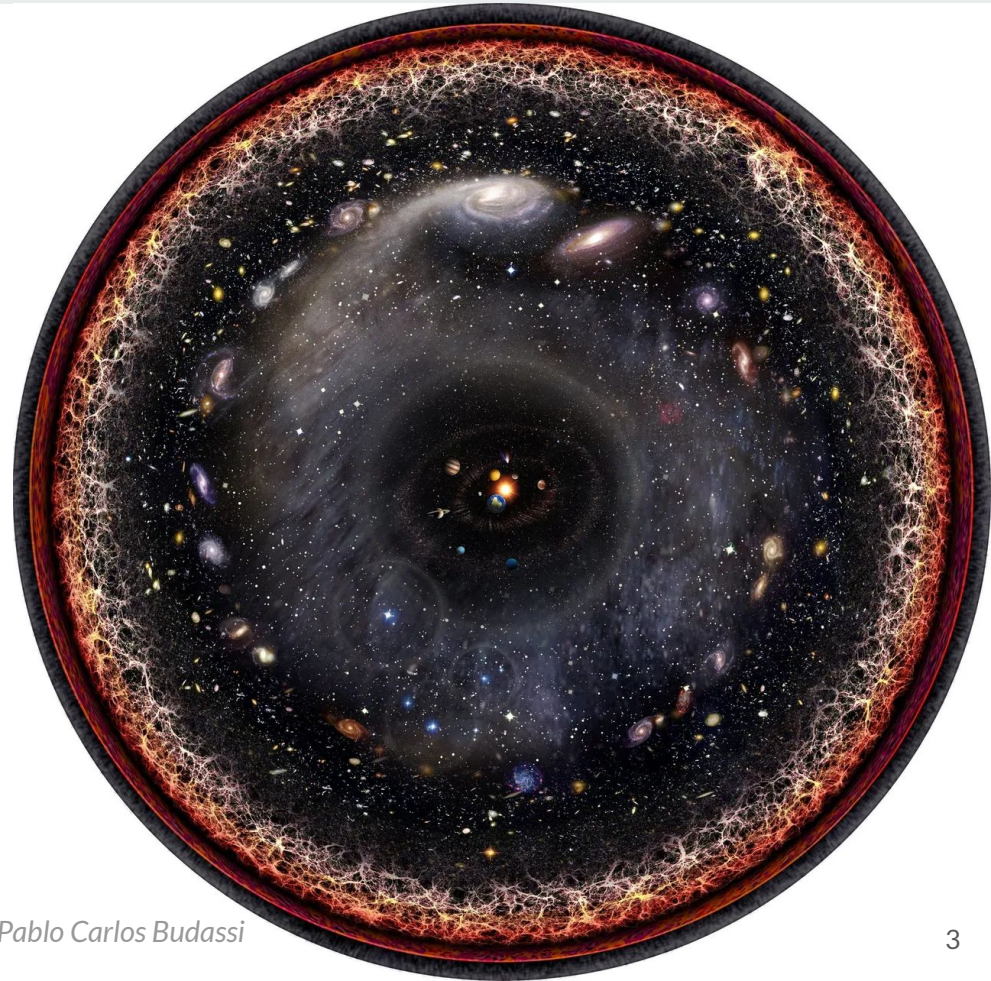
- Bac S au Lycée Saint-Charles
- 2 ans de classe prépa à Montpellier
- Magistère de Physique Fondamentale à Orsay, L3-M1-M2
- M2 Astronomie-Astrophysique d'Ile de France
- Thèse de doctorat en cours, sur le sujet "La fraction de baryons dans les plus grandes structures de l'univers"

# Qu'est ce que la cosmologie ?

On s'intéresse à l'Univers dans son ensemble:

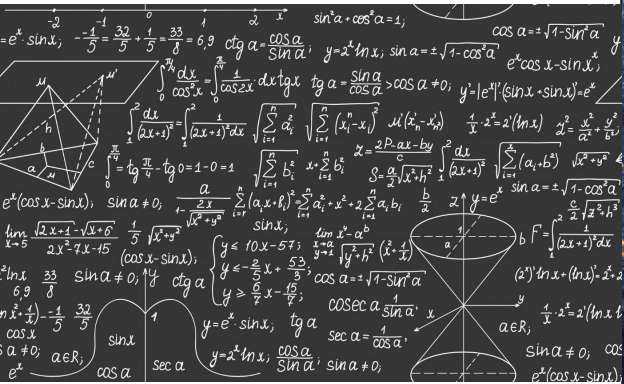
- Ses lois
- Son évolution
- Son contenu

Et ceci en observant différents objets, à différentes échelles, et différentes époques, en le décrivant à l'aide d'un modèle cosmologique

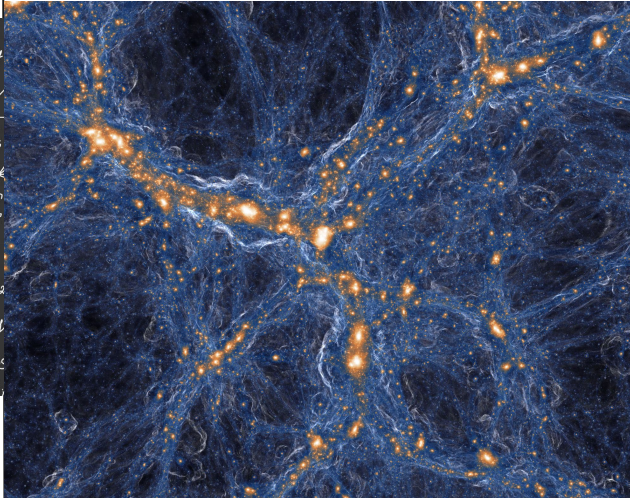


# Comment comprendre ce que l'on ne voit pas ?

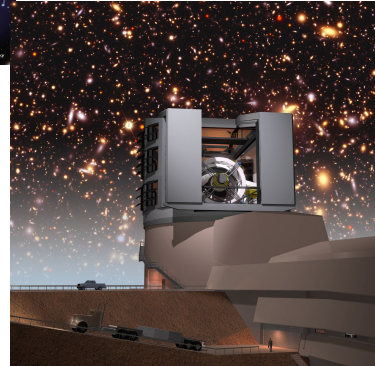
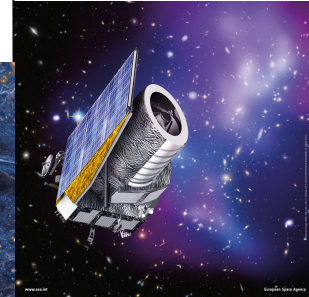
Théories



Simulations



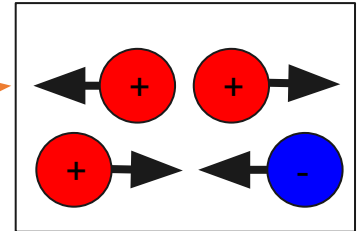
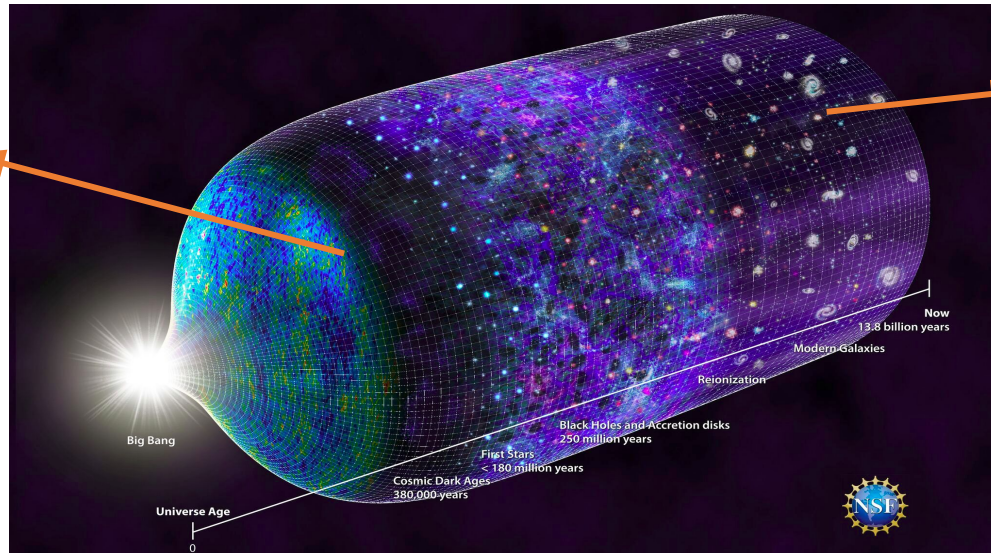
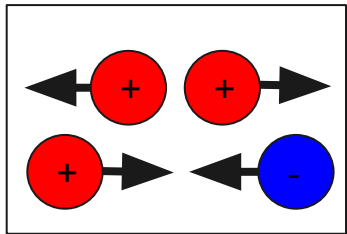
Observations





