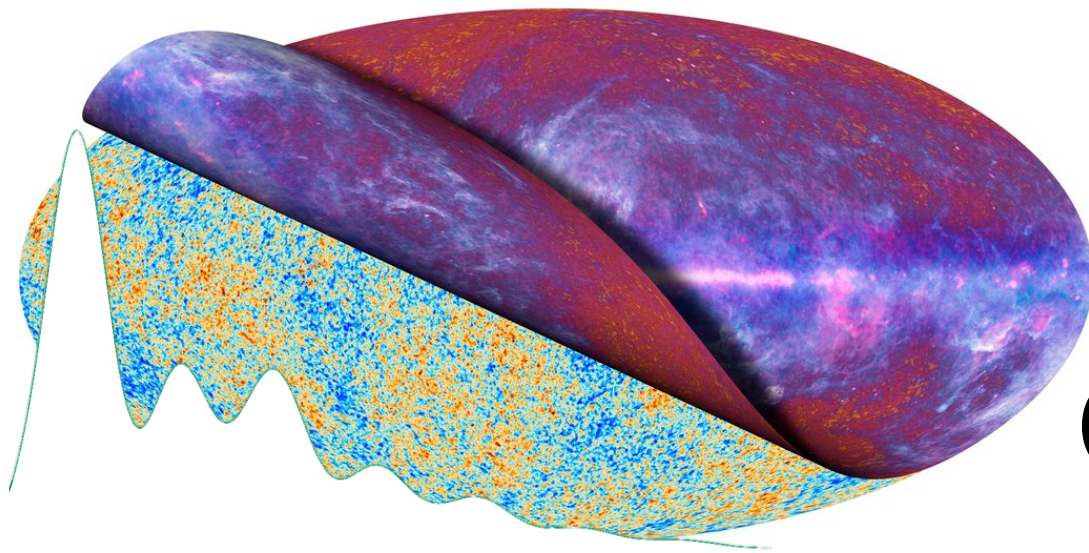




# la cosmologie en France 2015-2030

- grandes questions 1.
- contours et acteurs 2.
- méthodologies et gestion 3.
- aspects techniques 4.
- objectifs scientifiques, science et projets 5.
- forces et faiblesses 6.

Hervé Dole

---

Institut d'Astrophysique Spatiale, Orsay, France  
Université Paris Sud, CNRS & université Paris-Saclay  
<http://www.ias.u-psud.fr/dole/>



# références

La cosmologie étudie l'évolution globale de l'Univers et l'histoire de sa structuration. Les questions fondamentales sont ici l'origine de notre Univers, les lois qui gouvernent son évolution, son contenu en matière et en énergie, et la compréhension de sa structuration progressive.

- Site IN2P3
- IN2P3 et IRFU: prospective
- CNRS: PNCG: Programme National Cosmologie et Galaxies: prospectives
- Prospective INSU
- Prospective CNES
- Astronet
- ESA Cosmic Vision
- NASA Decadal Survey
- « la recherche spatiale en France »  
Académie des Sciences, 2006

grandes questions 1.  
contours et acteurs 2.  
méthodologies et gestion 3.  
aspects techniques 4.  
objectifs scientifiques, science et projets 5.  
forces et faiblesses 6.

# 1. les grandes questions selon Astronet

---

- Do we Understand the Extremes of the Universe?
  - How did the Universe begin?
  - What is dark matter and dark energy?
  - Can we observe strong gravity in action?
  - How do supernovae and gamma-ray bursts work?
  - How do black hole accretion, jets and outflows operate
  - What do we learn from energetic radiation and particles?
- How do Galaxies Form and Evolve?
  - How did the structure of the cosmic web evolve?
  - Where are most of the metals throughout cosmic time?
  - How were galaxies assembled?
  - How did our Galaxy form?

# 1. les grandes questions selon ESA CV

---

- What are the Conditions for Planet Formation and the Emergence of Life?
- How does the Solar System Work?
- What are the Fundamental Physical Laws of the Universe?
- How did the Universe Originate and What is it Made of?



# 1. les grandes questions selon NASA DS

---

- Science objectives
  - Cosmic Dawn: Searching for the First Stars, Galaxies, and Black Holes
- Discovery
  - A Bold New Frontier: Gravitational Radiation; Opening the Time Domain: Making Cosmic Movies; Giving Meaning to the Data: Cyber-Discovery
- Origins
  - The Origin of the Universe: The Earliest Moments
  - The First Sources of Light and the End of the Cosmic Dark Ages
  - The Origin of Galaxies and Large-Scale Structure
- Frontiers of Knowledge
  - The Nature of Inflation; The Accelerating Universe; The Nature of Dark Matter; The Nature of Neutrinos

# 1. Les grandes questions selon l'IN2P3

---

- De quoi est fait l'Univers et comment se comporte-t-il ?
  - Comment l'Univers s'est-il comporté dans le passé (quête des origines) ?
  - Comment les éléments lourds se sont-ils formés dans l'Univers ?
  - Qu'est-ce que la matière noire et l'énergie noire, cette part essentielle mais invisible de notre Univers ?
  - D'où viennent les rayons cosmiques et quels sont leurs mécanismes de production et d'accélération ?

# 1. Les grandes questions selon le PNCG

---

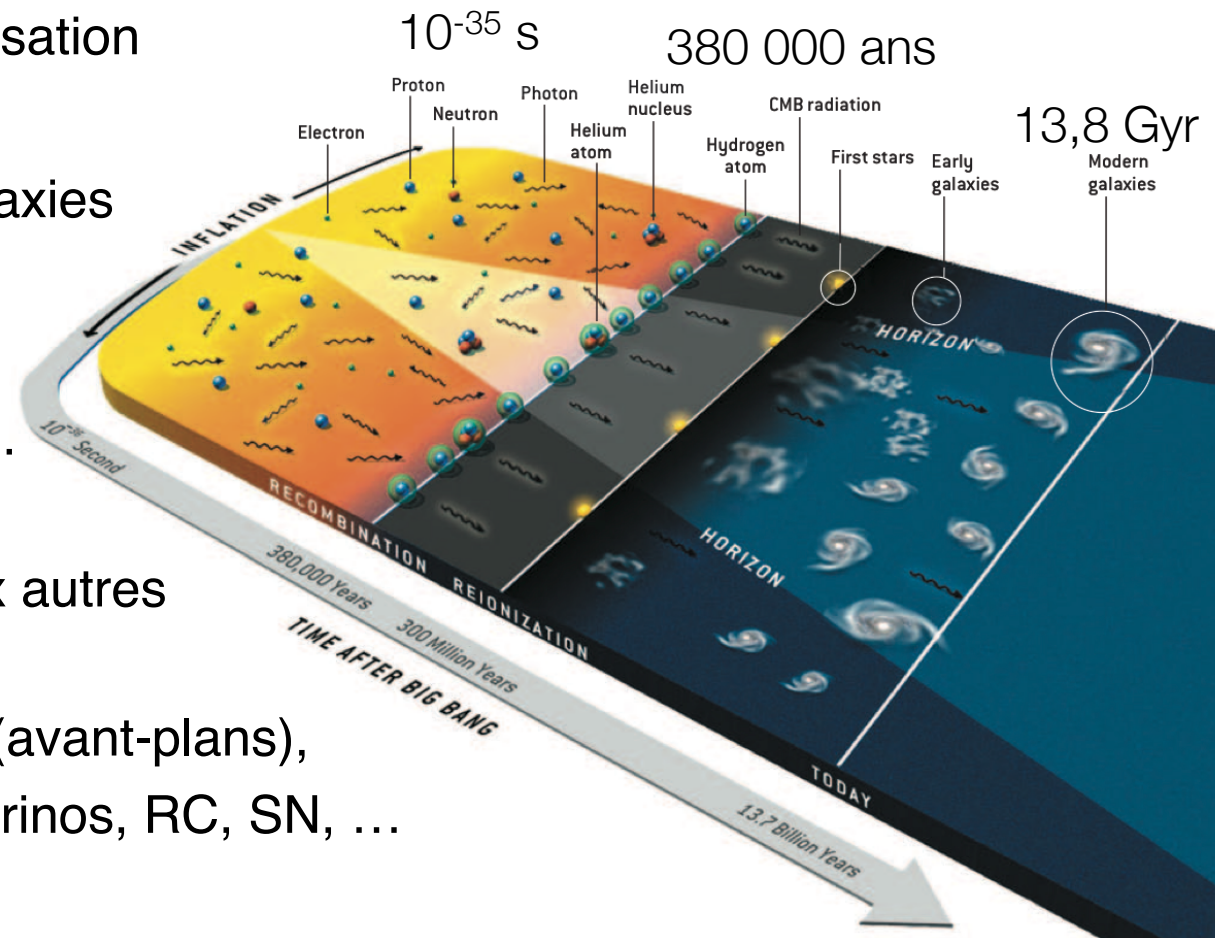
- Dans quel univers vivons-nous ?
  - Caractérisation du modèle cosmologique
  - Conditions initiales
    - Inflation, baryogénèse, réchauffement
  - DE (dark energy) et DM (dark matter)
  - Théorie, lois fondamentales
    - Origine de l'accélération de l'expansion, tests de la RG, gravité à grande distance, variation des constantes fondamentales, principe cosmologique
- Quelle est l'histoire cosmique des baryons ?
  - Premiers objets et sources de réionisation
  - Refroidissement des baryons dans les puits de potentiel DM
    - Gravitation vs feedback, énergie, gaz chaud ? baryons manquants
- Quels processus physiques régissent l'évolution des galaxies ?

## 2. contours et acteurs

- Univers primordial
  - Les premiers instants; inflation cosmique
- CMB: fond cosmologique
- Premiers objets
  - Premières étoiles, réionisation
- Grandes structures
  - DM, baryons, amas, galaxies
- Composantes
  - DE, DM, baryons, neutrinos, rayonnements...

MAIS besoin de nombreux autres domaines

- e.g. milieu interstellaire (avant-plans),  
détection directe DM, neutrinos, RC, SN, ...



