



# Introduction à la cosmologie

*Raphaël WICKER*

Inspiré de la présentation donnée par Marian DOUSPIS



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

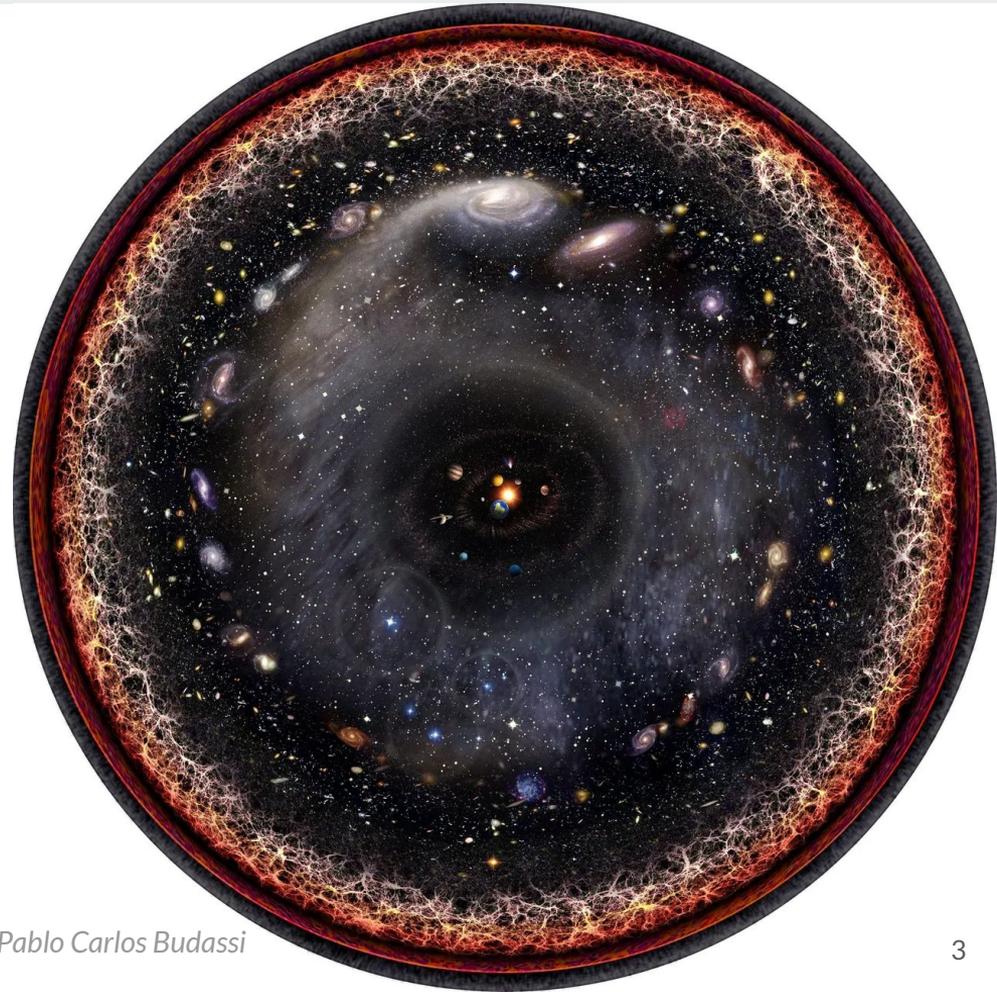
- Bac S au Lycée Saint-Charles
- 2 ans de classe prépa à Montpellier
- Magistère de Physique Fondamentale à Orsay, L3-M1-M2
- M2 Astronomie-Astrophysique d'Ile de France
- Thèse de doctorat en cours, sur le sujet "La fraction de baryons dans les plus grandes structures de l'univers"

# Qu'est ce que la cosmologie ?

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

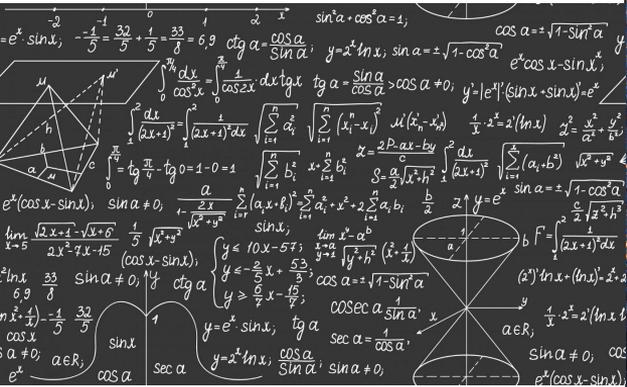
- Ses lois
- Son évolution
- Son contenu

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

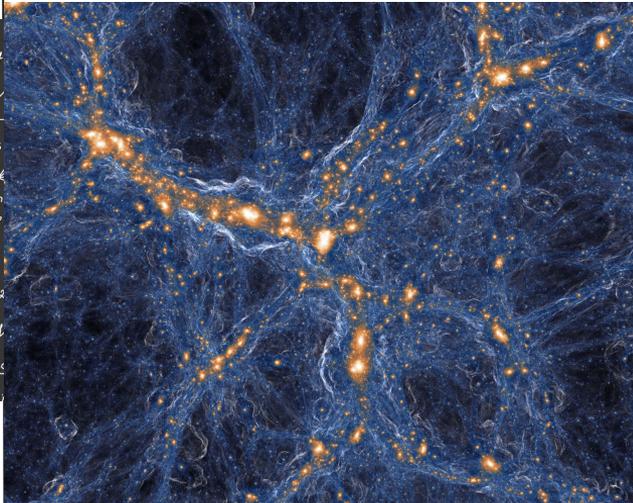


# Comment comprendre ce que l'on ne voit pas ?

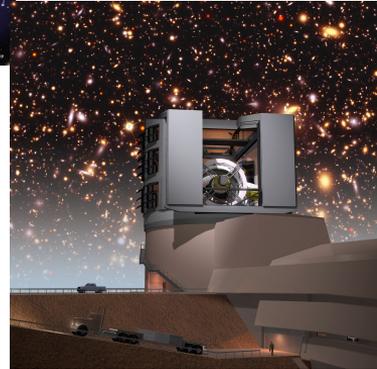
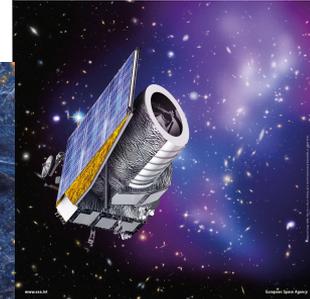
Théories



Simulations

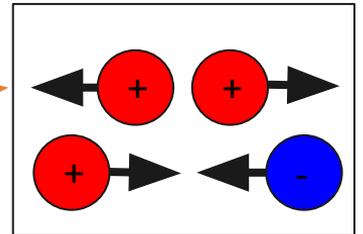
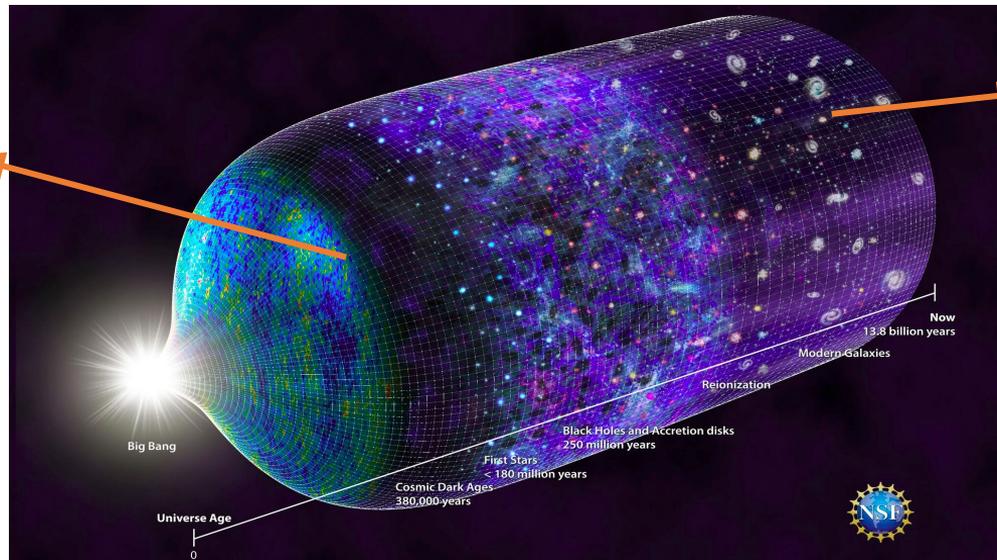
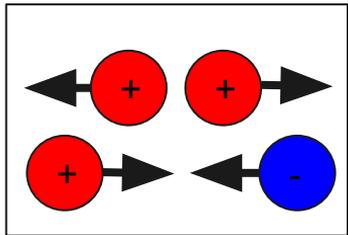