# Quelques idées de base en cosmologie

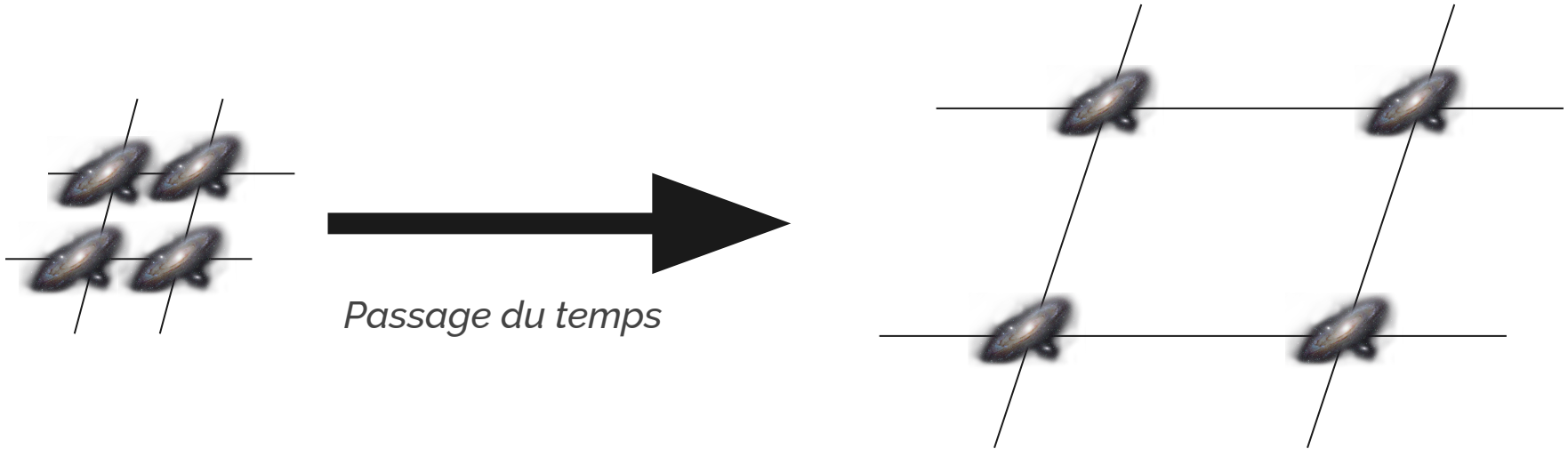
- Univers globalement homogène et isotrope
- Lois de la physique valables en tout point de l'espace et du temps





## Quelques idées de base en cosmologie

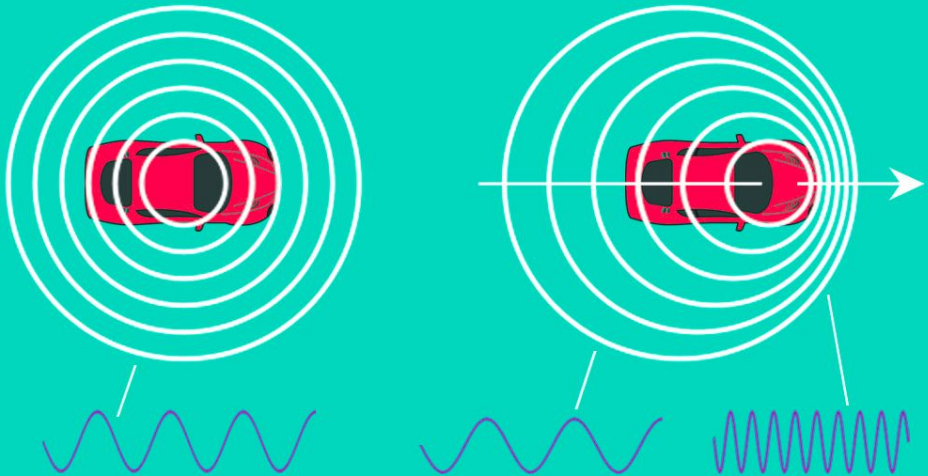
L'univers est en expansion :





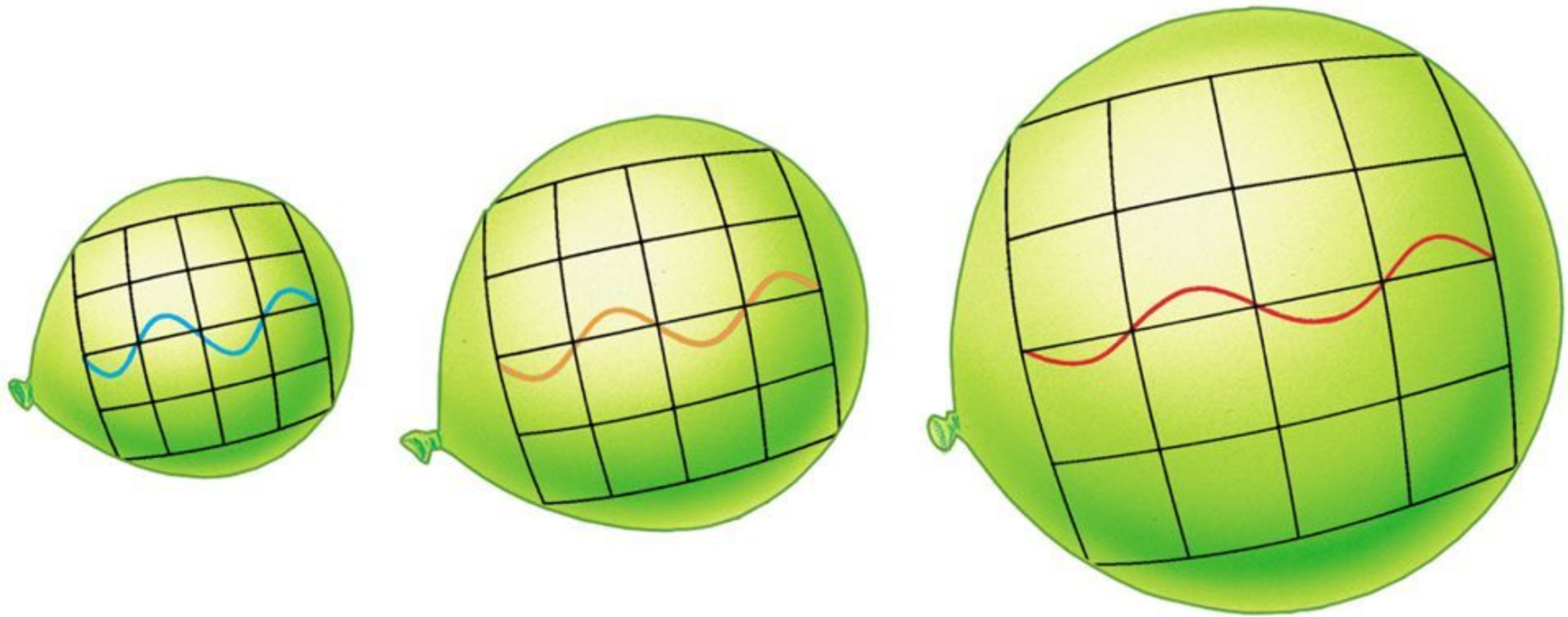
## Quelques idées de base en cosmologie

Conséquence directe de l'expansion : Plus une galaxie est lointaine, plus elle s'éloigne vite... et plus elle apparaît rouge!