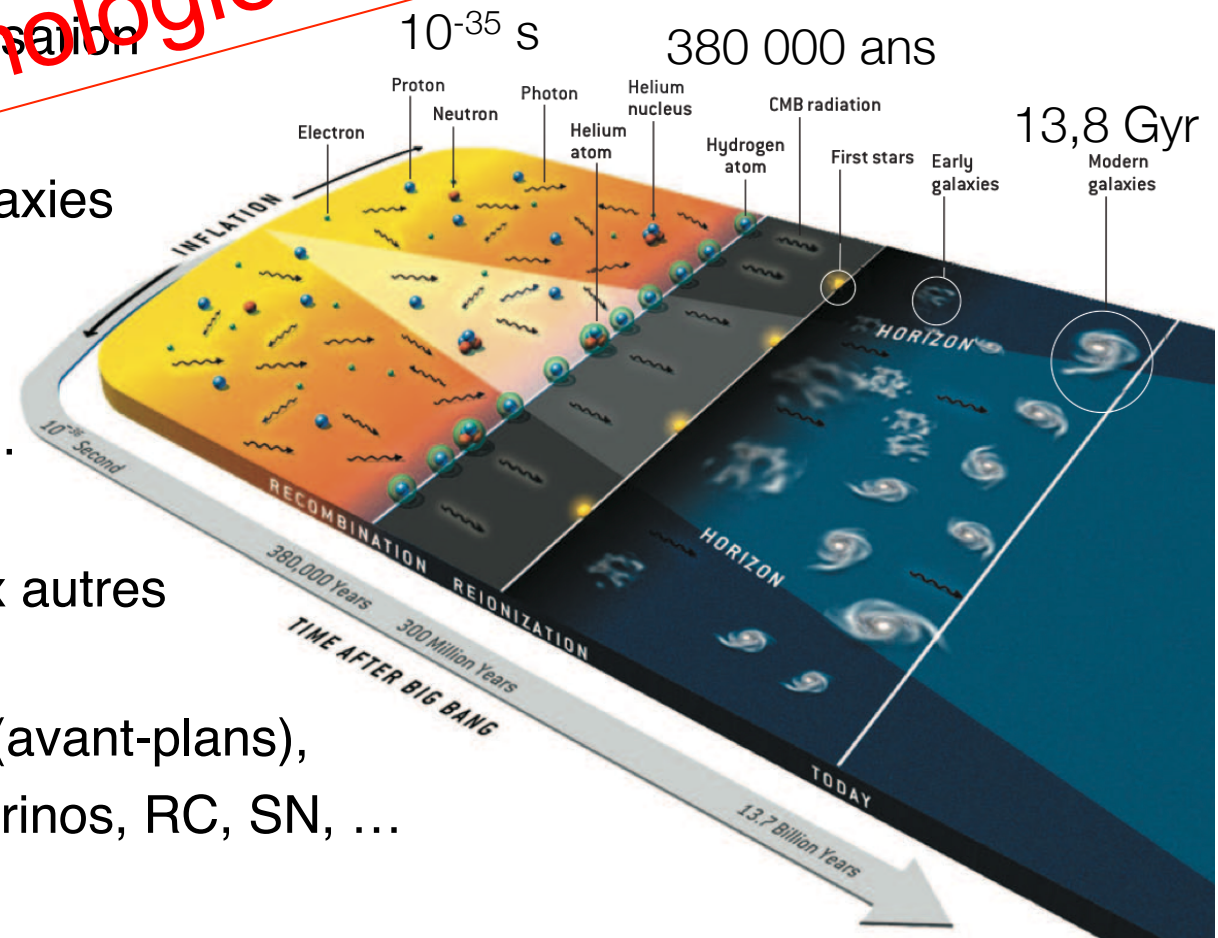
## 2. contours et acteurs

- Univers primordial
  - Les premiers instants; inflation cosmique
- CMB: fond cosmologique
- Premiers objets
  - Premières étoiles, réionisation
- Grandes structures
  - DM, baryons, amas, galaxies
- Composantes
  - DE, DM, baryons, neutrinos, rayonnements...

MAIS besoin de nombreux autres domaines

- e.g. milieu interstellaire (avant-plans),  
détection directe DM, neutrinos, RC, SN, ...

Cosmologie <-> (astro)physique



## 2. acteurs

---

France

- CNRS
  - IN2P3, INSU
- CEA
- Universités, CNAP
- Régions, labex etc..

sol

Europe, Monde

- Universités, Max Planck, INAF, NSF, DoE, etc..
- ESO (?)

espace

- CNES
- CNRS
  - IN2P3, INSU
- CEA
- Universités, CNAP

- ESA (+ASI, BSA, DLR, etc..)
- NASA
- Russie, JAXA

# 3. méthodologies et gestion (1)

---

- Méthodologies
  - Observations (incl. instrumentation) et modèles
  - Théorie, prédictions (interprétation)
  - Simulations numériques
- Deux types de méthodologies en observation
  - Aspects **statistiques et systématiques**
    - e.g. CMB, relevés de galaxies pour BAOs
  - Approche par **objets astrophysiques individuels**
    - e.g. AGNs pour EBL/CIB, galaxie  $z > 8$
- Plusieurs **configurations**
  - Grand consortium international et forte présence FR
    - e.g. Planck, Euclid, LSST, CTA
  - Grand consortium et « petite » contribution française
    - e.g. DES, DESI, SN
  - Petites équipes



# 3. méthodologies et gestion (2)

---

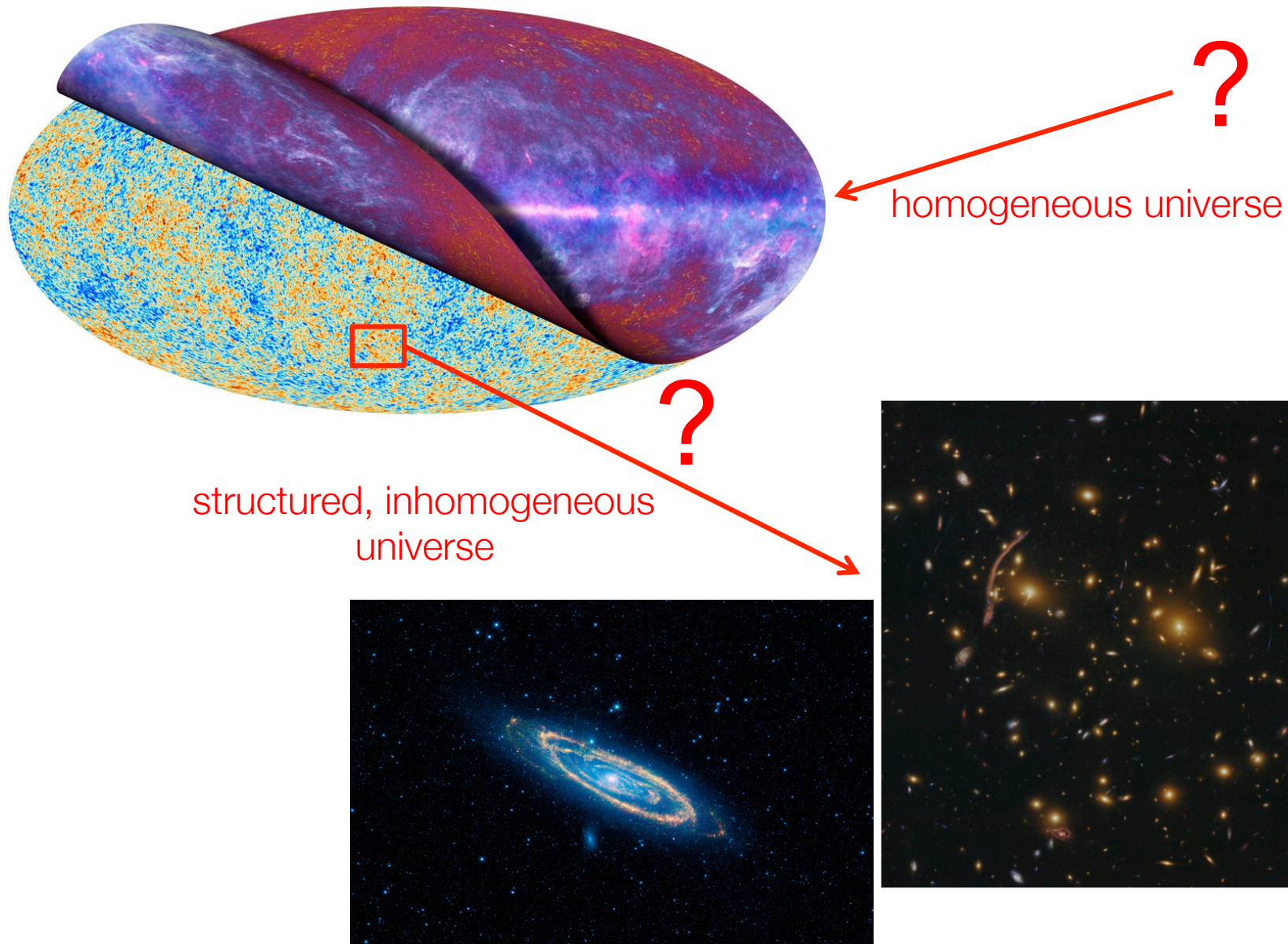
- Gestion
  - **Programmatique**: différente selon agences impliquées
    - e.g. LSST vs Euclid vs CTA vs SKA
  - **Scientifique**: différente selon la nature de la collaboration, des tutelles
    - e.g. ESA (Planck ou Euclid) vs SDSS ou BOSS ou DES

## 4. aspects techniques

---

- « big science »
- Savoir-faire technique et technologique indéniable
- Équipes d'ITA (qui devraient être) fournies
- Sol vs spatial
- Puissance de calcul et de stockage
  - pour faire face à l'explosion des flux de données
  - et à la recherche d'effets systématiques ultra-fins