Observations



# Quelques idées de base en cosmologie

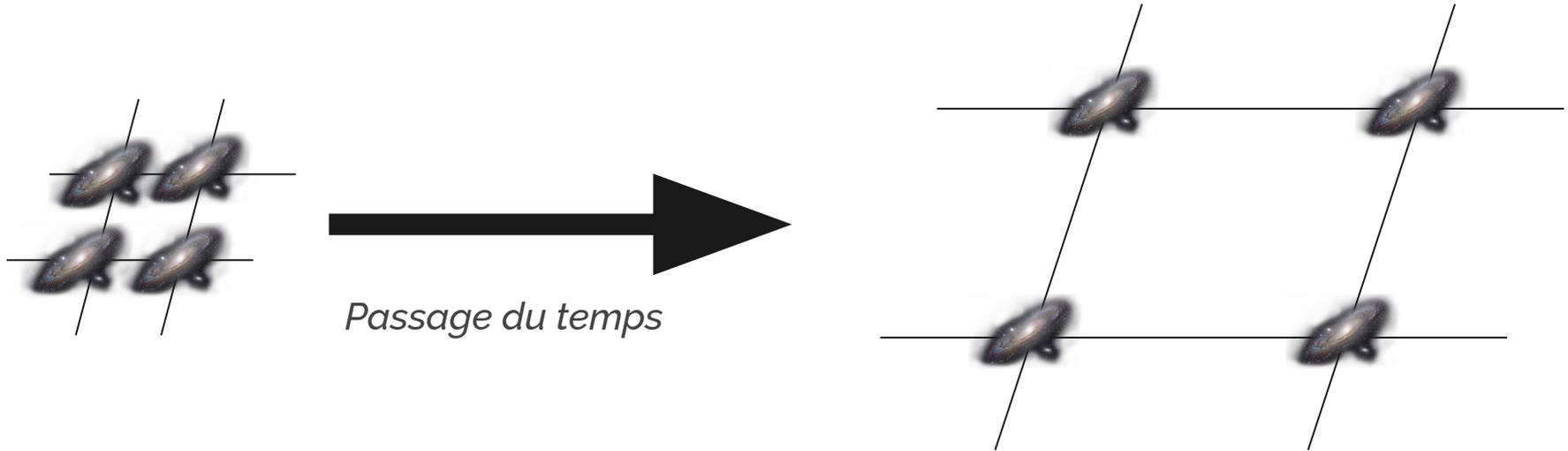
- Univers globalement homogène et isotrope
- Lois de la physique valables en tout point de l'espace et du temps

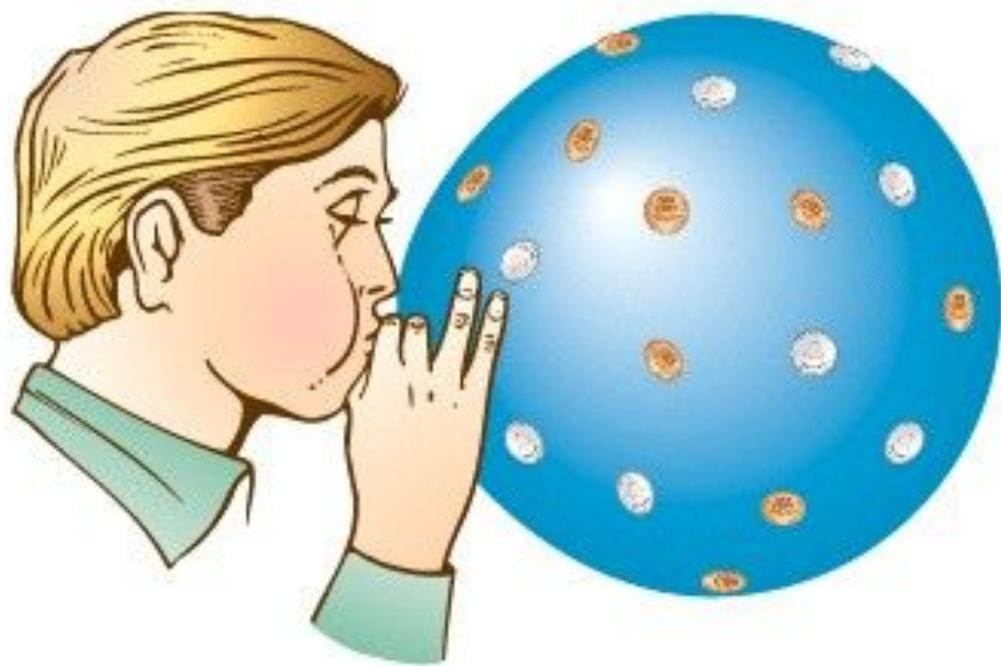
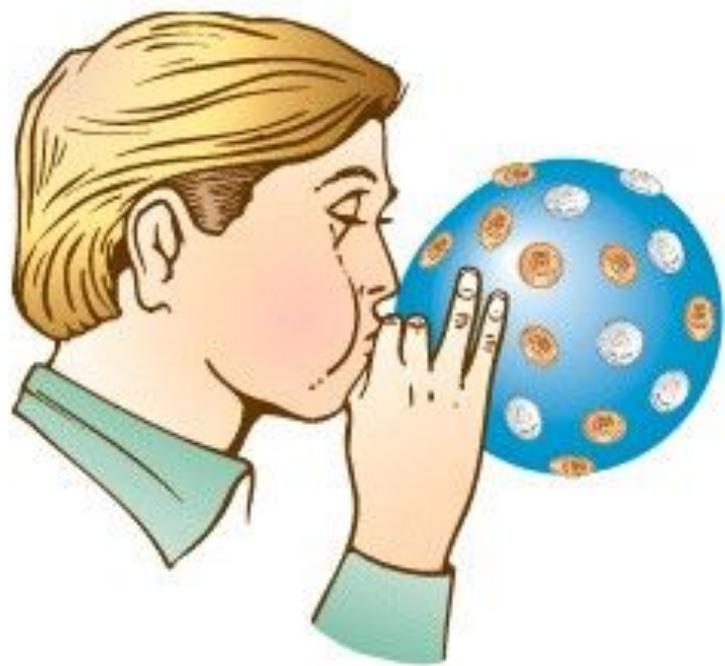




## Quelques idées de base en cosmologie

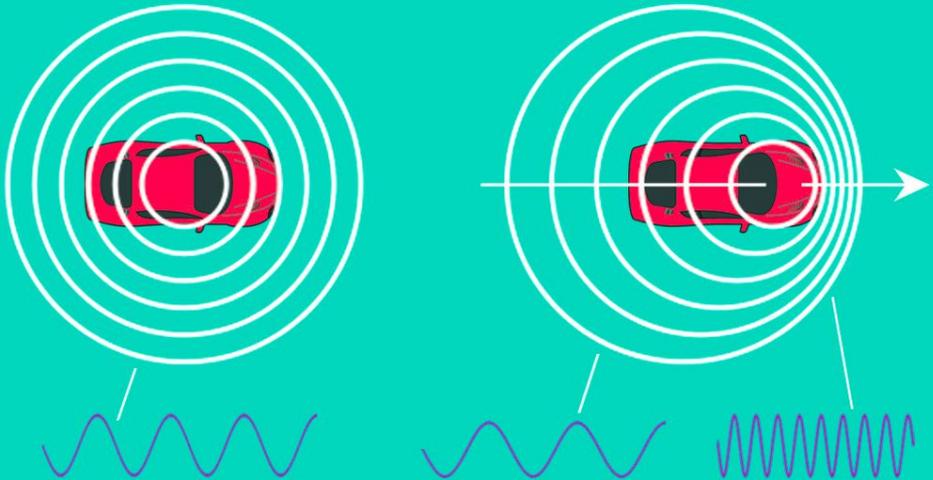
L'univers est en expansion :