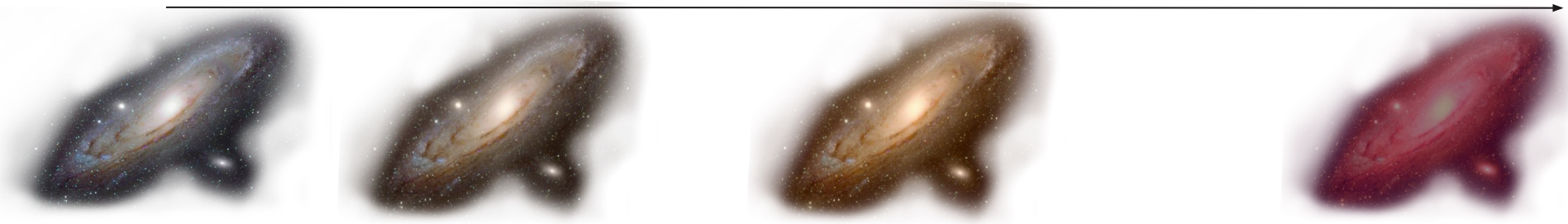
*Courte longueur d'onde : +bleu*  
*Grande longueur d'onde : +rouge*







*Distance  $D$*



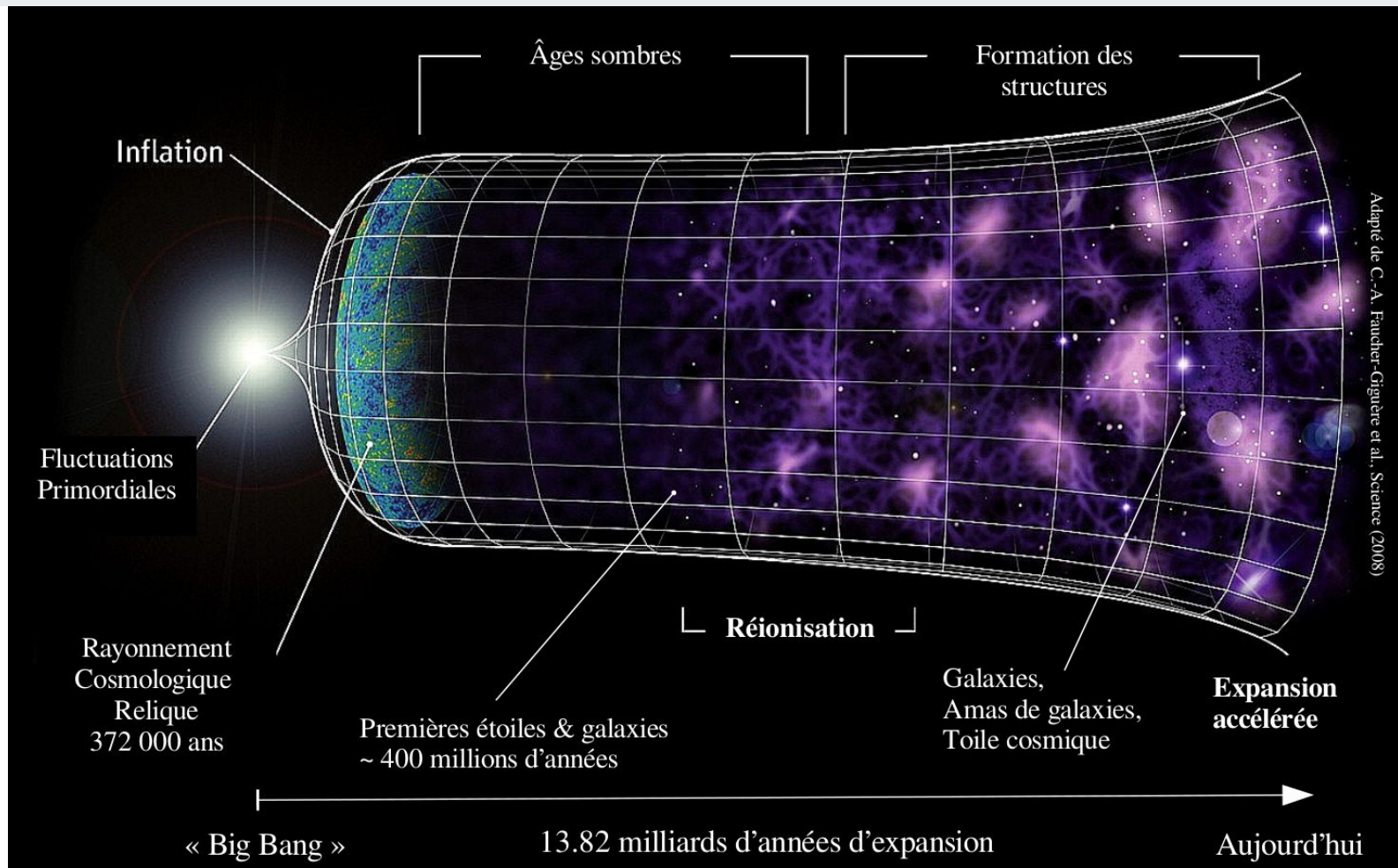
*"Redshift"  $z$*

*Temps depuis le Big Bang*



*(car voir loin, c'est voir dans le passé)*

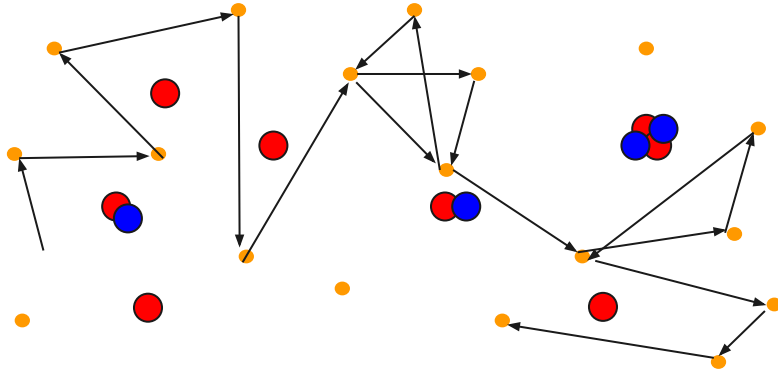
# Chronologie de l'univers



# Le fond diffus cosmologique (CMB)

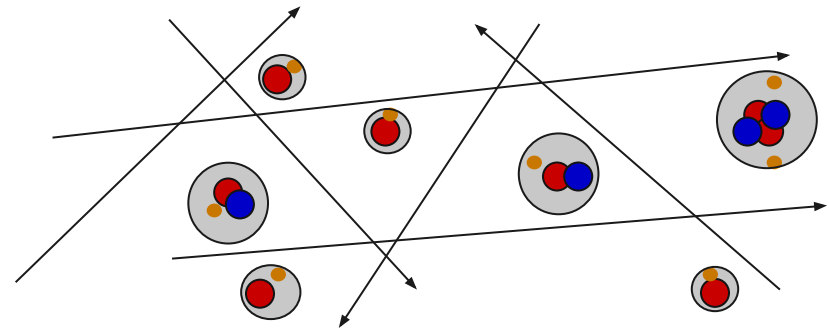
Témoin d'un événement fondamental dans l'histoire de notre univers :  
la recombinaison