# 5. Objectifs scientifiques, science et projets



# 5. Objectifs scientifiques, science et projets

---

## Question scientifique

- Univers primordial
  - Inflation, conditions initiales
- Physique fondamentale
  - Test RG, variations cstes
- Dark Energy
- Dark Matter
- Réionisation
- Grandes structures
- Rayonnements

## Observable

- CMB Température
- CMB Polarisation
- Relevés systématiques de galaxies: visible/NIR
  - BAO, RSD, weak lensing, SN
  - Imagerie ou spectroscopie
- Relevés radio
- Observations X, gamma
- Relevés profonds dédiés
- Observations dédiées

# 5. Objectifs scientifiques, science et projets

## Question scientifique

- Univers primordial
  - Inflation, conditions initiales
- Physique fondamentale
  - Test RG, variations cstes
- Dark Energy
- Dark Matter
- Réionisation
- Grandes structures
- Rayonnements

## Observable

- CMB Température
- CMB Polarisation
- Relevés systématiques de galaxies: visible/NIR
  - BAO, RSD, weak lensing, SN
  - Imagerie ou spectroscopie
- Relevés radio
- Observations X, gamma
- Relevés profonds dédiés
- Observations dédiées

# 5. Objectifs scientifiques, science et projets

## Question scientifique

- Univers primordial
  - Inflation, conditions initiales
- Physique fondamentale
  - Test RG, variations cstes
- Dark Energy
- Dark Matter
- Réionisation
- Grandes structures
- Rayonnements

## Observable

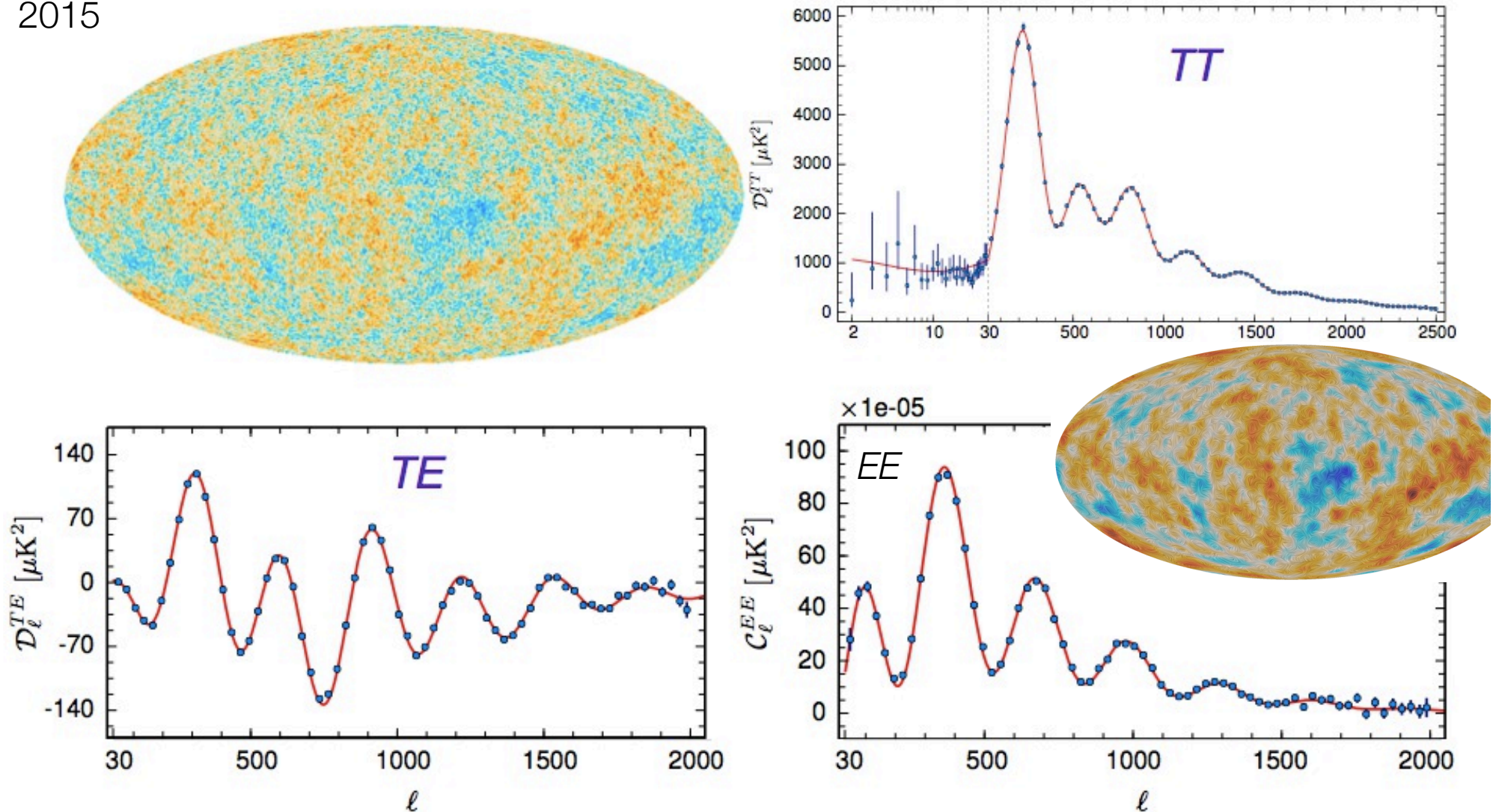
- CMB Température
- CMB Polarisation
- Relevés systématiques de galaxies: visible/NIR
  - BAO, RSD, weak lensing, SN
  - Imagerie ou spectroscopie
- Relevés radio
- Observations X, gamma
- Relevés profonds dédiés
- Observations dédiées



# theory confronts data – from 7 to 19 peaks

## Le rayonnement fossile mesuré par Planck

2015



Planck 2015



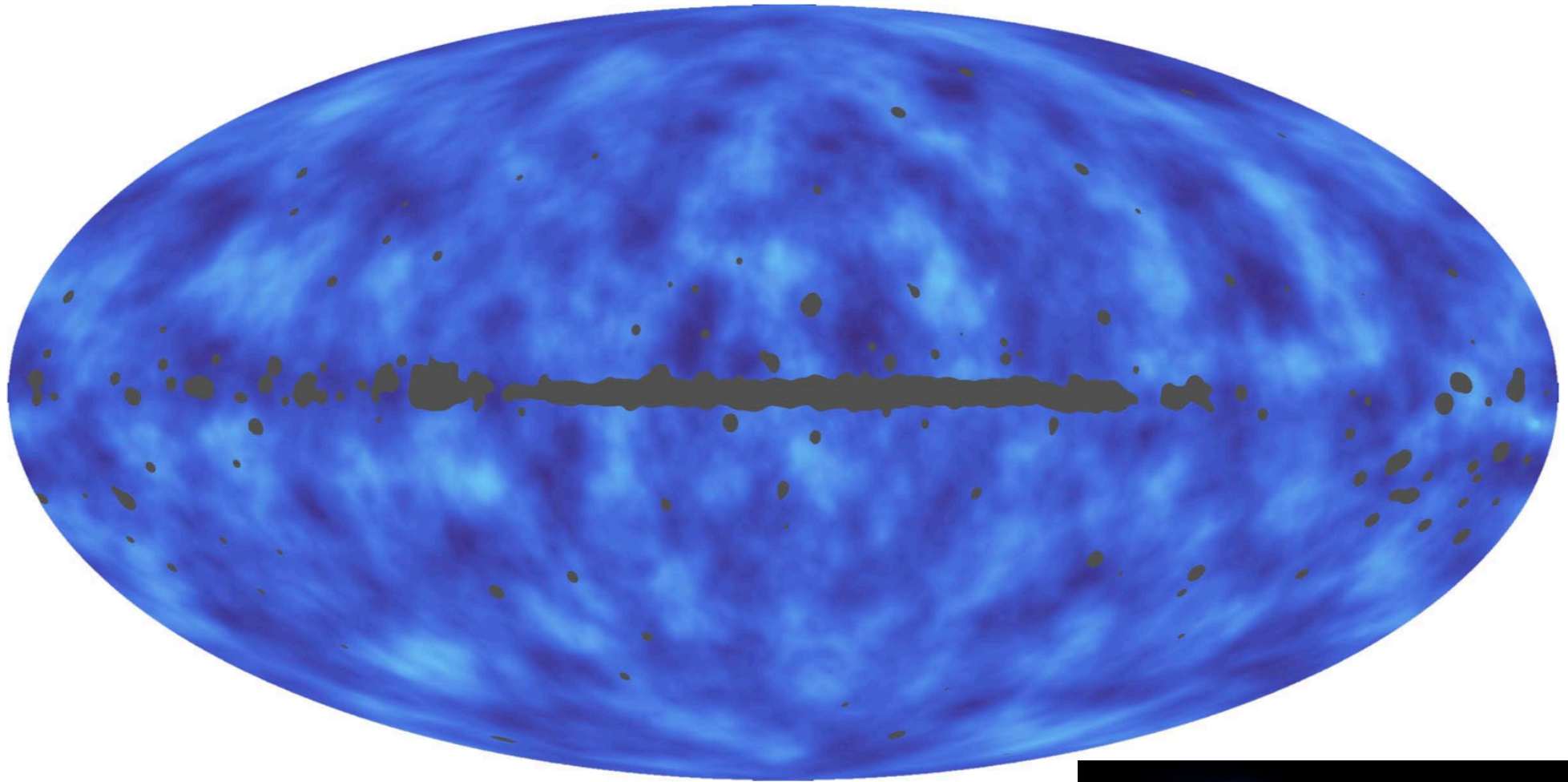
# 2015 cosmological parameters

**Table 9.** Parameter 68 % confidence levels for the base  $\Lambda$ CDM cosmology computed from the *Planck* CMB power spectra, in combination with the CMB lensing likelihood (“lensing”).