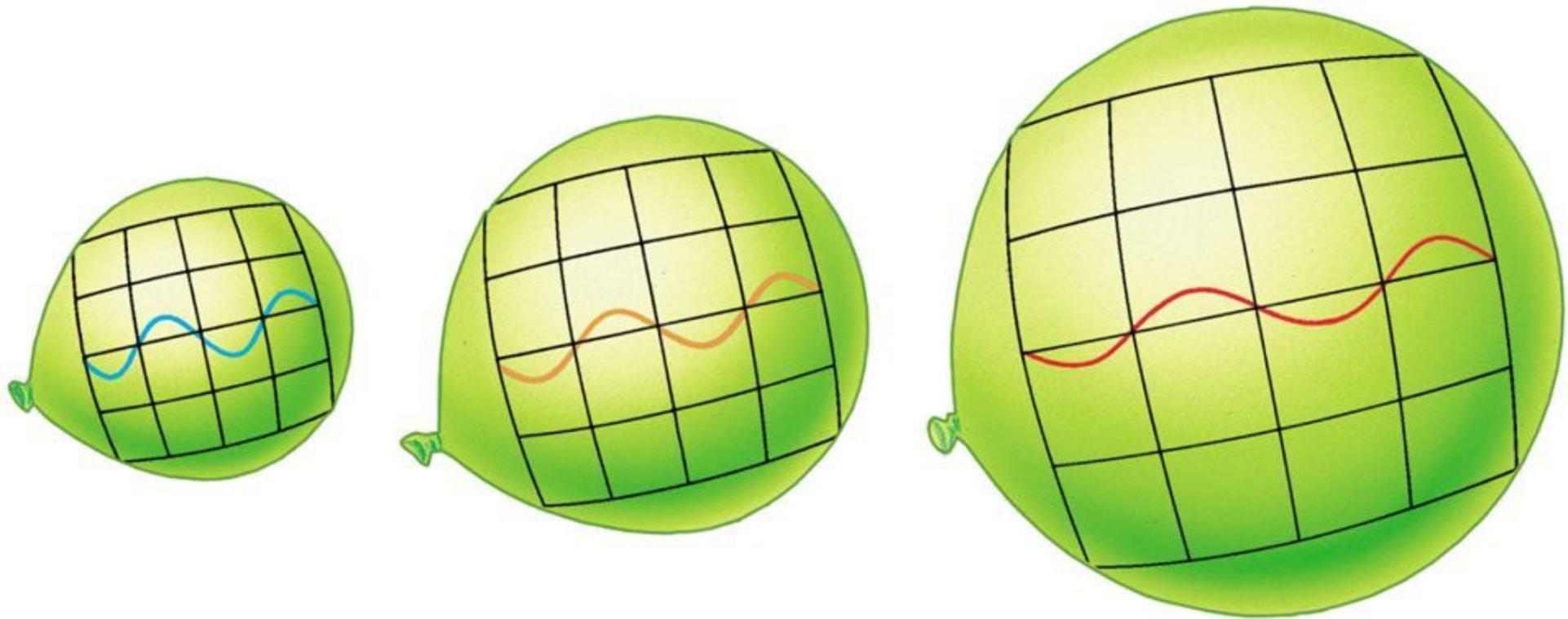


## Quelques idées de base en cosmologie

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

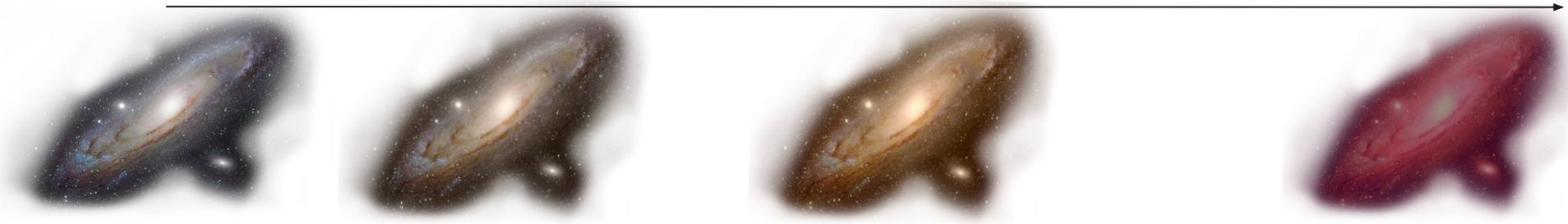


*Courte longueur d'onde : +bleu*  
*Grande longueur d'onde : +rouge*





*Distance  $D$*



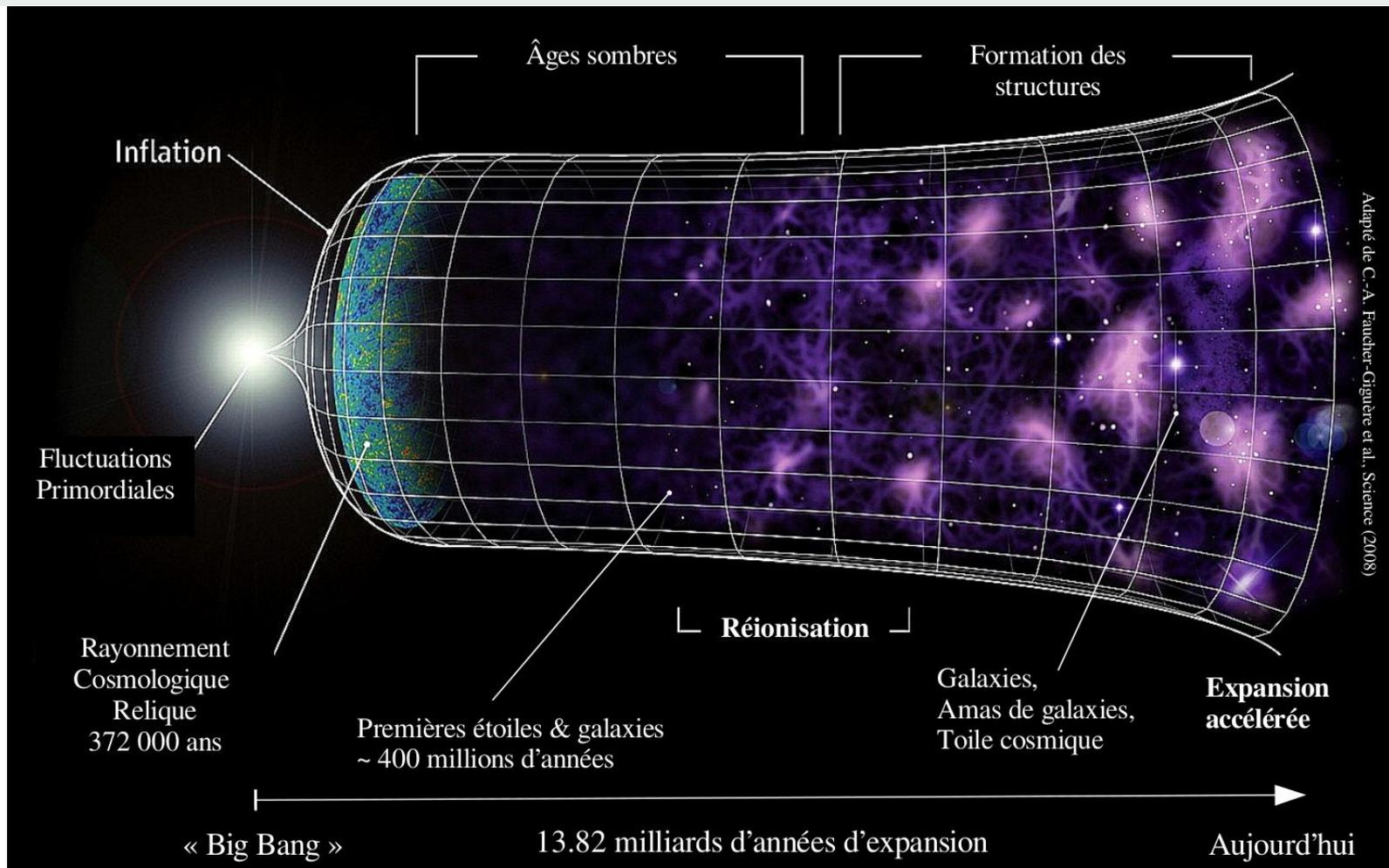
*"Redshift"  $z$*

*Temps depuis le Big Bang*



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

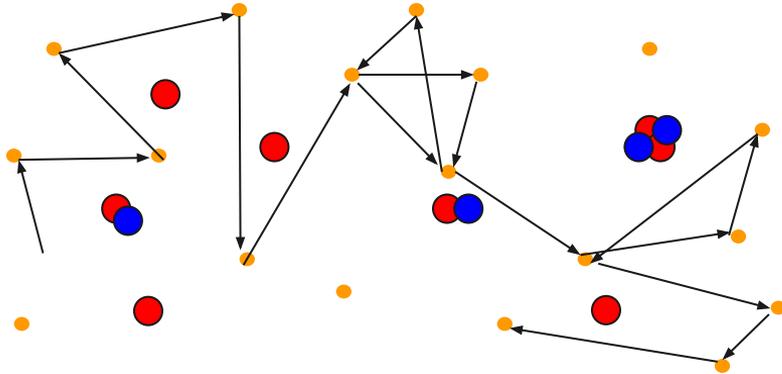
# Chronologie de l'univers



# Le fond diffus cosmologique (CMB)

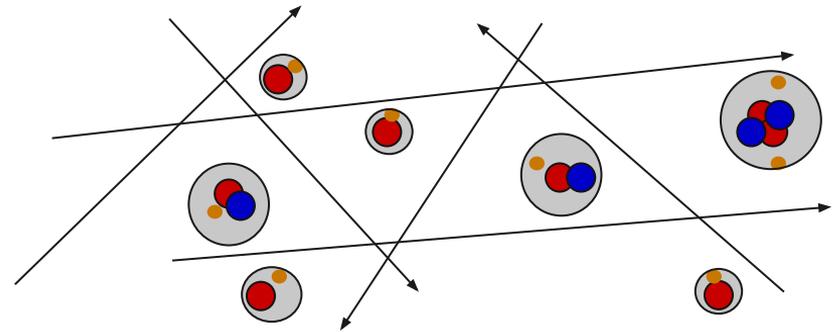
Témoin d'un événement fondamental dans l'histoire de notre univers :  
la recombinaison