*Avant la recombinaison*



*UNIVERS OPAQUE*

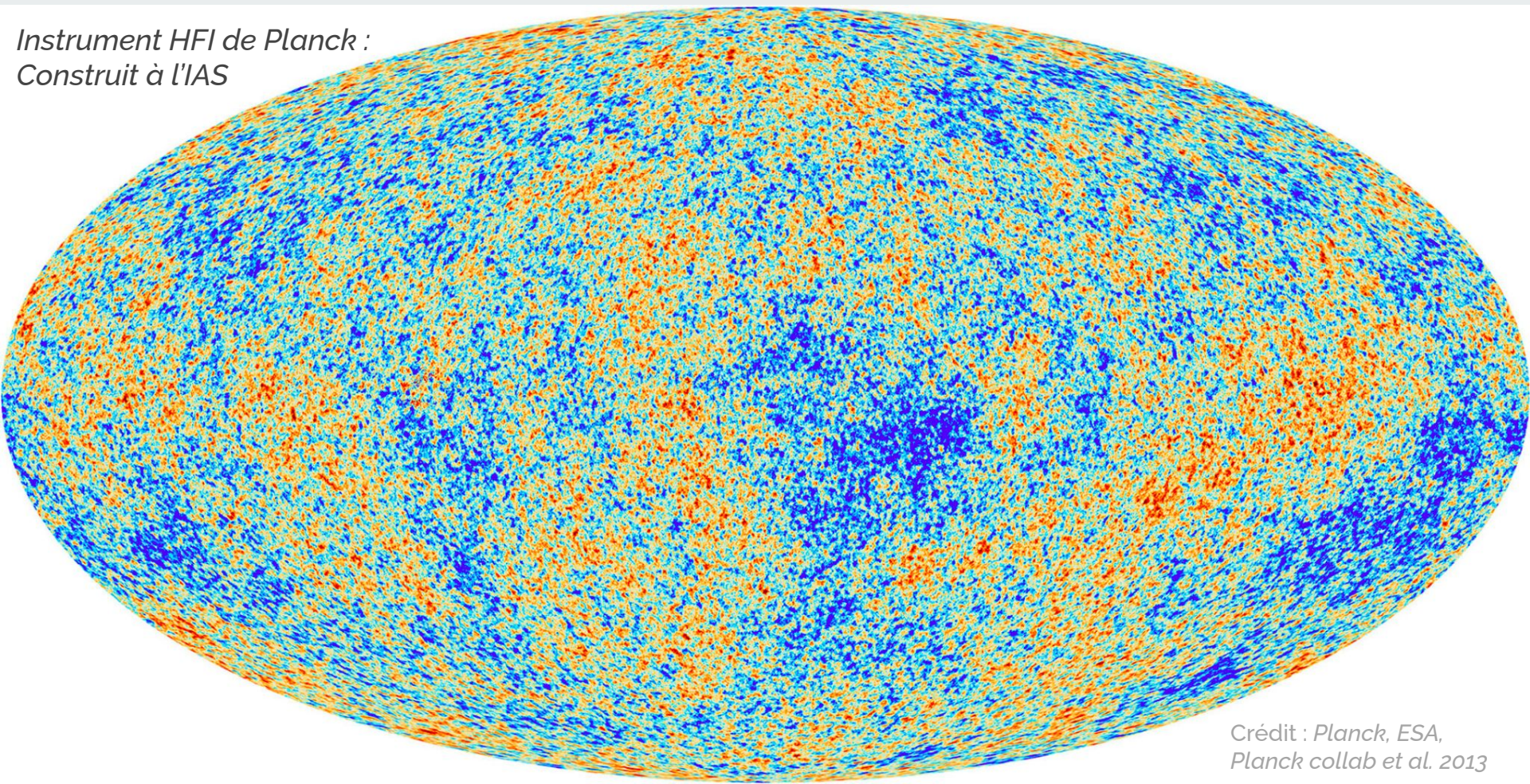
*Après la recombinaison*



*UNIVERS  
TRANSPARENT*

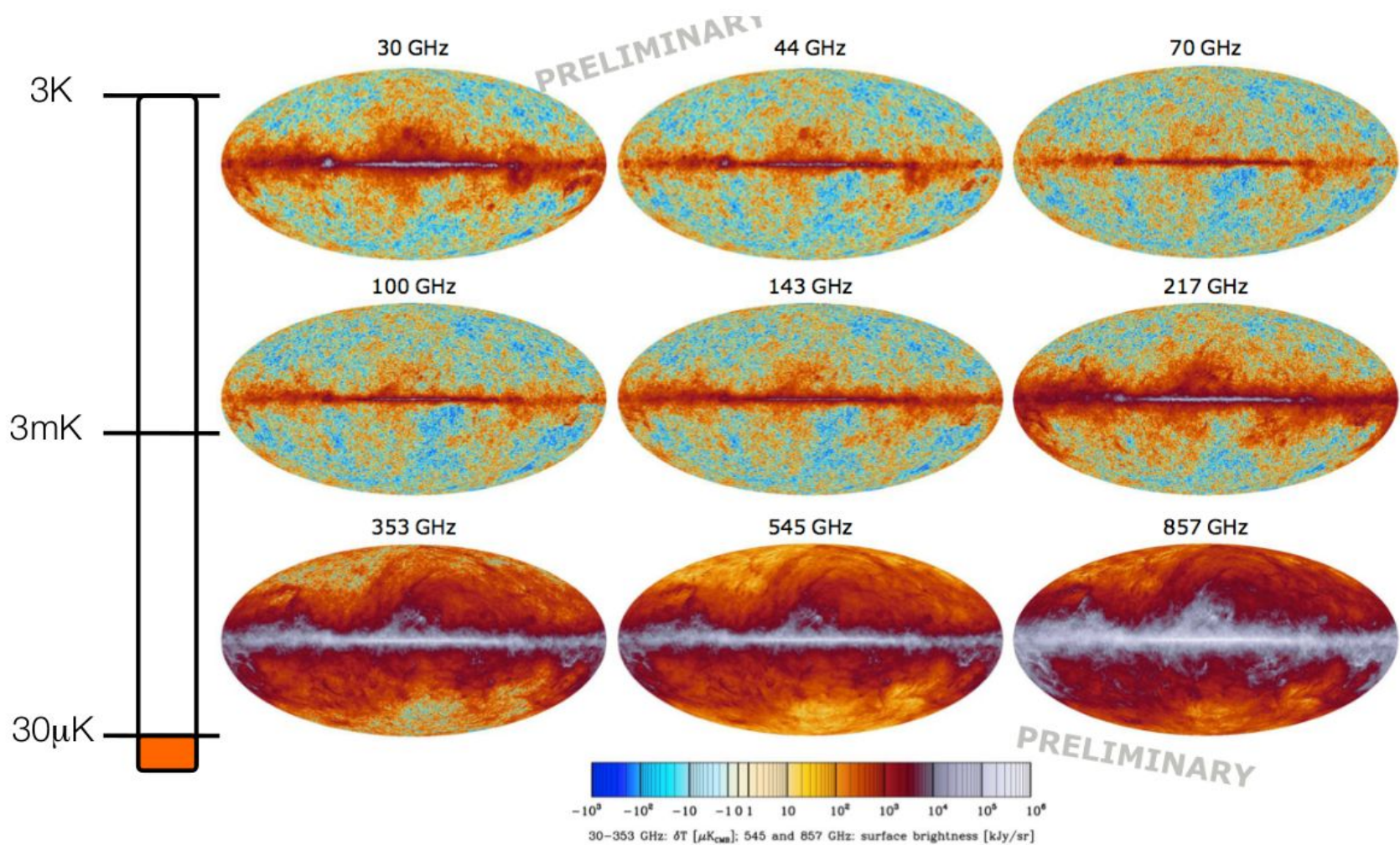


*Instrument HFI de Planck :  
Construit à l'IAS*



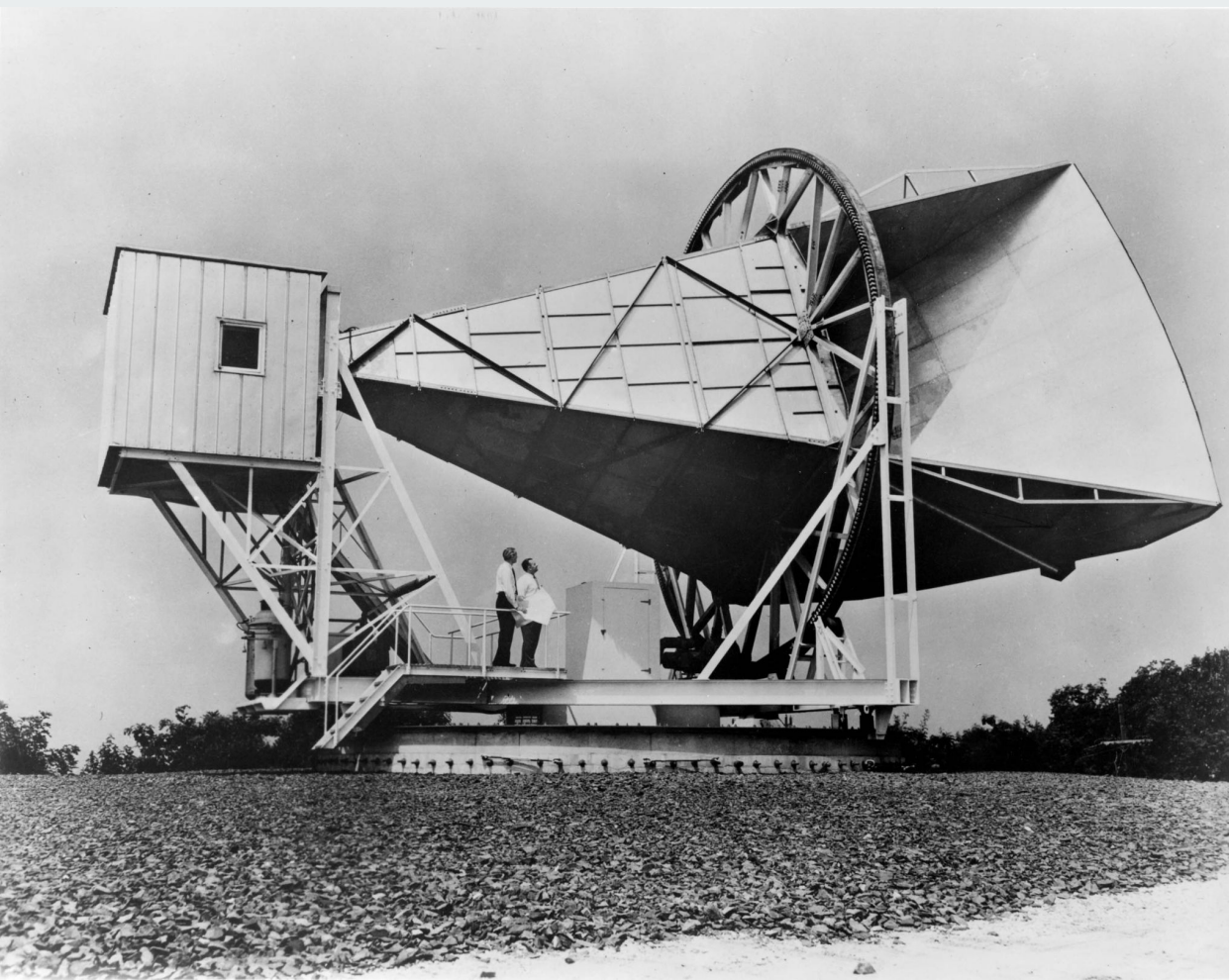
*Crédit : Planck, ESA,  
Planck collab et al. 2013*