| Parameter                           | <i>Planck</i> TT+lowP+lensing |                             |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| $\Omega_b h^2$ . . . . .            | $0.02226 \pm 0.00023$         | } 6 cosmological parameters |
| $\Omega_c h^2$ . . . . .            | $0.1186 \pm 0.0020$           |                             |
| $100\theta_{\text{MC}}$ . . . . .   | $1.04103 \pm 0.00046$         |                             |
| $\tau$ . . . . .                    | $0.066 \pm 0.016$             |                             |
| $\ln(10^{10} A_s)$ . . . . .        | $3.062 \pm 0.029$             |                             |
| $n_s$ . . . . .                     | $0.9677 \pm 0.0060$           |                             |
| $H_0$ . . . . .                     | $67.8 \pm 0.9$                |                             |
| $\Omega_m$ . . . . .                | $0.308 \pm 0.012$             |                             |
| $\Omega_m h^2$ . . . . .            | $0.1415 \pm 0.0019$           |                             |
| $\Omega_m h^3$ . . . . .            | $0.09591 \pm 0.00045$         |                             |
| $\sigma_8$ . . . . .                | $0.815 \pm 0.009$             |                             |
| $\sigma_8 \Omega_m^{0.5}$ . . . . . | $0.4521 \pm 0.0088$           |                             |
| Age/Gyr . . . . .                   | $13.799 \pm 0.038$            | 0.3% uncertainty !          |
| $r_{\text{drag}}$ . . . . .         | $147.60 \pm 0.43$             |                             |
| $k_{\text{eq}}$ . . . . .           | $0.01027 \pm 0.00014$         |                             |

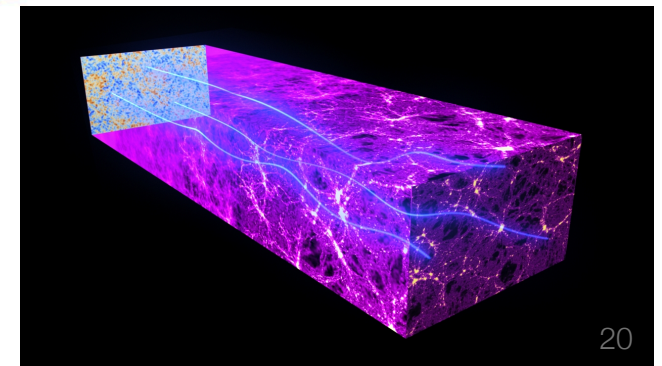
# Planck all-sky map of the dark matter

---



= Carte de la masse projetée  
sur la ligne de visée

Planck 2015

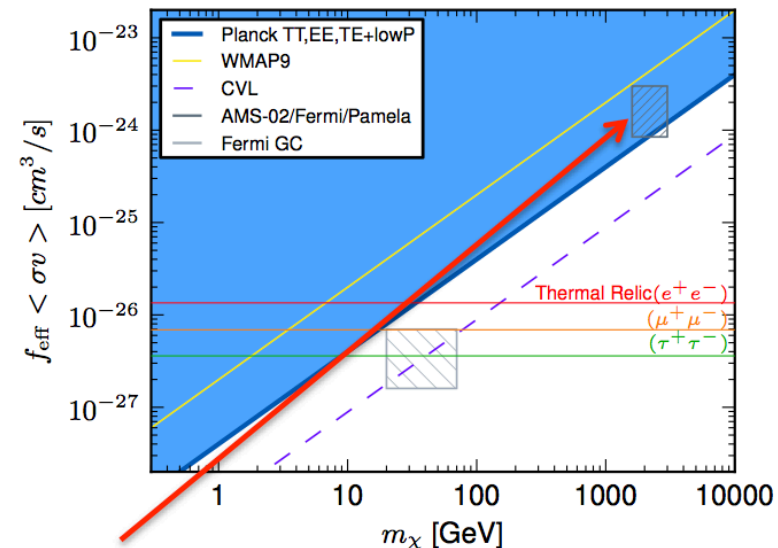
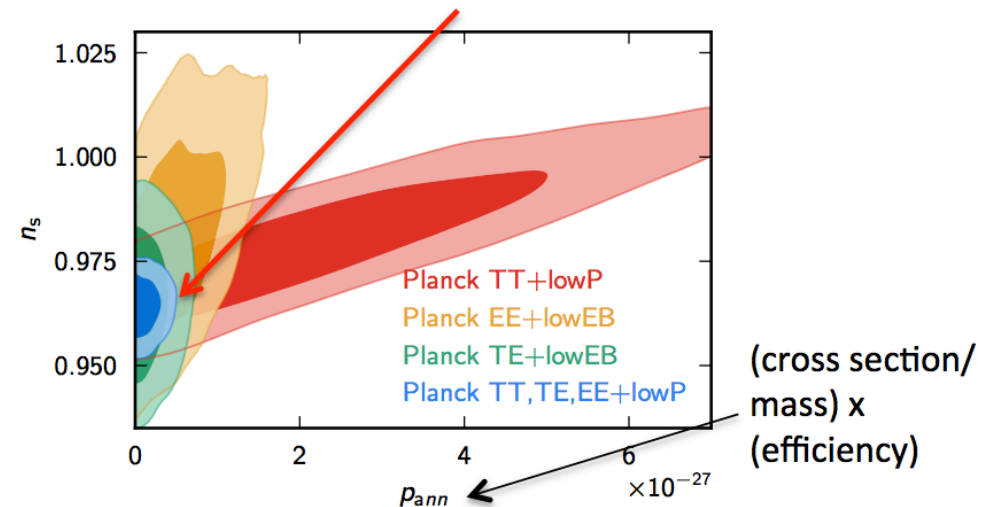


# nature de la matière noire – 2015

Les observations de Planck montrent qu'il n'est pas nécessaire de faire appel à l'existence d'une forte annihilation matière noire - antimatière noire pour expliquer la dynamique des débuts de l'univers.

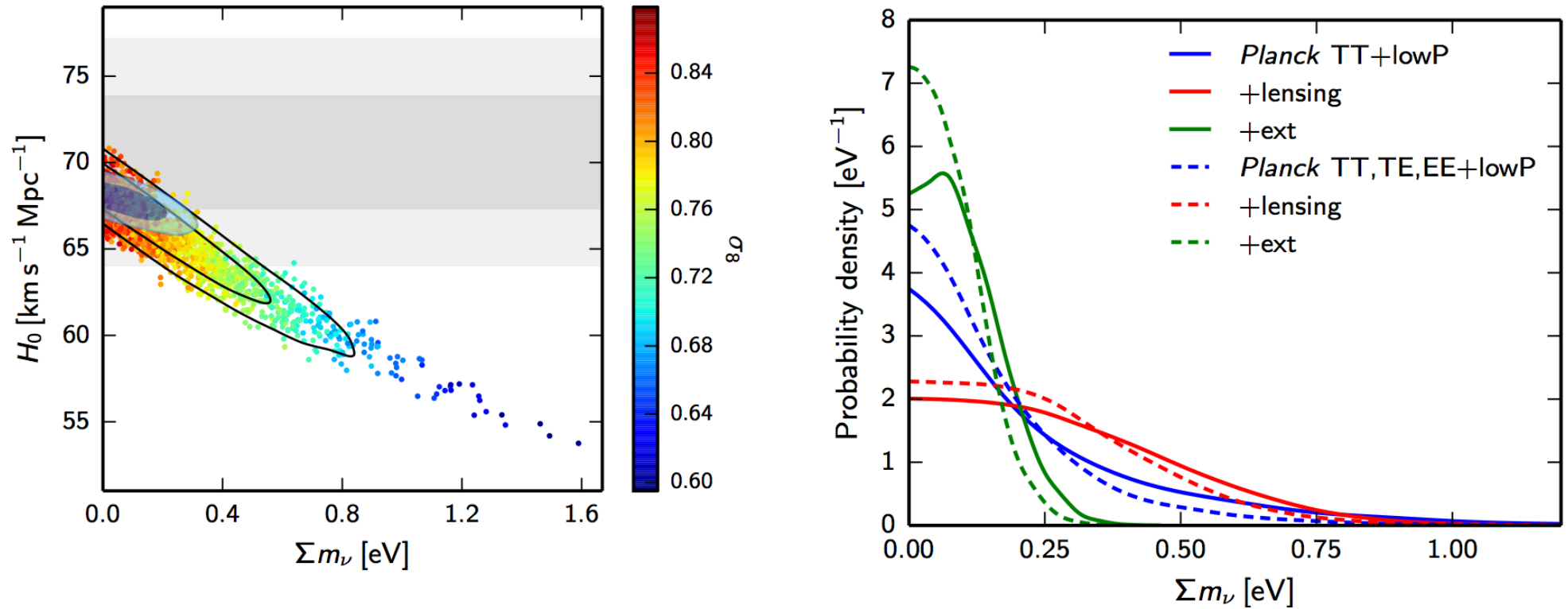
En effet, un tel mécanisme produirait une quantité d'énergie qui influencerait sur l'évolution du fluide lumière-matière, en particulier aux périodes proches de l'émission du rayonnement fossile. Or, les observations les plus récentes n'en portent pas la trace.