*Avant la recombinaison*



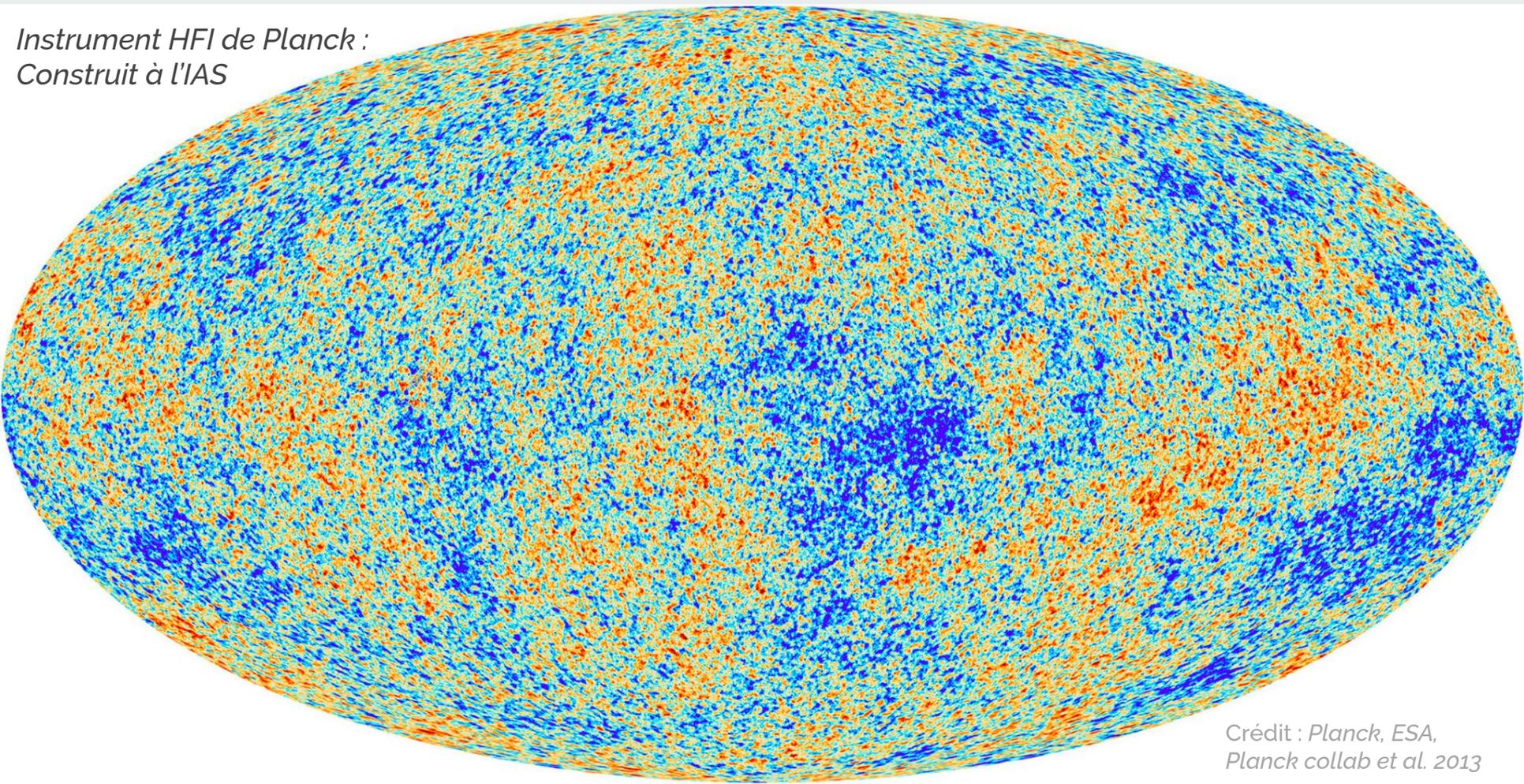
*UNIVERS OPAQUE*

*Après la recombinaison*

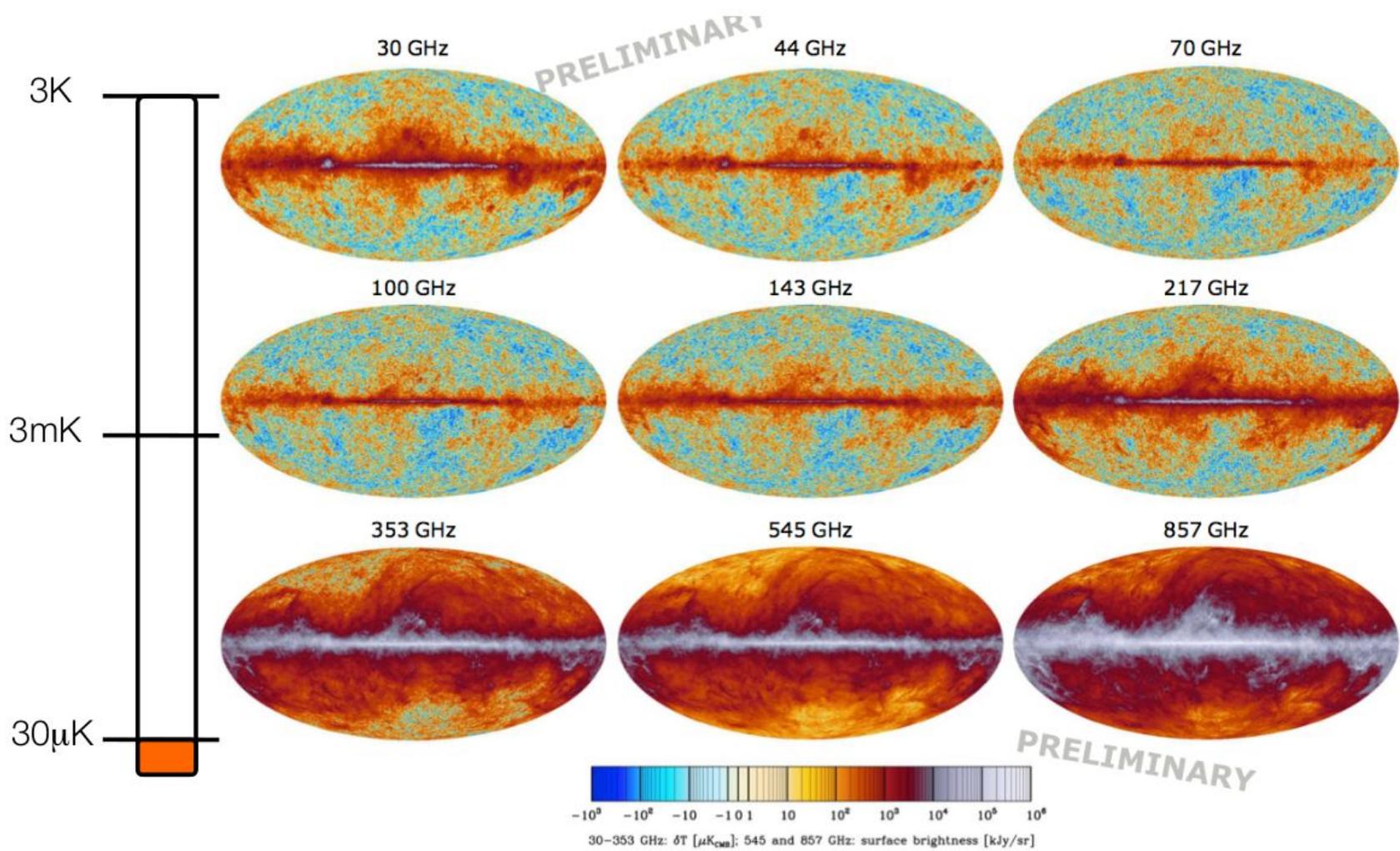


*UNIVERS  
TRANSPARENT*

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



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



MAVANA DECO SAVING A CITY'S ARCHITECTURE

PLAYERS UNITED BIGGER CHECKS ON THE WAY

FLOYD NORRIS THE FOLLY OF GIANT BANKS

# International Herald Tribune

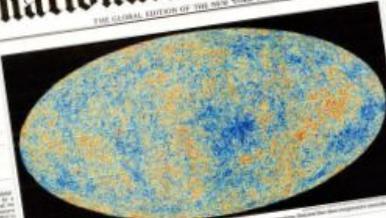
THE GLOBAL EDITION OF THE NEW YORK TIMES

## Obama asks Israelis and Palestinians to talk again

By an Israeli or Palestinian, an endorsement would be sufficient to make peace

## Kurd leader issues a call for cease-fire with Turkey

From parliament, the leader of the Kurdistan Workers' Party (PKK) has called for a truce with Turkey



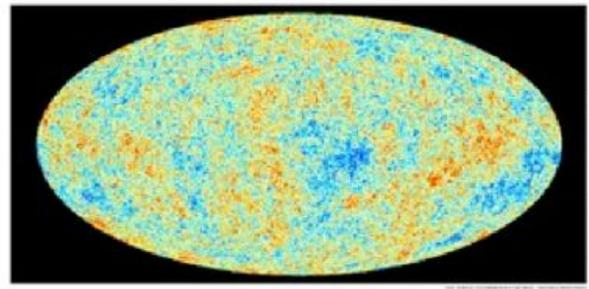
Once rarity, women are U.S. Senate force

By the time the 113th Congress convenes in January, women will be a significant force in the U.S. Senate

"All the News That's Fit to Print"

# The New York Times

VOL. CXXXI No. 36,240 NEW YORK, FRIDAY, MARCH 22, 2013



**The Cosmos, Back in the Day**  
An image from NASA's *Spitzer* Space Telescope shows a star-forming region in the constellation of Aquarius. It is a remnant of a star-forming region that existed about 100 million years ago.

**Bronx Inspector, Secretly Taped, Suggests Race Is a Factor in Stops**  
A Bronx police inspector who secretly taped his conversations with officers during a year-long investigation has suggested that race is a factor in stops.

**Once Few, Women Hold More Power in Senate**  
By the time the 113th Congress convenes in January, women will be a significant force in the U.S. Senate.

LE MONDE

En Tunisie, le drame des disparus de la révolution

CRISE CHYPRIOTE: L'ULTIMATUM DE FRANCFORT

LE MONDE DES LIVRES

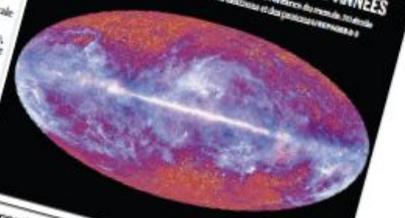
Le pari de Cameron: politique de l'offre contre récession

## Moins d'impôts et plus d'austérité, Londres persiste

Le Royaume-Uni fait connaître ses nouvelles mesures fiscales et sociales. Londres mise sur des coupes budgétaires pour réduire le déficit.