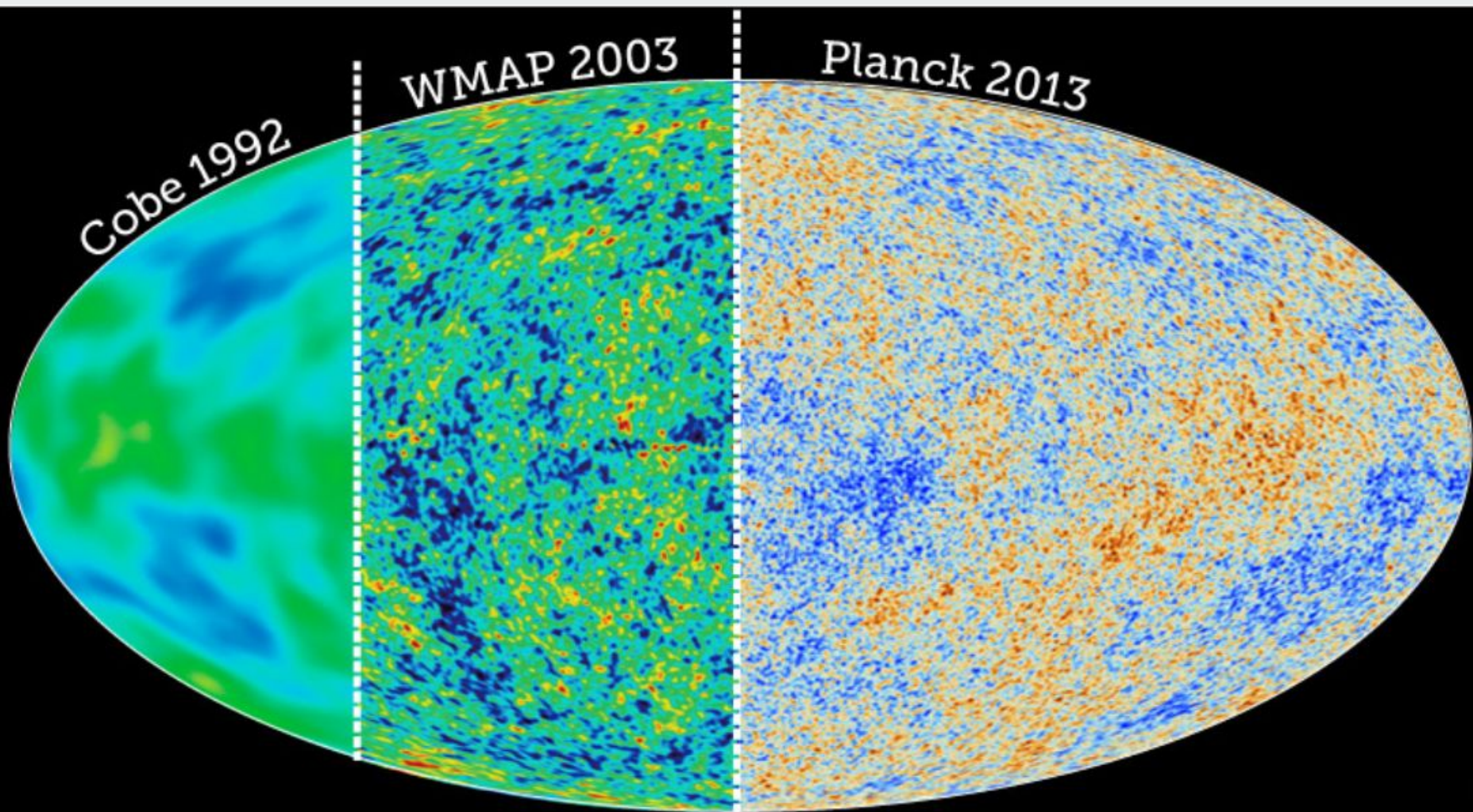


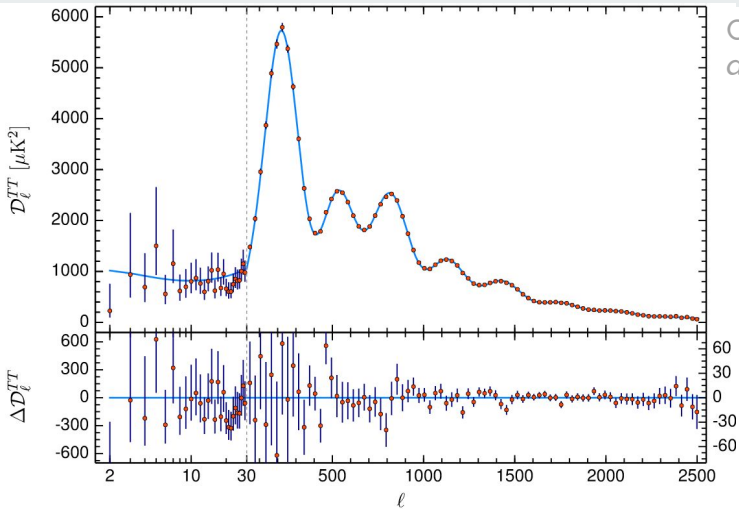




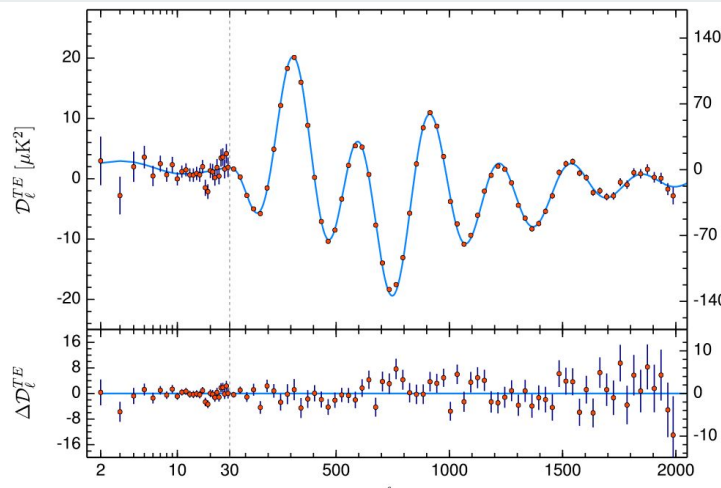
*Arno Penzias et Robert Wilson*



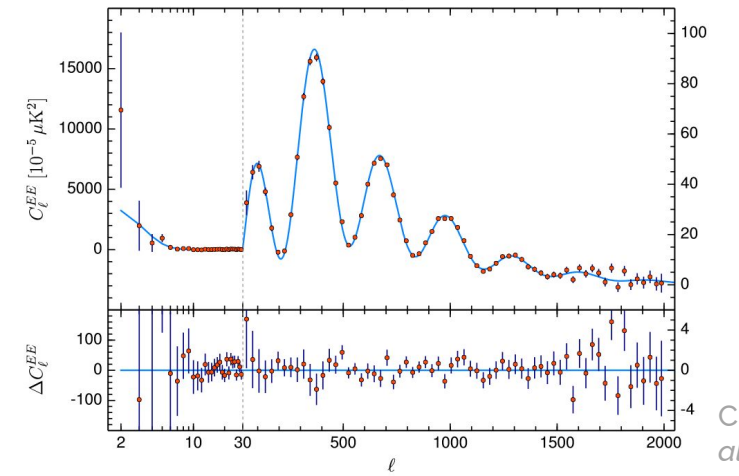




Crédit : Planck collab et al. 2020

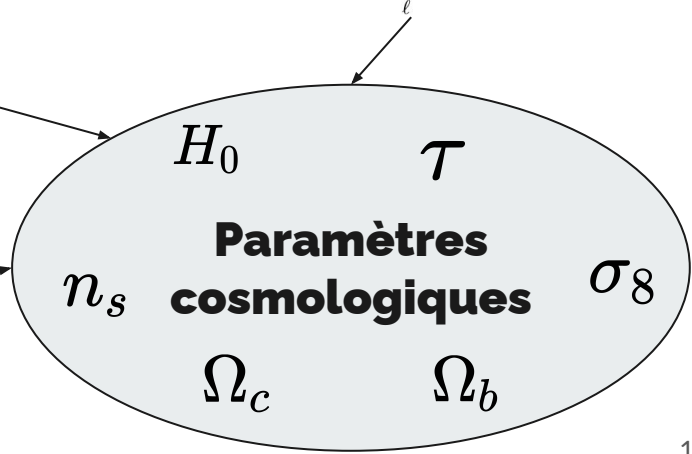


Crédit : Planck collab et al. 2020