**Planck is consistent with no DM annihilation**



**Simplest DM interpretation of  
cosmic ray excesses is excluded**

# neutrinos – 2015



spectrum. The *Planck* power spectrum (95 %) constraints are

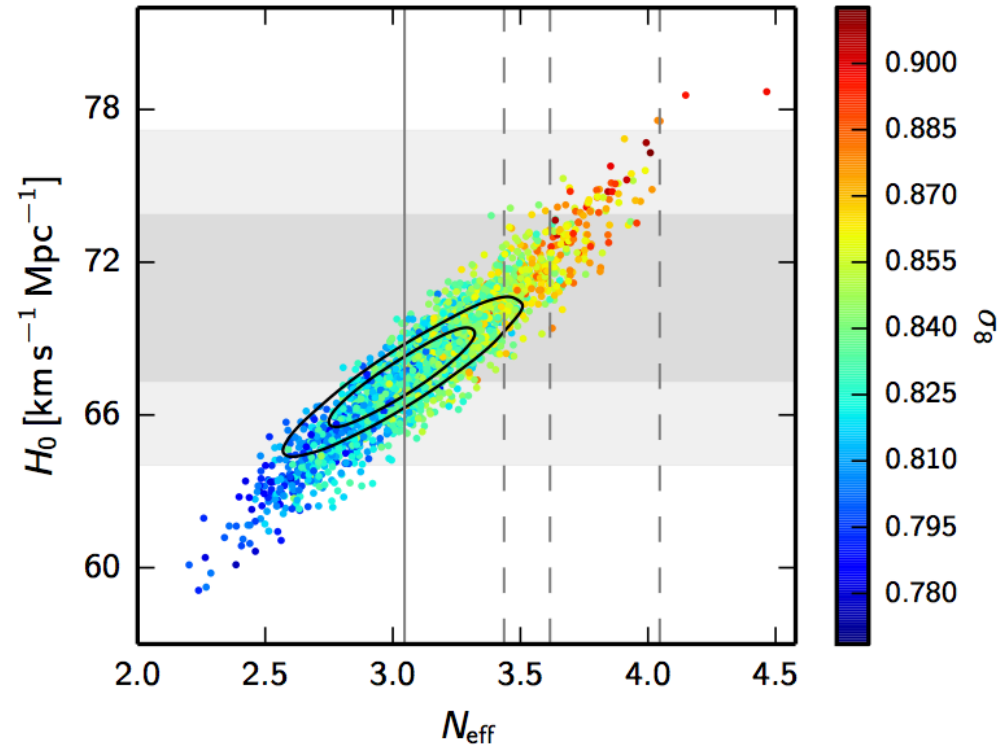
$$\sum m_\nu < 0.72 \text{ eV} \quad \textit{Planck} \text{ TT+lowP}; \quad (54a)$$

$$\sum m_\nu < 0.21 \text{ eV} \quad \textit{Planck} \text{ TT+lowP+BAO}; \quad (54b)$$

$$\sum m_\nu < 0.49 \text{ eV} \quad \textit{Planck} \text{ TT, TE, EE+lowP}; \quad (54c)$$

$$\sum m_\nu < 0.17 \text{ eV} \quad \textit{Planck} \text{ TT, TE, EE+lowP+BAO}. \quad (54d)$$

# neutrinos – 2015

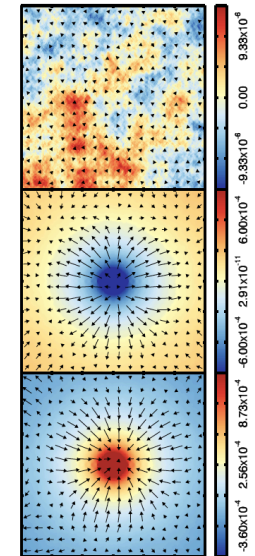
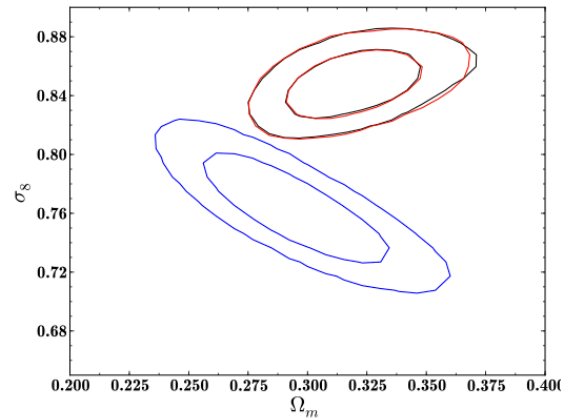
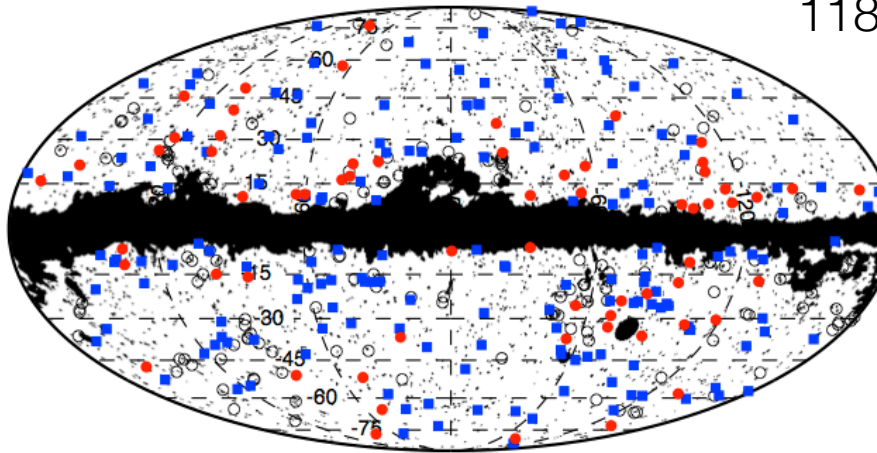


**Fig. 31.** Samples from *Planck* TT+lowP chains in the  $N_{\text{eff}}-H_0$  plane, colour-coded by  $\sigma_8$ . The grey bands show the constraint  $H_0 = (70.6 \pm 3.3) \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  of Eq. (30). Note that higher  $N_{\text{eff}}$  brings  $H_0$  into better consistency with direct measurements, but increases  $\sigma_8$ . Solid black contours show the constraints from *Planck* TT,TE,EE+lowP+BAO. Models with  $N_{\text{eff}} < 3.046$  (left of the solid vertical line) require photon heating after neutrino decoupling or incomplete thermalization. Dashed vertical lines correspond to specific fully-thermalized particle models, for example one additional massless boson that decoupled around the same time as the neutrinos ( $\Delta N_{\text{eff}} \approx 0.57$ ), or before muon annihilation ( $\Delta N_{\text{eff}} \approx 0.39$ ), or an additional sterile neutrino that decoupled around the same time as the active neutrinos ( $\Delta N_{\text{eff}} \approx 1$ ).



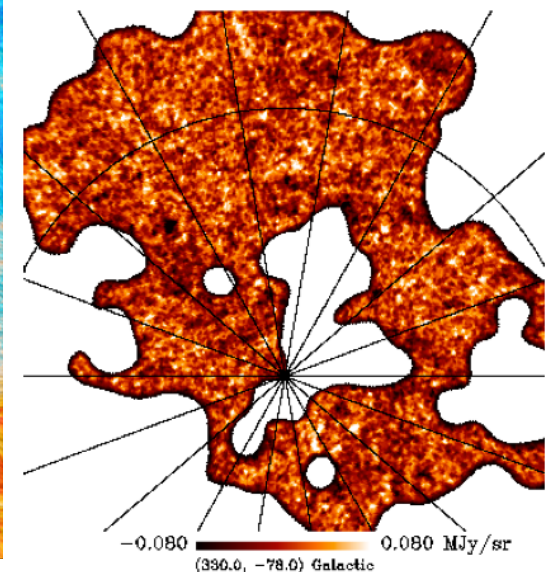
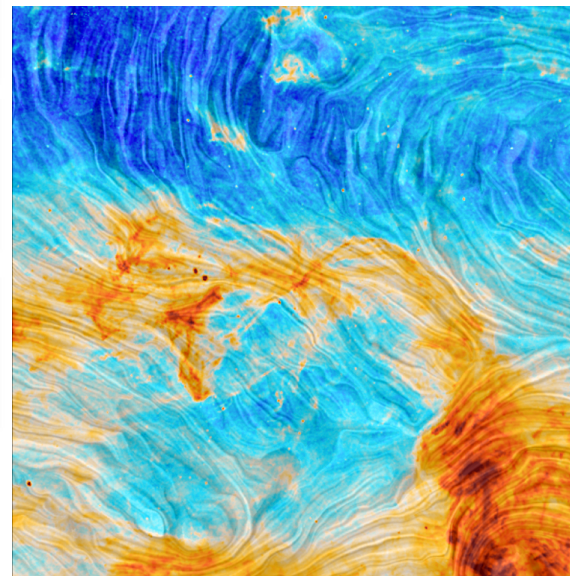
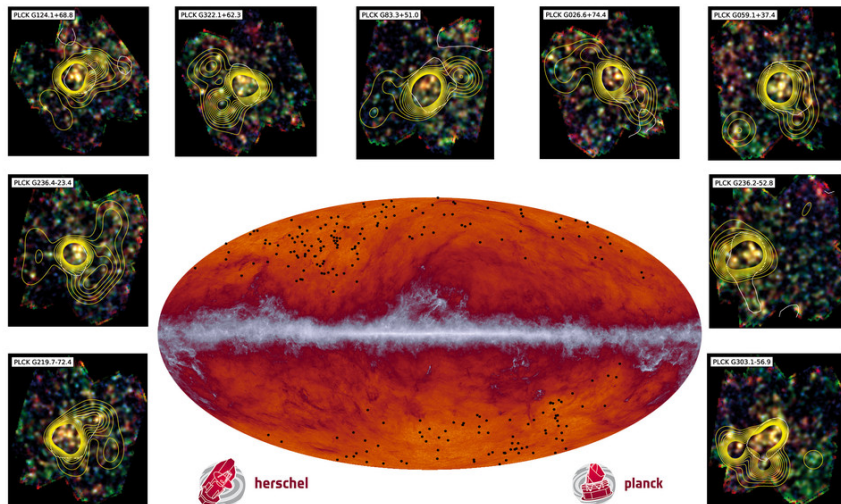
# Planck a irrigué de nombreux domaines

118 articles, plus de 11000 citations (2010-oct2015)