## C'ÉTAIT L'UNIVERS IL Y A 13,8 MILLIARDS D'ANNÉES

Un dessin de l'univers primordial, tel qu'il était à la naissance du monde.



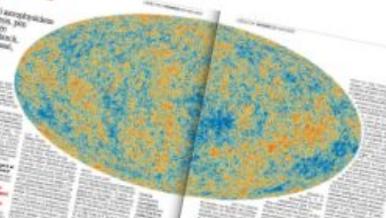
SCIENTIFICS

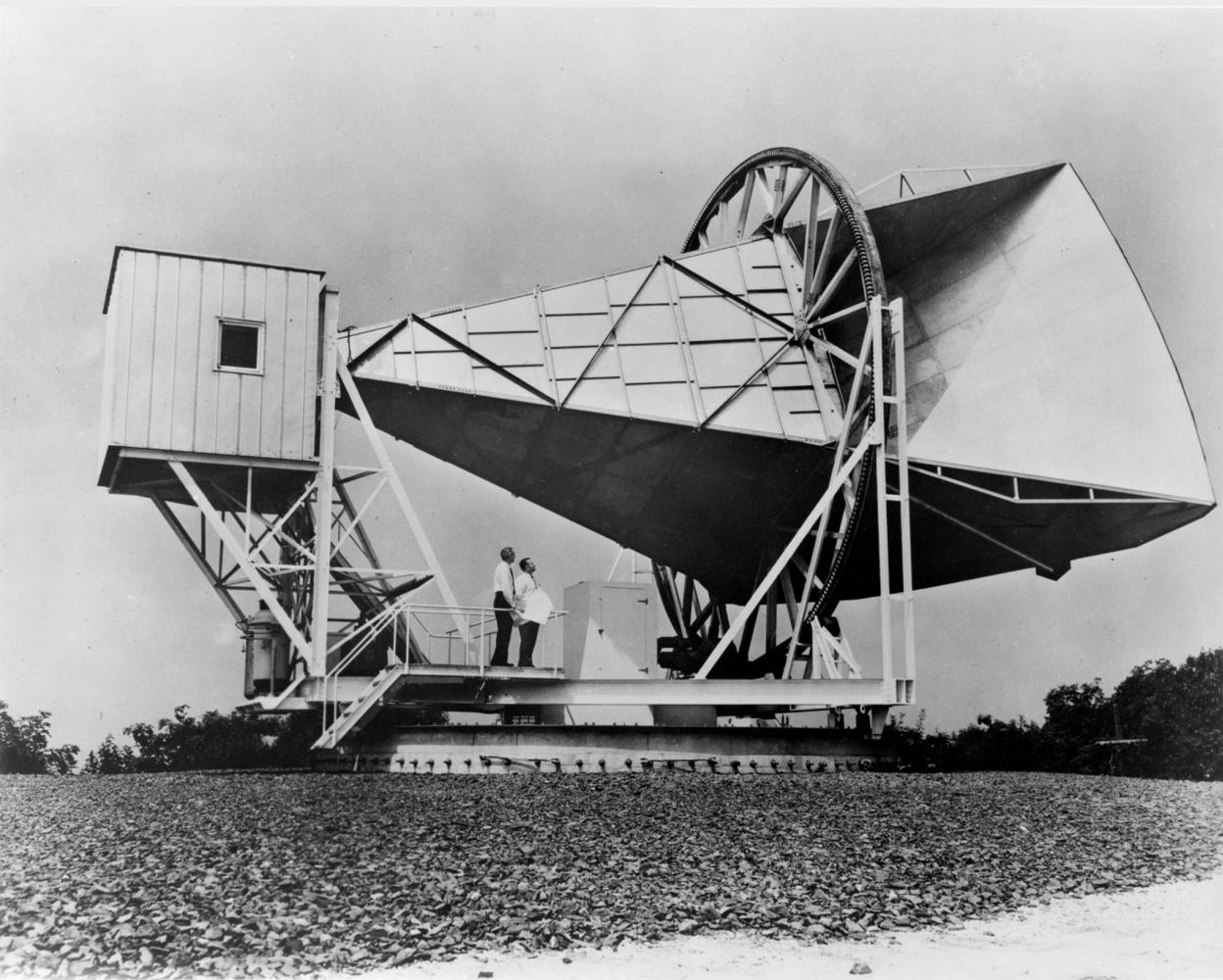
Le pari de Cameron: politique de l'offre contre récession