Crédit : Planck collab et al. 2020

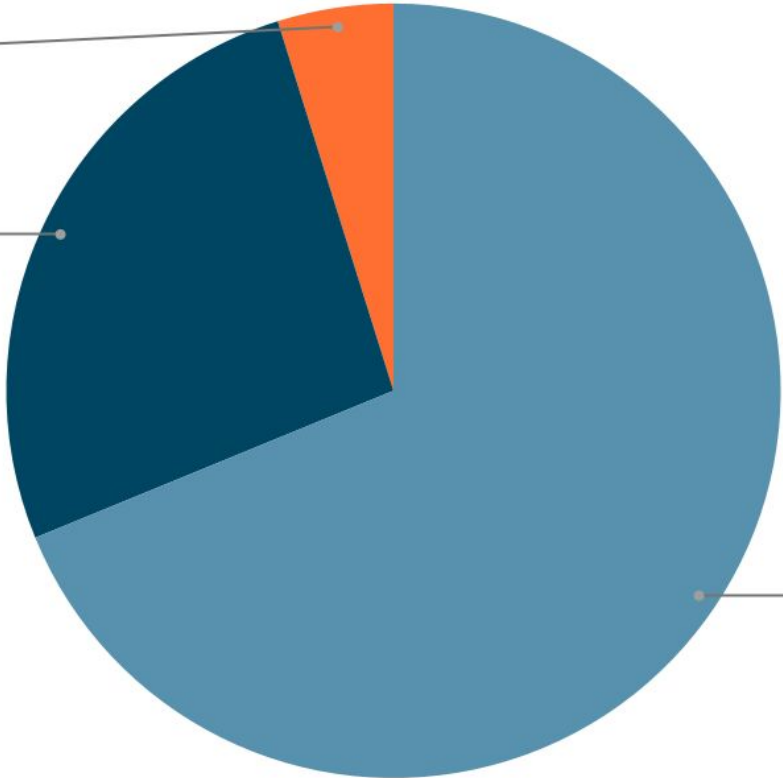
(entre autres...)



# Constituants de l'univers

Matière baryonique  
4,8%

Matière noire  
26,4%



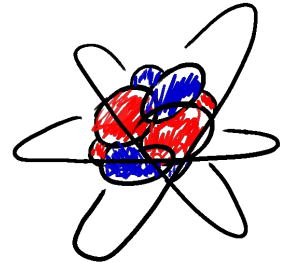
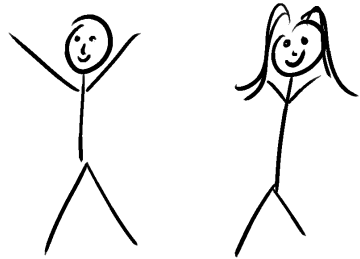
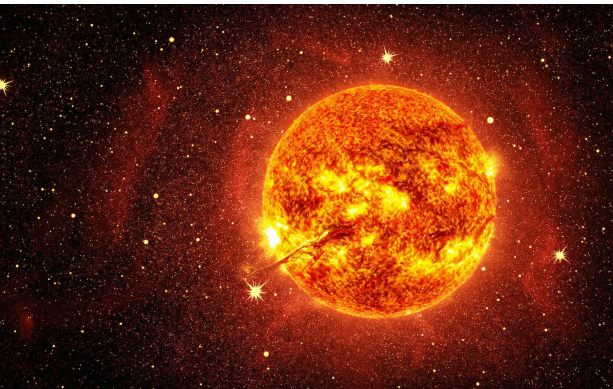
*D'après les résultats de Planck Collab et al. 2020*