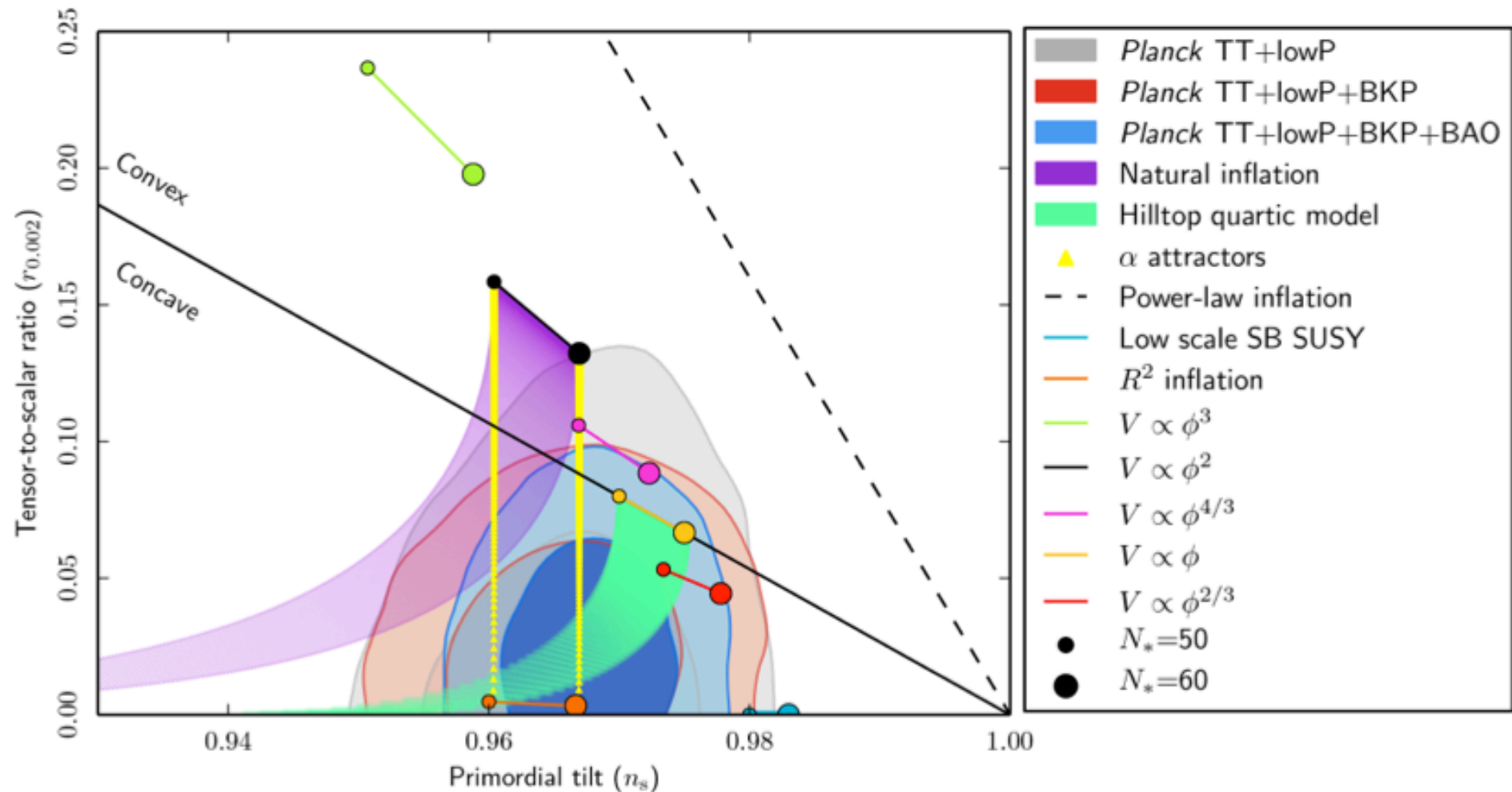
**Fig. 11.** 2D  $\Omega_m$ - $\sigma_8$  likelihood contours for the analysis with *Planck* CMB only (red); *Planck* SZ + BAO + BBN (blue); and the combined *Planck* CMB + SZ analysis where the bias  $(1 - b)$  is a free parameter (black).

→ Herschel and Planck proto-cluster candidates 





# le futur: polarisation



**Fig.54.** Marginalized joint 68 % and 95 % CL regions for  $n_s$  and  $r_{0.002}$  from *Planck* alone and in combination with its cross-correlation with BICEP2/Keck Array and/or BAO data compared with the theoretical predictions of selected inflationary models.

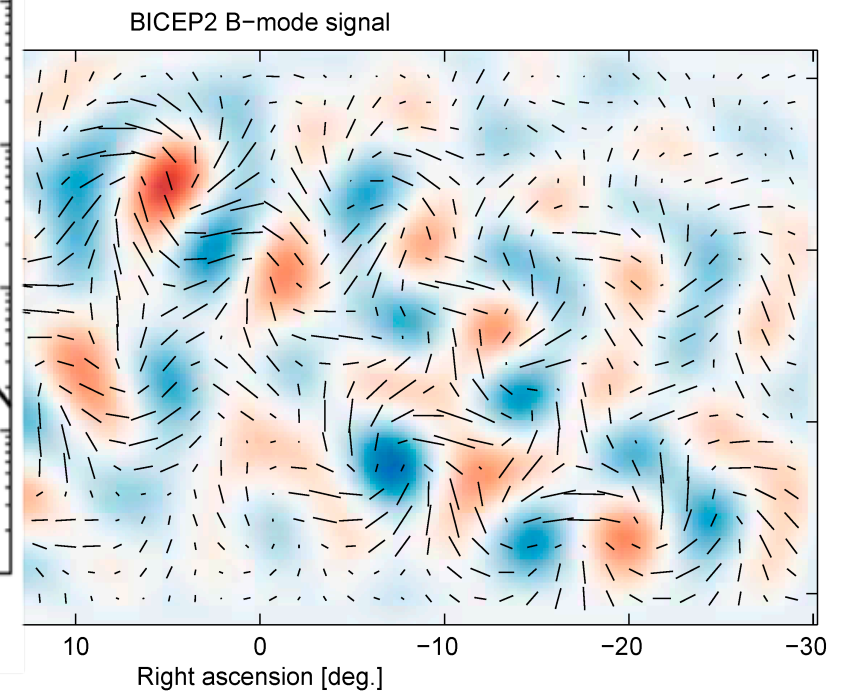
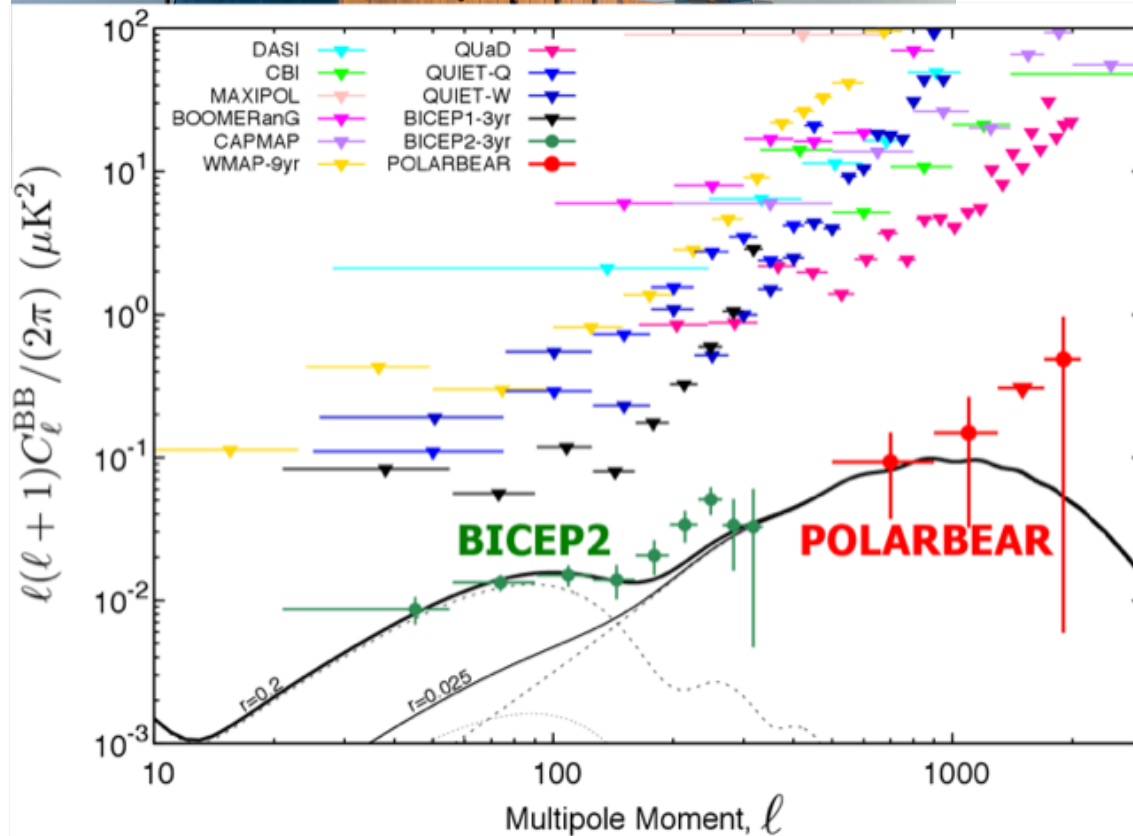
cosmic inflation  $< 10^{-35}$  second

Planck 2015, 20

# le futur: polarisation



détection des modes B primordiaux ?  
un débat vif !