Le taux à 70% de chômage en Espagne

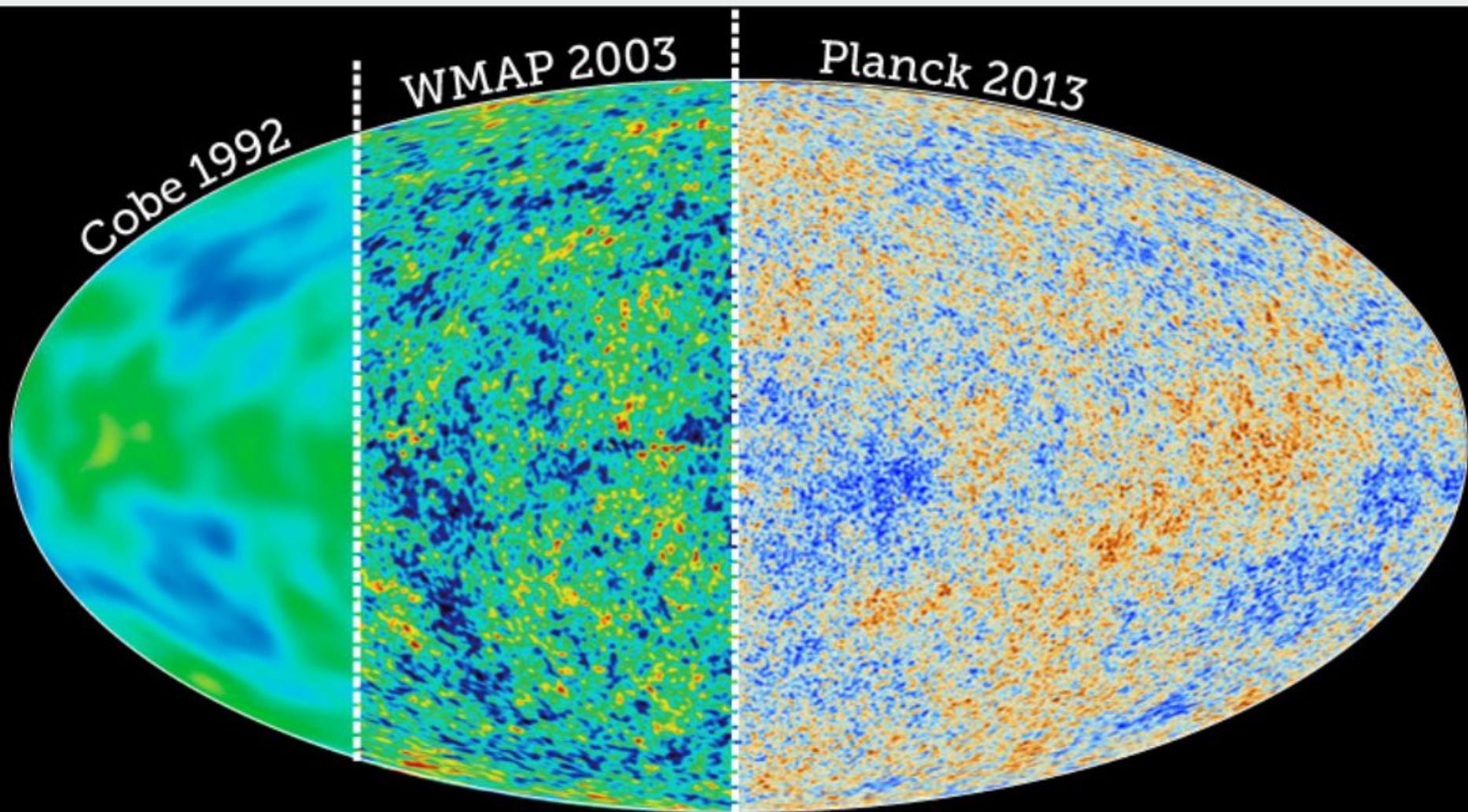
Le monde des livres

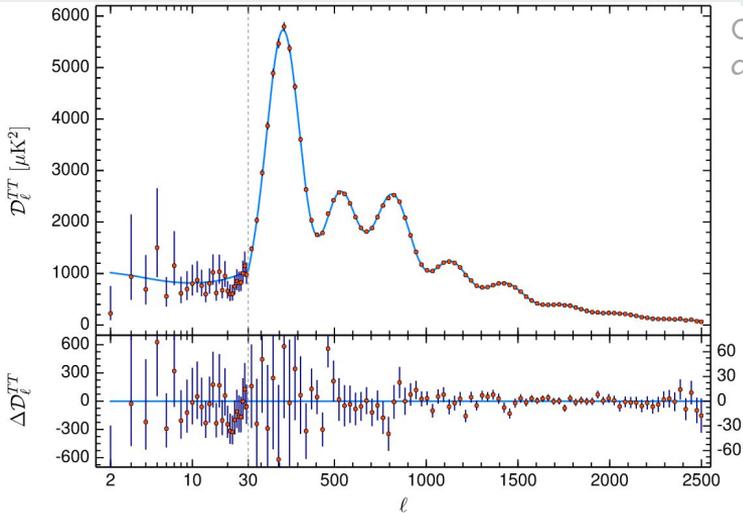
## La mappemonde de l'Univers



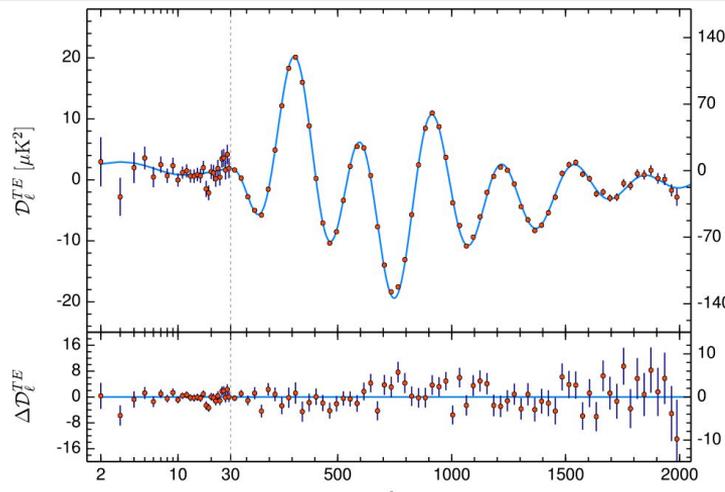


*Arno Penzias et Robert Wilson*

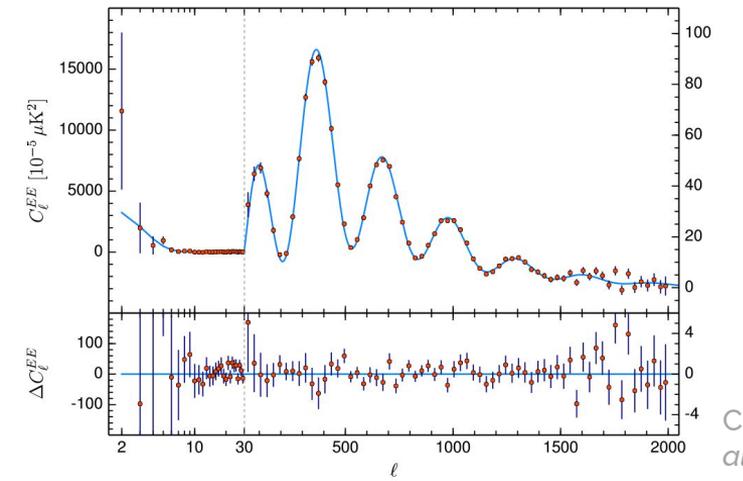




Crédit : Planck collab et al. 2020

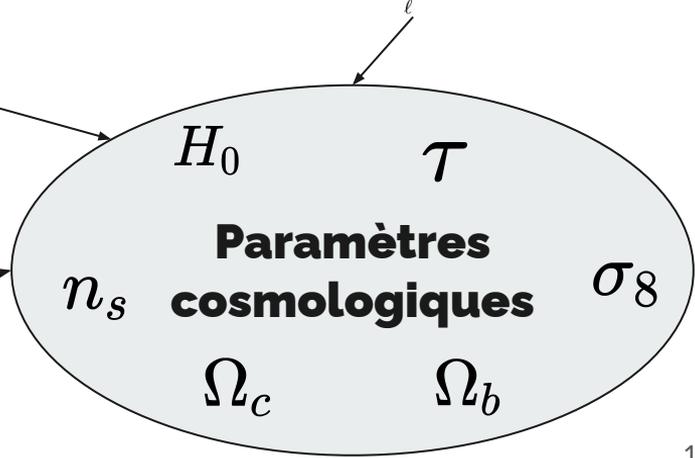


Crédit : Planck collab et al. 2020



Crédit : Planck collab et al. 2020

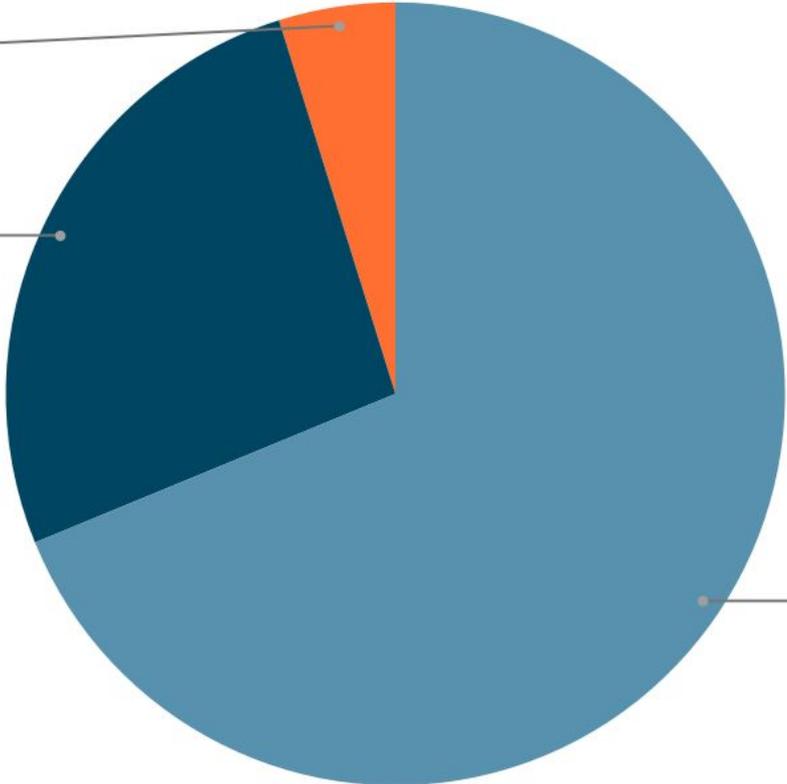
(entre autres...)



# Constituants de l'univers

Matière baryonique  
4,8%

Matière noire  
26,4%

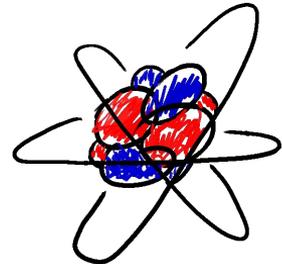
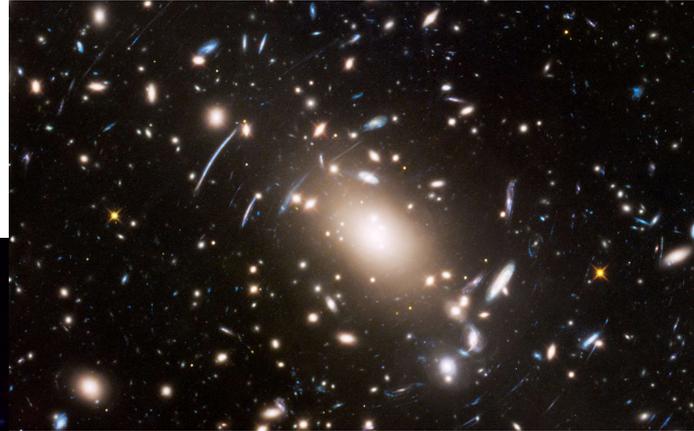
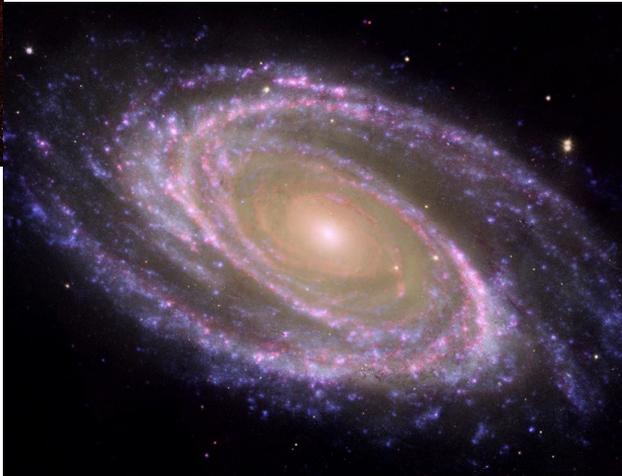
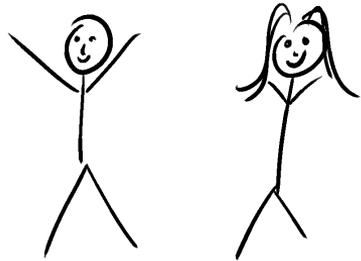
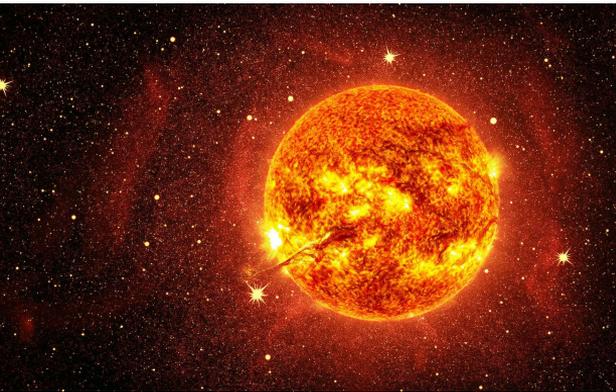