Energie noire  
68,8%

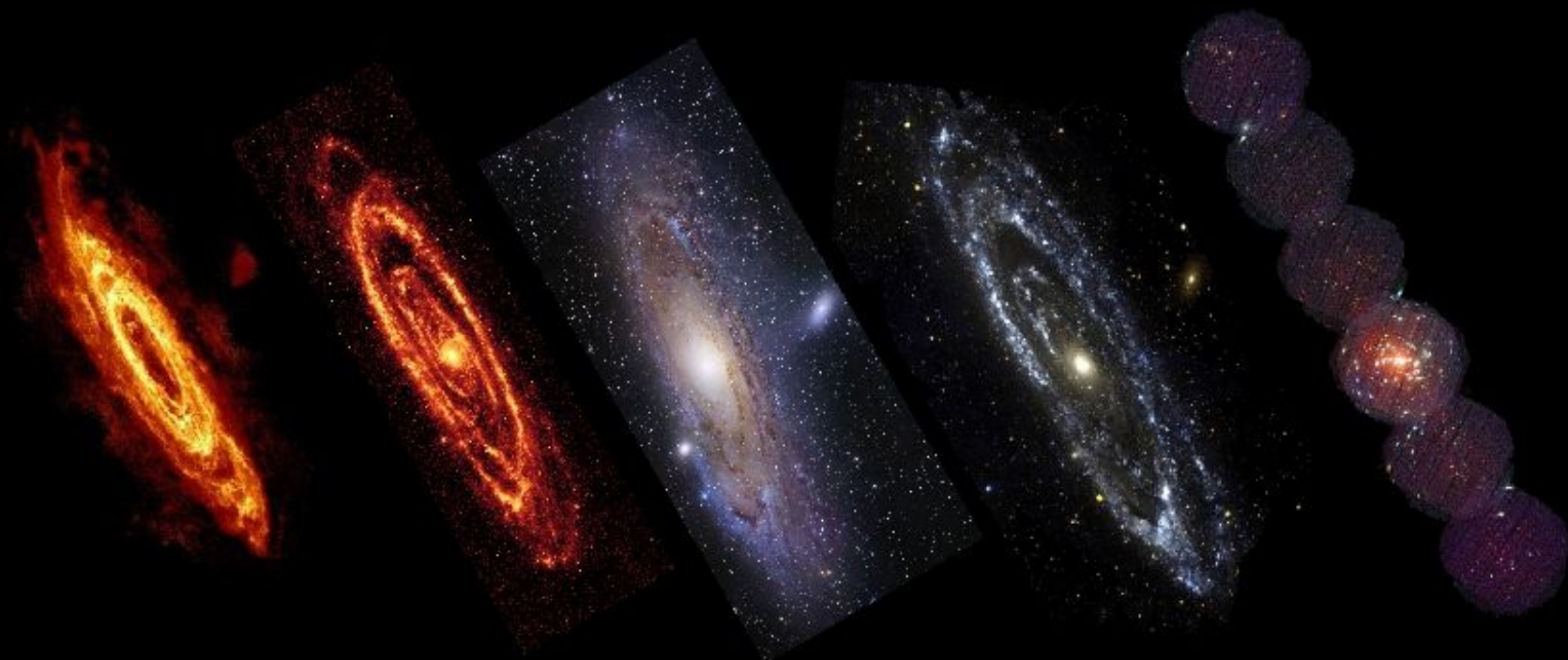




# La matière ordinaire, ou baryonique







**Radio**

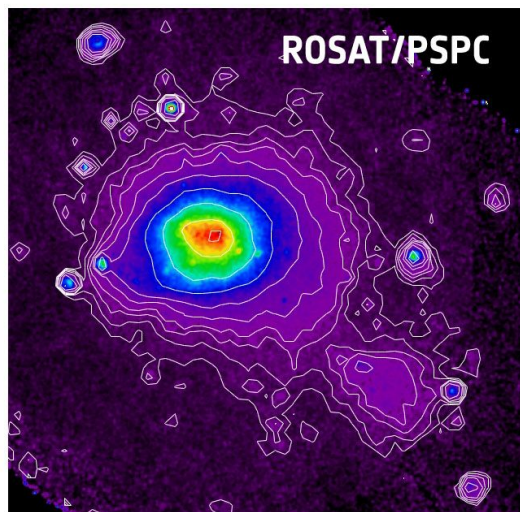
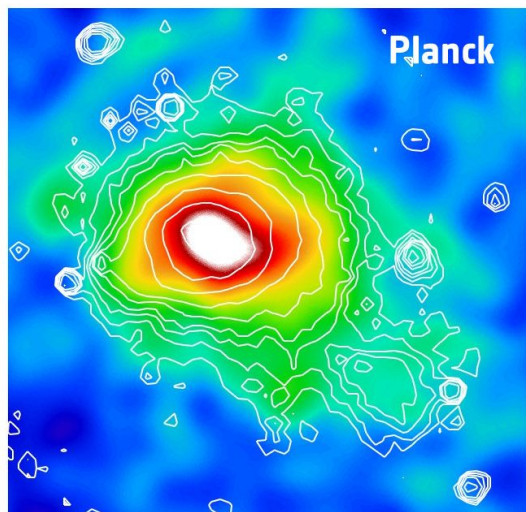
**Infrared**

**Visible**

**Ultra-violet**

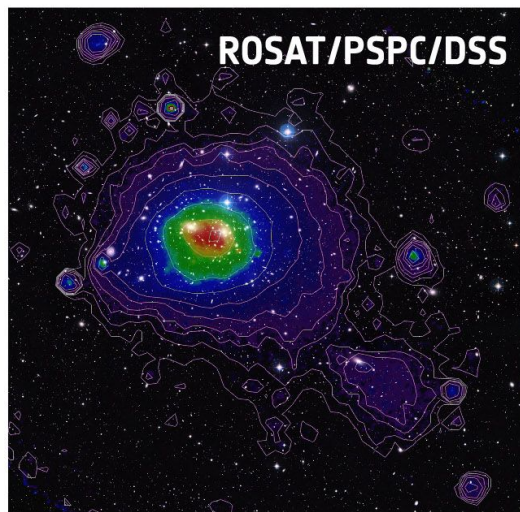
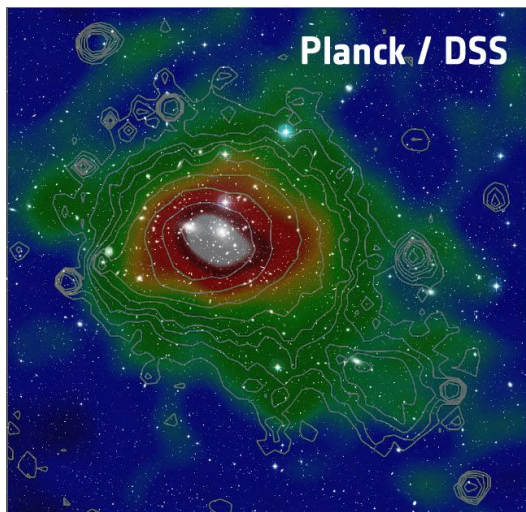
**X-ray**

“Effet SZ”



Rayons X

Effet SZ +  
Visible

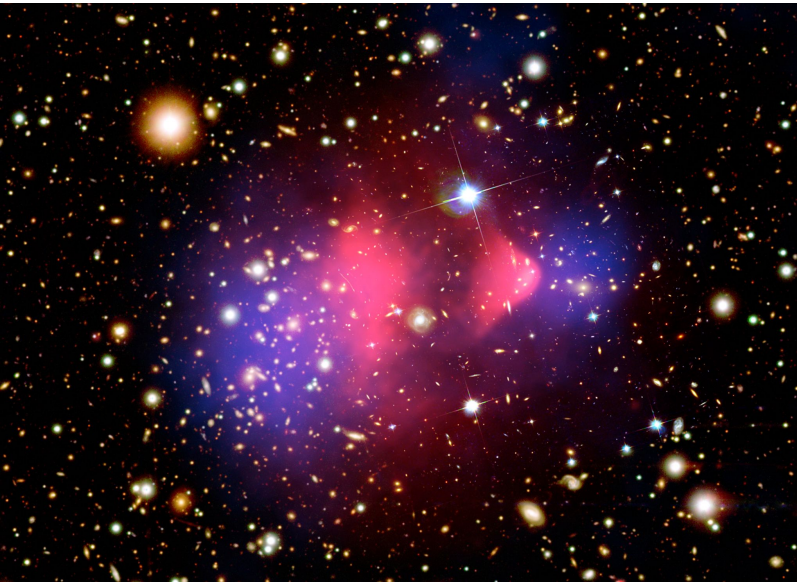


Rayons X +  
Visible

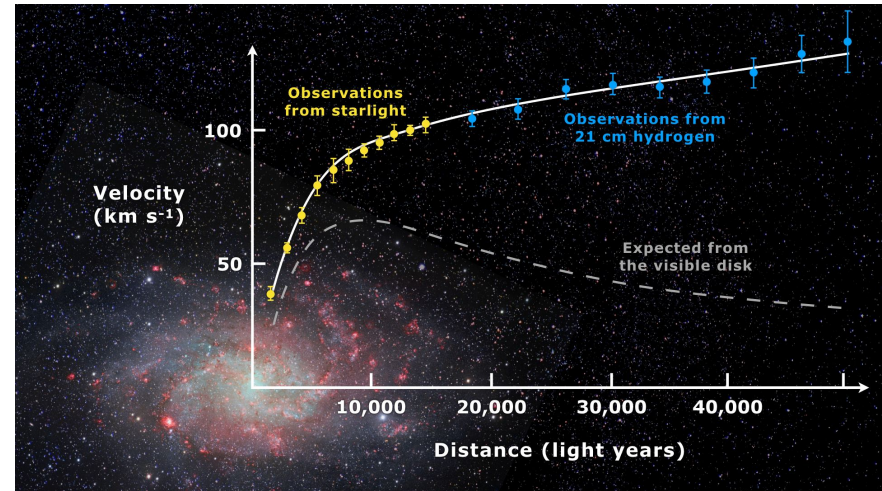


# La matière noire

Nécessaire à l'explication de nombreux phénomènes. Détectable par ses effets gravitationnels.