le futur: polarisation

The Washington Post

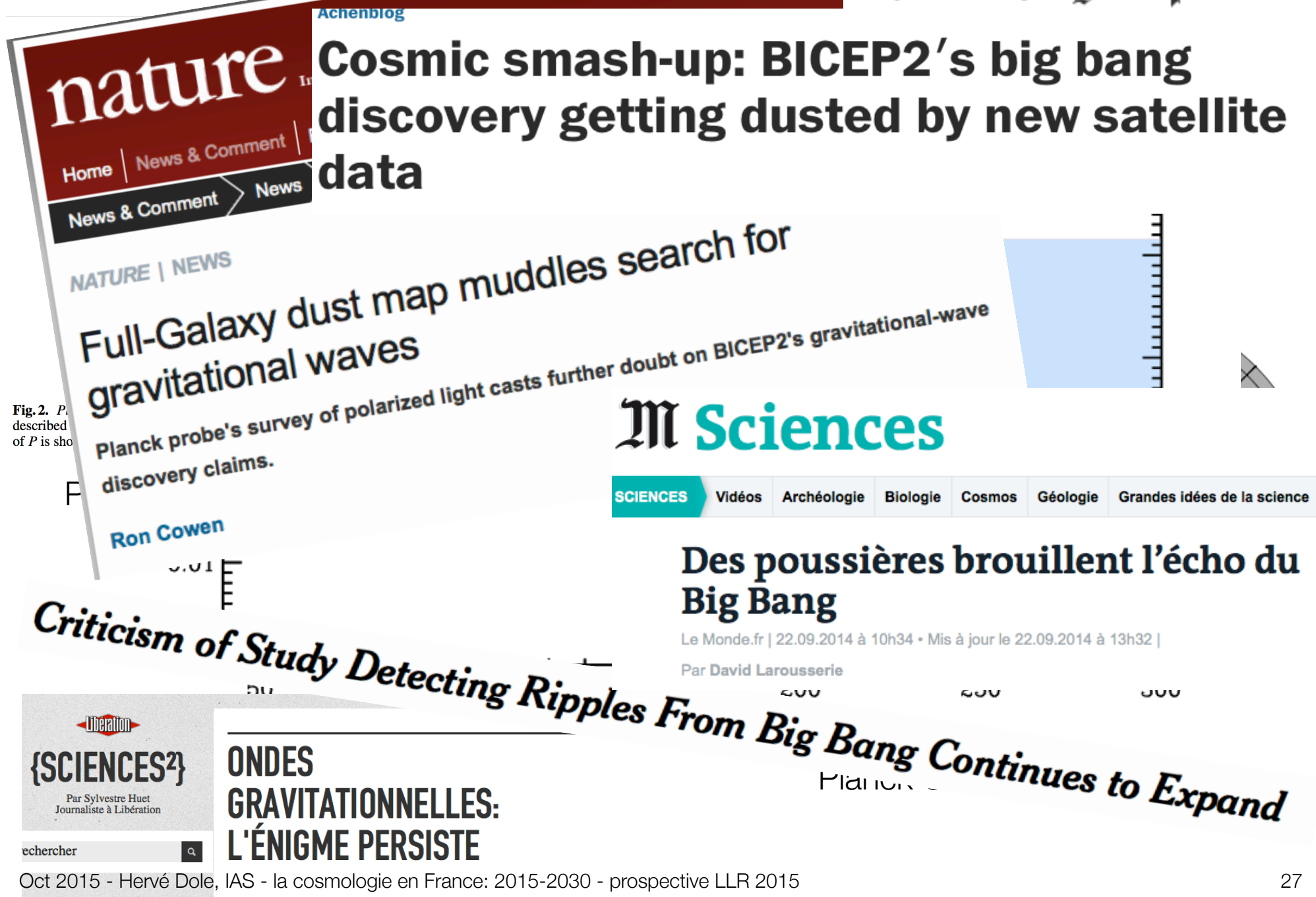


Fig. 2.  $P$  described of  $P$  is sho

# 5. Objectifs scientifiques, science et projets

## Question scientifique

- Univers primordial
  - Inflation, conditions initiales
- Physique fondamentale
  - Test RG, variations cstes
- Dark Energy
- Dark Matter
- Réionisation
- Grandes structures
- Rayonnements

## Observable

- CMB Température
- CMB Polarisation

### Relevés systématiques de galaxies: visible/NIR

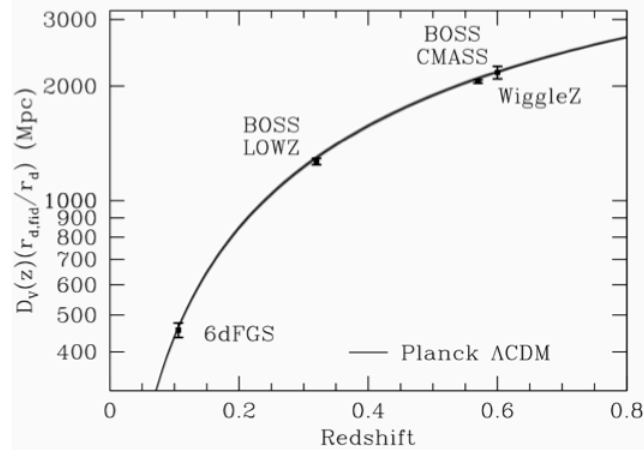
- BAO, RSD, weak lensing, SN
- Imagerie ou spectroscopie

- Relevés radio
- Observations X, gamma
- Relevés profonds dédiés
- Observations dédiées

# Baryonic Acoustic Oscillations

## BAO in Correlation Function

### Isotropic BAO results

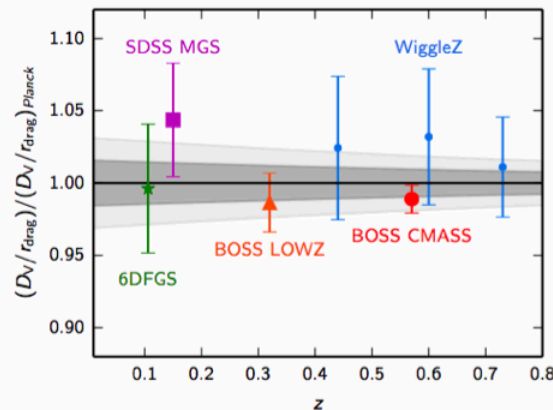


- BAO scales perfectly consistent with Planck 2015

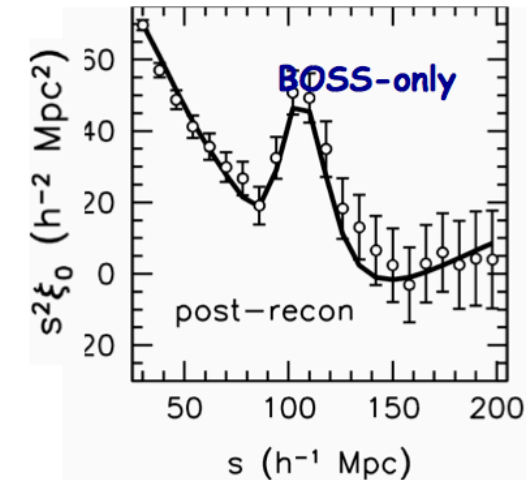
- Combine transverse and longitudinal direction with

$$D_V = (cz \cdot H(z)^{-1} \cdot (1+z)^2 D_A(z)^2)^{1/3}$$

- New "Hubble" diagram with BAO like SNIa with  $D_V/r_s$



Planck 2015. XIII. cosmological parameters.



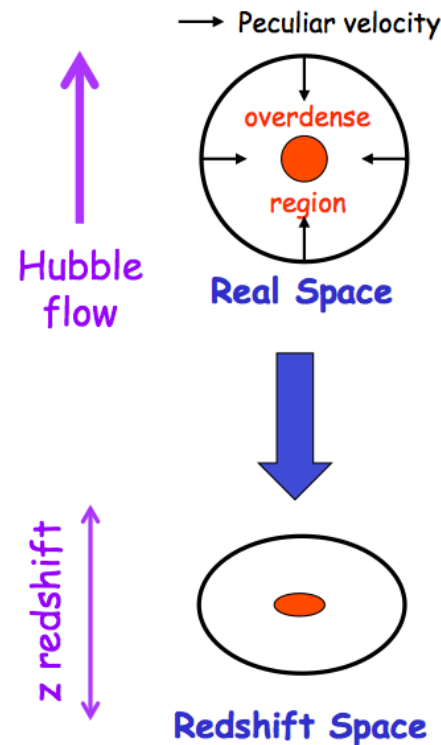
L. Anderson (alphabetical) et al.,  
MNRAS 441, 24 (2014)

Courtesy Christophe Yèche



# Redshift Space Distortions RSD

## Large-scale Redshift Space Distortions



- Acceleration toward overdense regions
- Flattening in radial direction from real space to redshift space (over tens Mpc)
- Allow us to measure action of gravitation (5-40 Mpc) at cosmological distance (Gpc)

- Distortions are quantitatively measured by multi-poles decomposition

$$\xi(r, \cos(\theta)) = \sum_{\ell=0,2,4,\dots} b^2 C_{\ell} \xi(r) P_{\ell}(\cos(\theta))$$

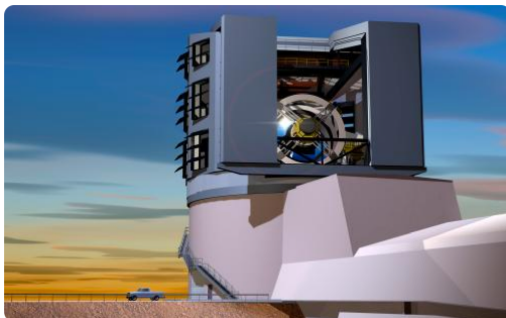
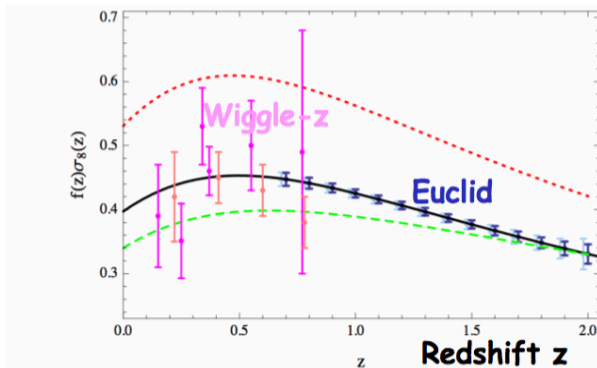
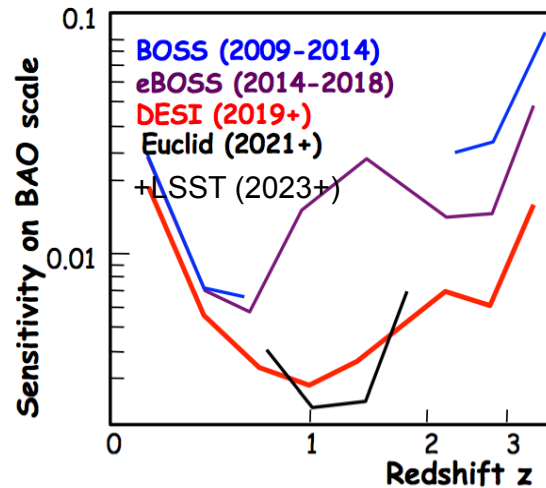
- $P_{\ell}$ : Legendre polynomials
- $\theta$  angle between pair vector and LoS
- $b$  linear galaxy bias