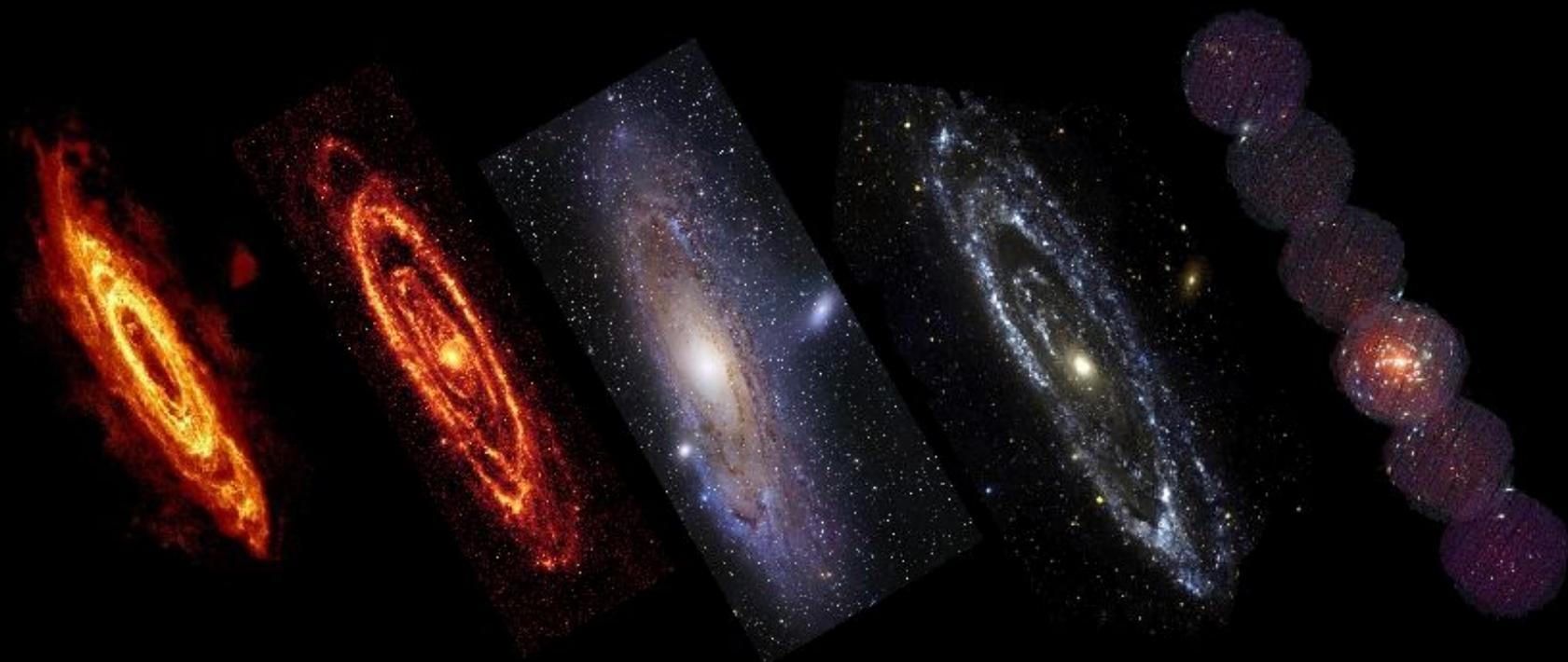
*D'après les résultats de Planck  
Collab et al. 2020*

Energie noire  
68,8%



# La matière ordinaire, ou baryonique





**Radio**

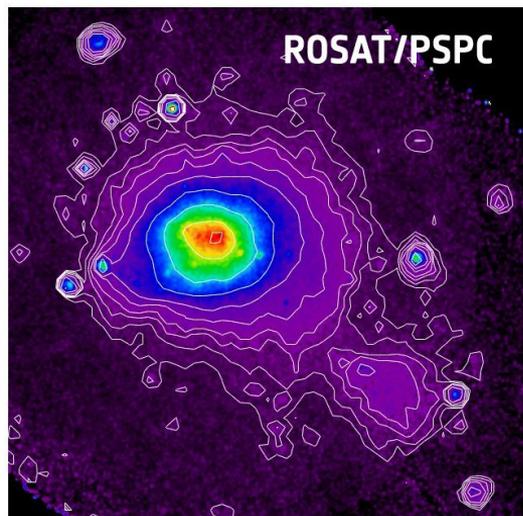
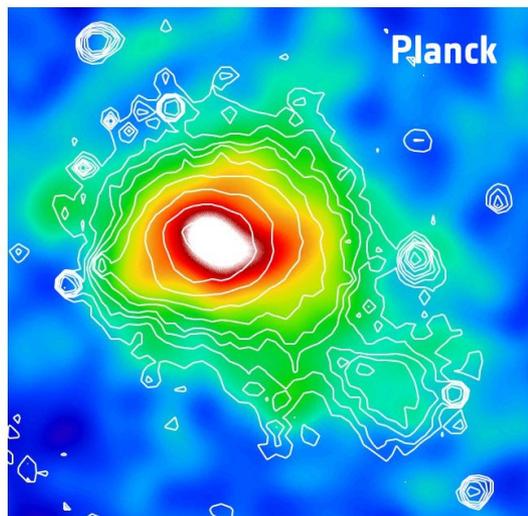
**Infrared**

**Visible**

**Ultra-violet**

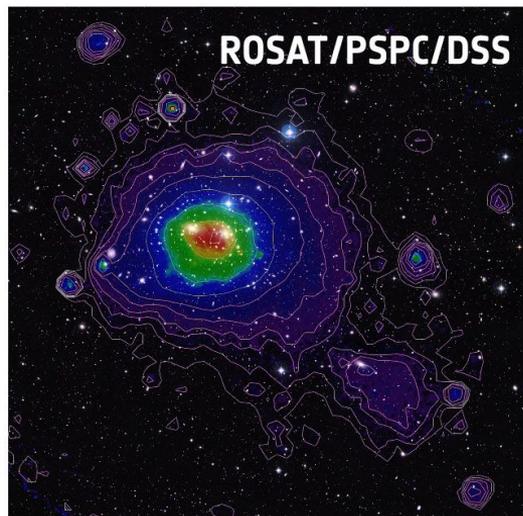
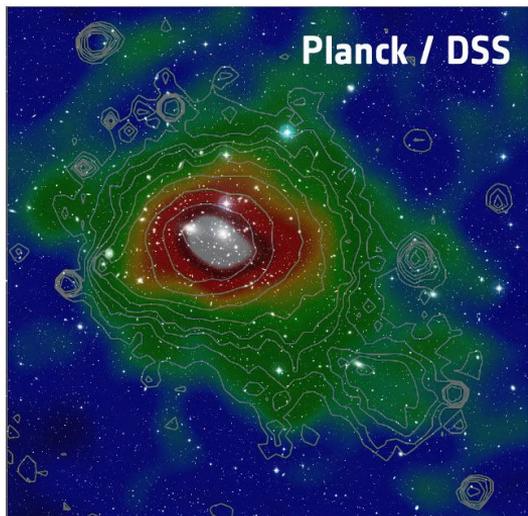
**X-ray**

“Effet SZ”