Crédit : ESA



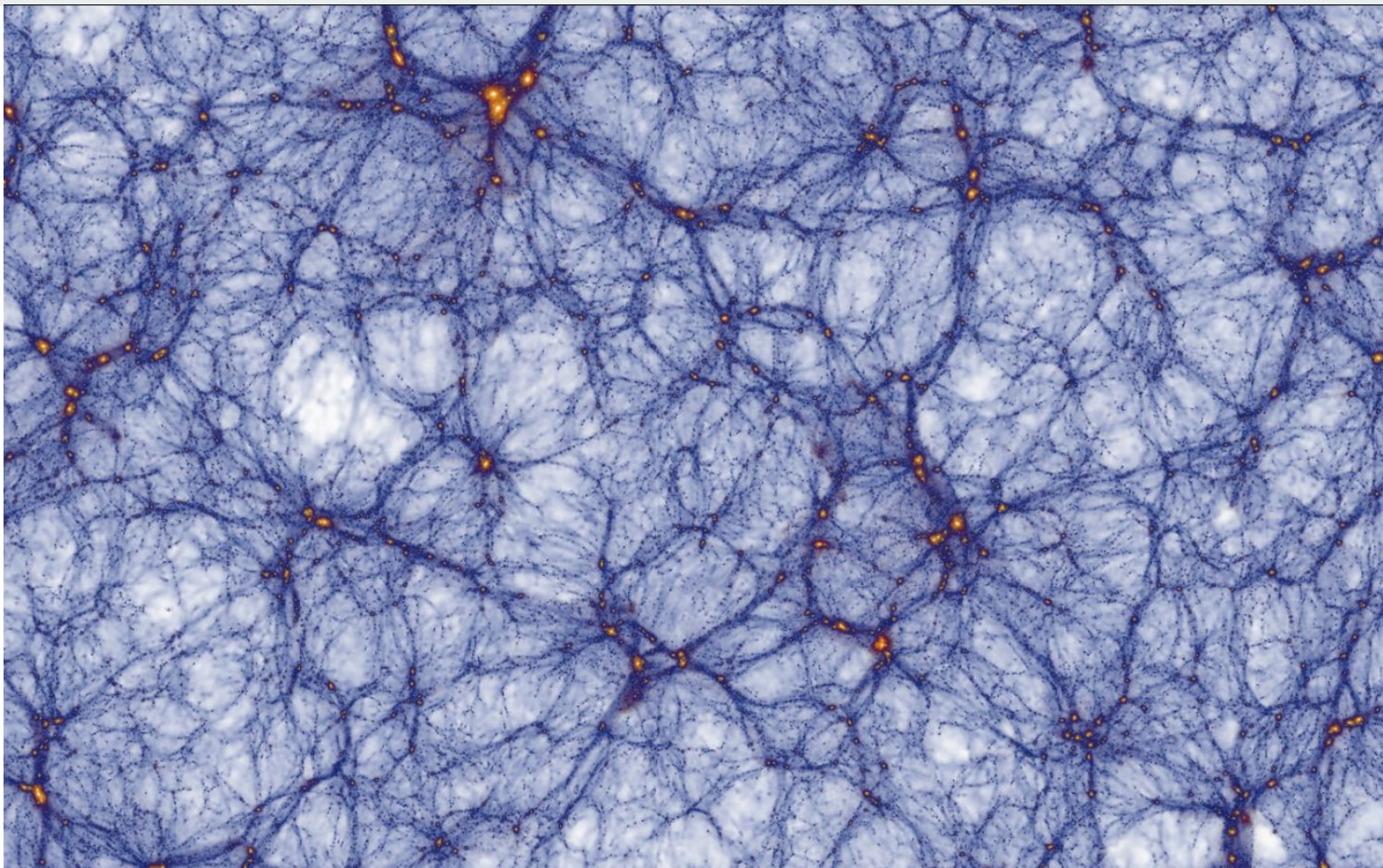
Crédit : Wikimedia Commons



# La toile cosmique

Squelette de  
matière noire  
dans lequel  
coule la  
matière  
ordinaire

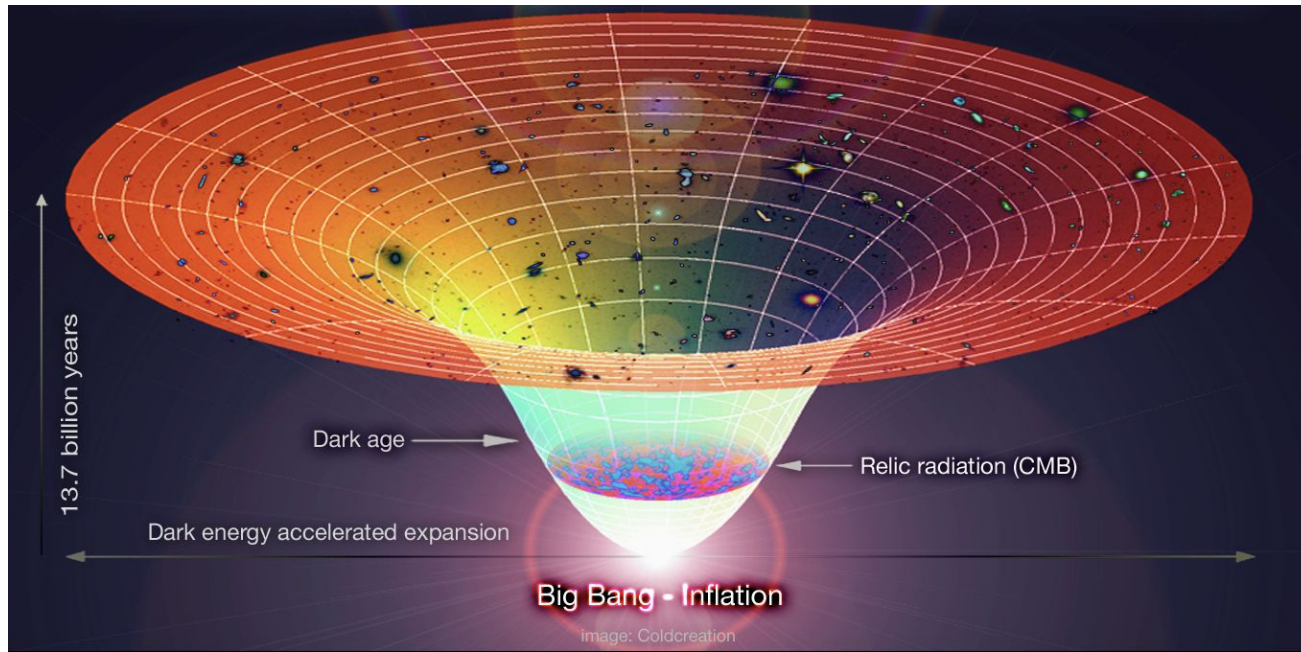
*Simulation Millenium  
XXL*





# L'énergie noire

L'expansion de l'Univers s'accélère !

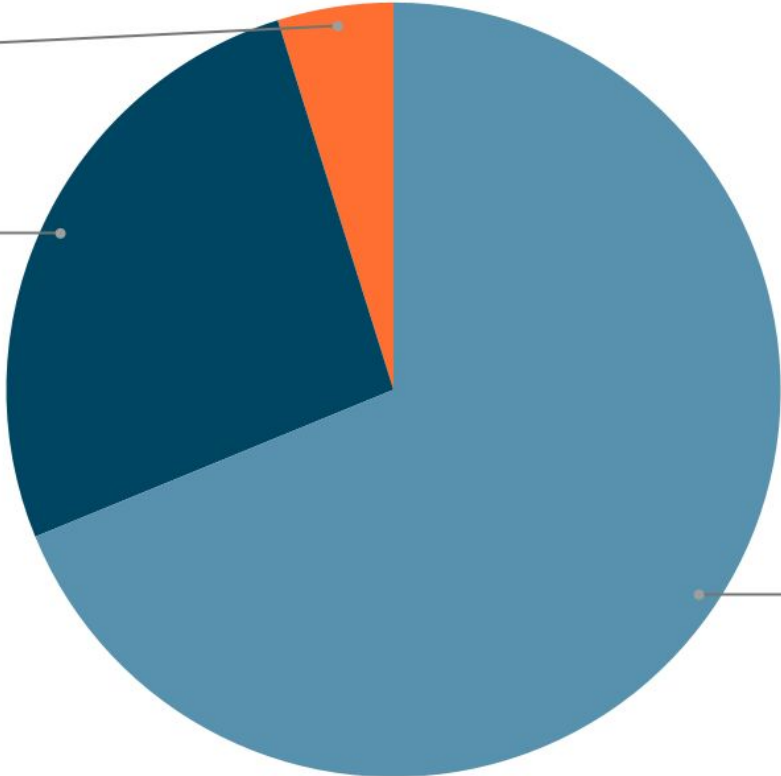




# Constituants de l'univers

Matière baryonique  
4,8%

Matière noire  
26,4%



***95% inconnus !***

Energie noire  
68,8%



## Lien direct avec d'autres disciplines !

- Physique des particules : Nature de la matière noire, masse des neutrinos
- Mécanique des fluides, physique des plasmas : comportement du gaz dans la toile cosmique, en particulier dans les amas et les filaments
- Astrophysique stellaire/des galaxies : Mécanismes de feedback de supernovae, de noyaux actifs de galaxies

etc.



## La cosmologie à l'IAS

- Réalisations instrumentales
- Observations
  - Radio (*Planck*, NIKA2, ALMA...)
  - Optique (VLT, *Euclid*...)
  - Rayons X (*XMM-Newton*, *Athena*...)
- Simulations
  - Environnements de la toile cosmique
  - Propriétés des amas/filaments/galaxies
- Théorie
  - Modèles d'inflation/Univers primordial
  - Conditions au moment du Big Bang