Rayons X

Effet SZ +  
Visible

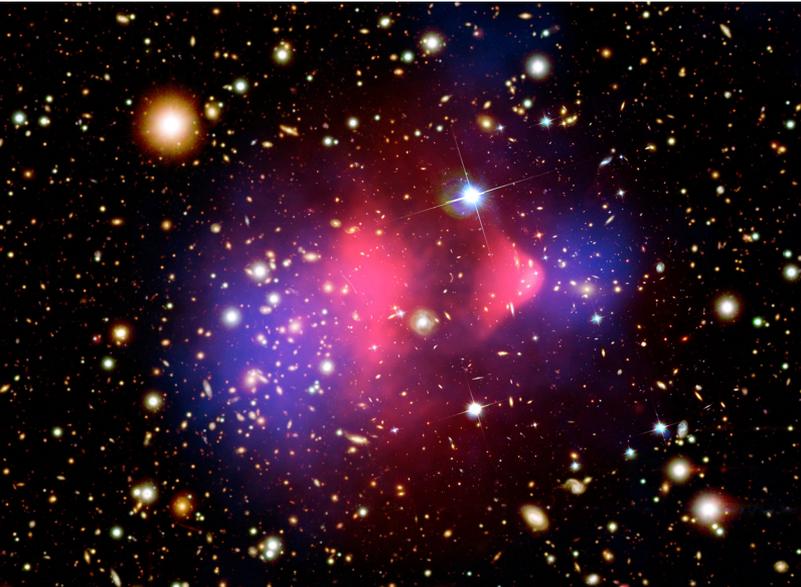


Rayons X +  
Visible

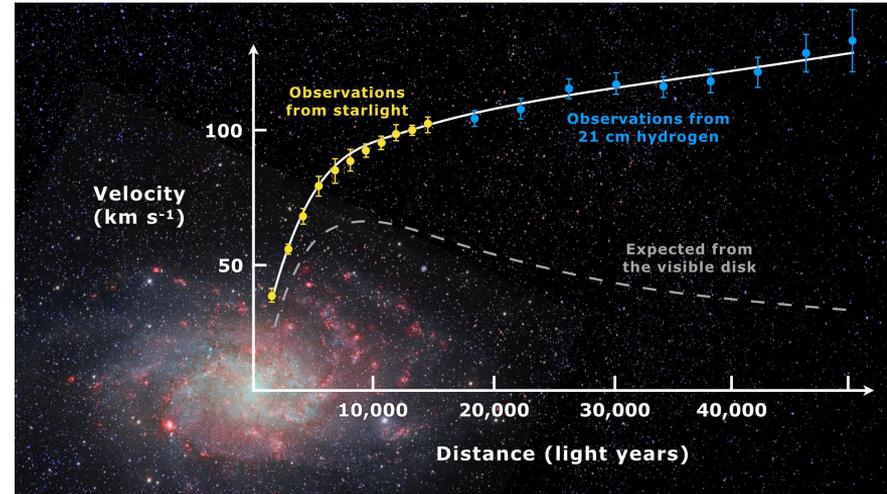
Crédit : ESA

# La matière noire

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



Crédit : ESA

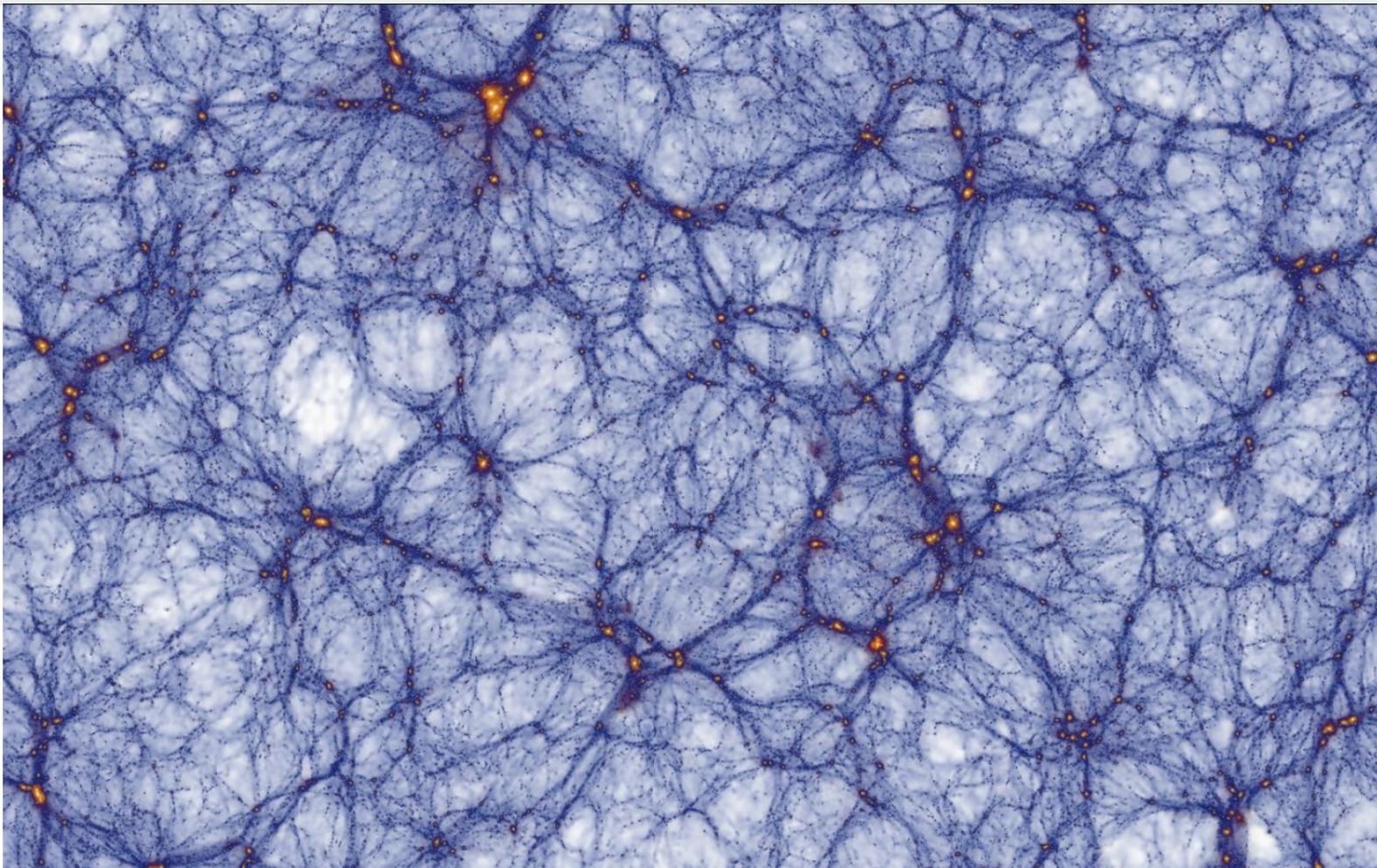


Crédit : Wikimedia Commons



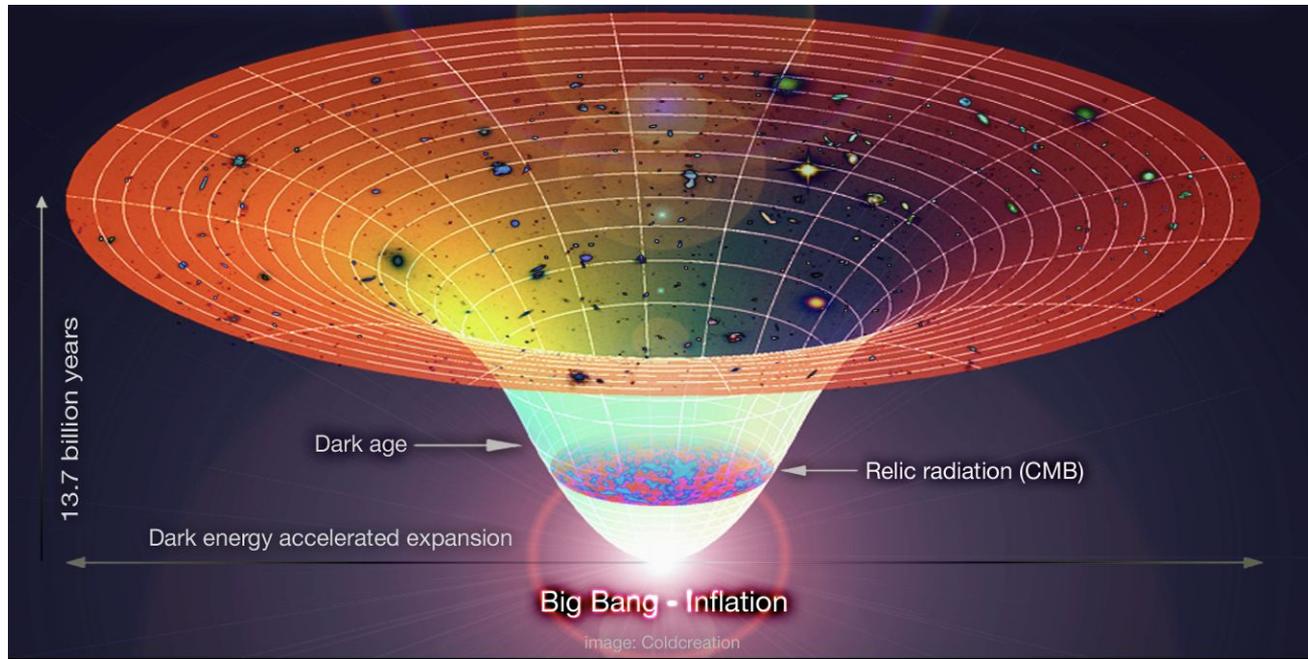
# La toile cosmique

Squelette de  
matière noire  
dans lequel  
coule la  
matière  
ordinaire



# L'énergie noire

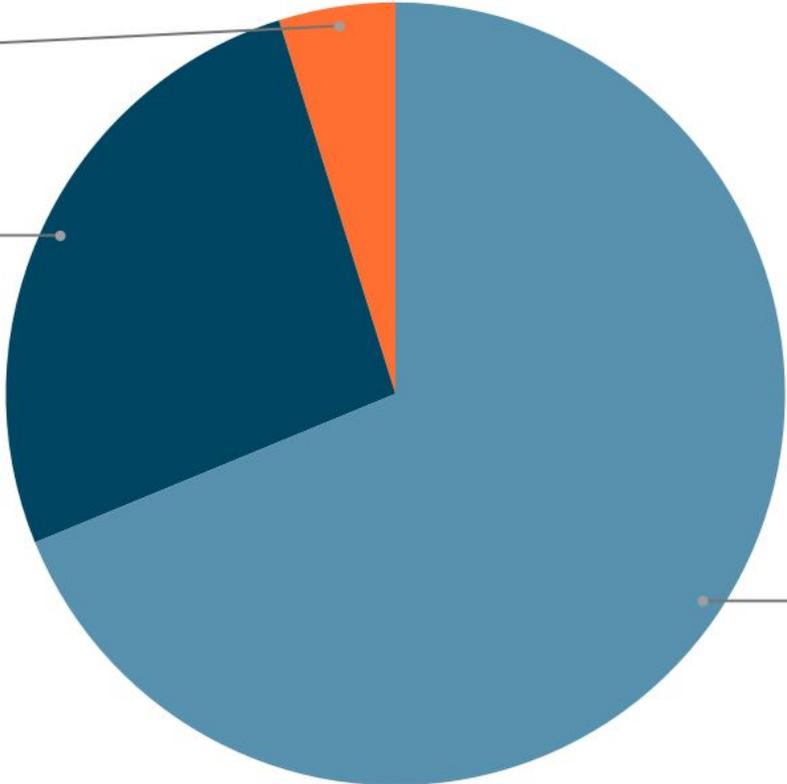
L'expansion de l'Univers s'accélère !



# 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