*N. Kaiser, MNRAS 227, 1 (1987)*

6

Courtesy Christophe Yèche

# BAO forecasts

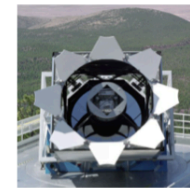


## *Euclid performances*

### *BAO and RSD Roadmap*

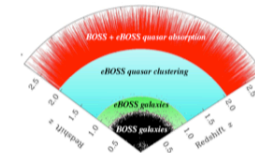
#### BOSS → 2015

- BAO, a well established method
- BAO with Ly- $\alpha$  forests



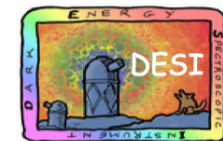
#### eBOSS 2014-2020

- Exploring unknown Universe:  
Dark matter → Dark energy
- DESI precursor (target selection)



#### DESI 2019-2024

- BAO : One order of magnitude better.
- Participation of INSU and Irfu to instrument construction.



#### Euclid 2021-2027

- RSD : best project with 50M galaxies.
- Strong French participation



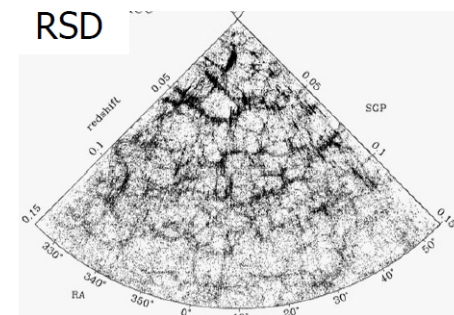
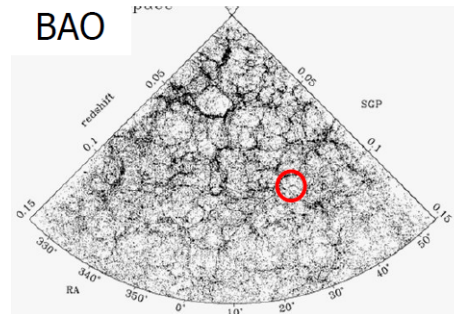
#### +LSST: 2023-

Courtesy Christophe Yèche

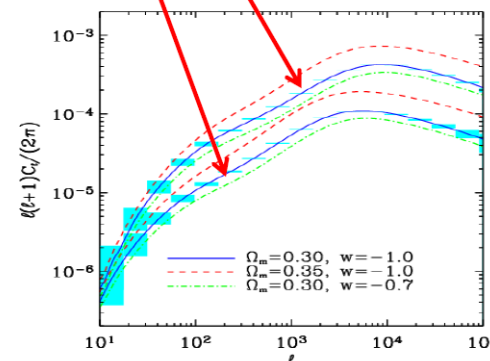
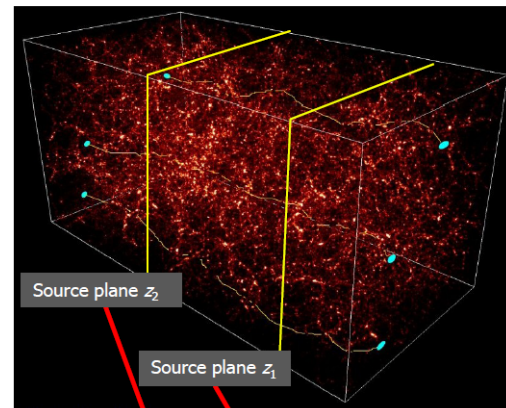
# Les grands projets de la décennie

BAO, RSD and WL over 15,000 deg<sup>2</sup>

50 million galaxies with redshifts



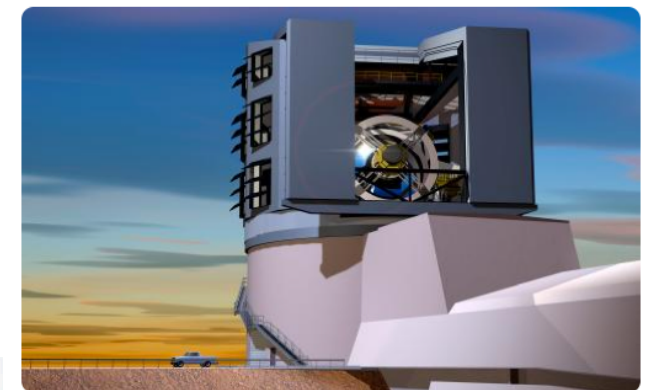
1.5 billion sources with shapes, 10 slices



Euclid

Lancement: Q4 2020

LSST: Q1 2023



## LSST Project Schedule



Limitations: couverture spectrale large et spectroscopique

# 5. Objectifs scientifiques, science et projets

## Question scientifique

- Univers primordial
  - Inflation, conditions initiales
- Physique fondamentale
  - Test RG, variations cstes
- Dark Energy
- Dark Matter
- Réionisation
- Grandes structures
- Rayonnements

## Observable

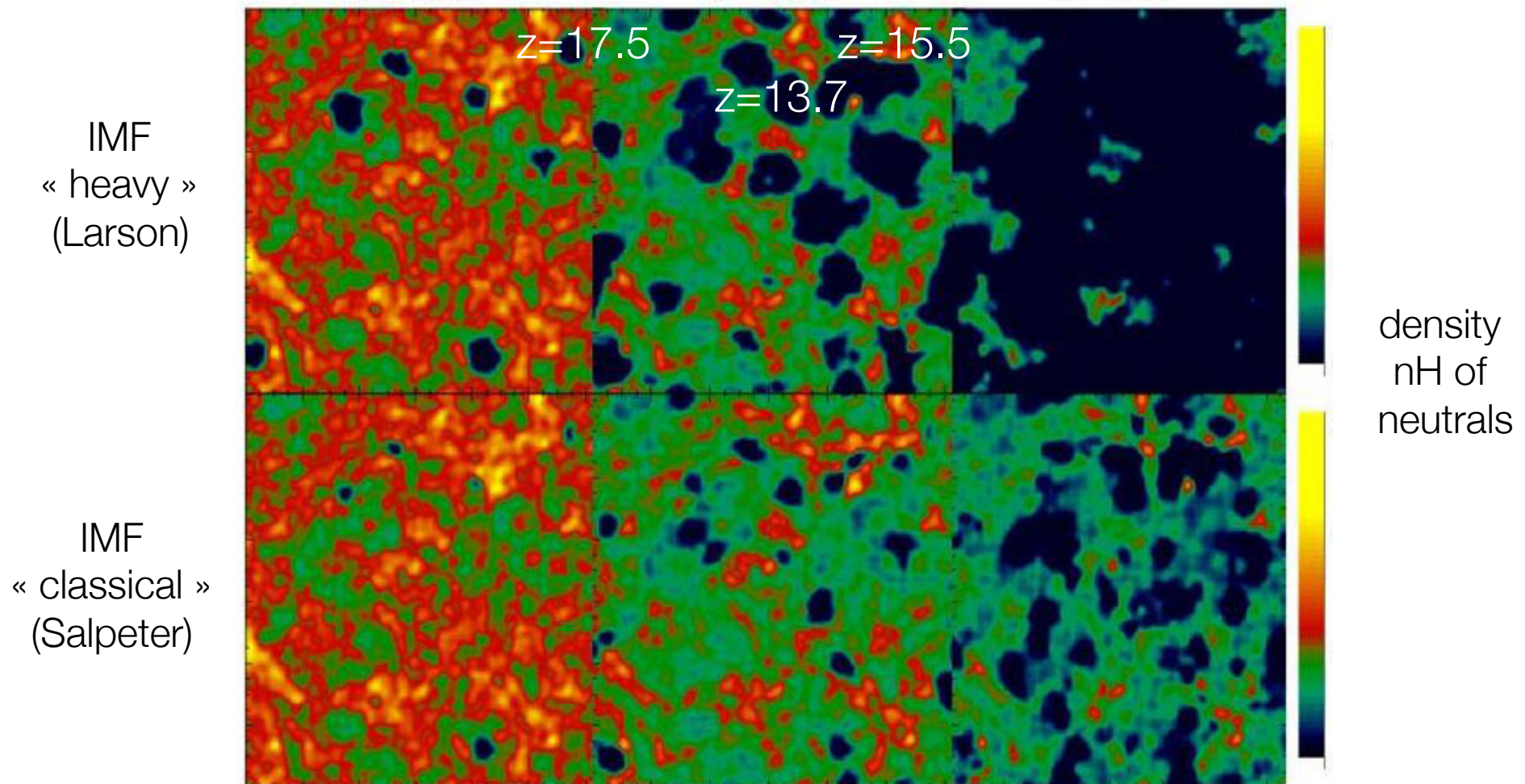
- CMB Température
- CMB Polarisation
- Relevés systématiques de galaxies: visible/NIR
  - BAO, RSD, weak lensing, SN
  - Imagerie ou spectroscopie
- Relevés radio
- Observations X, gamma
- Relevés profonds dédiés
- Observations dédiées



# Relevés radio: réionisation (et BAO)

- challenge
  - understanding of the first sources

Contexte LOFAR, SKA

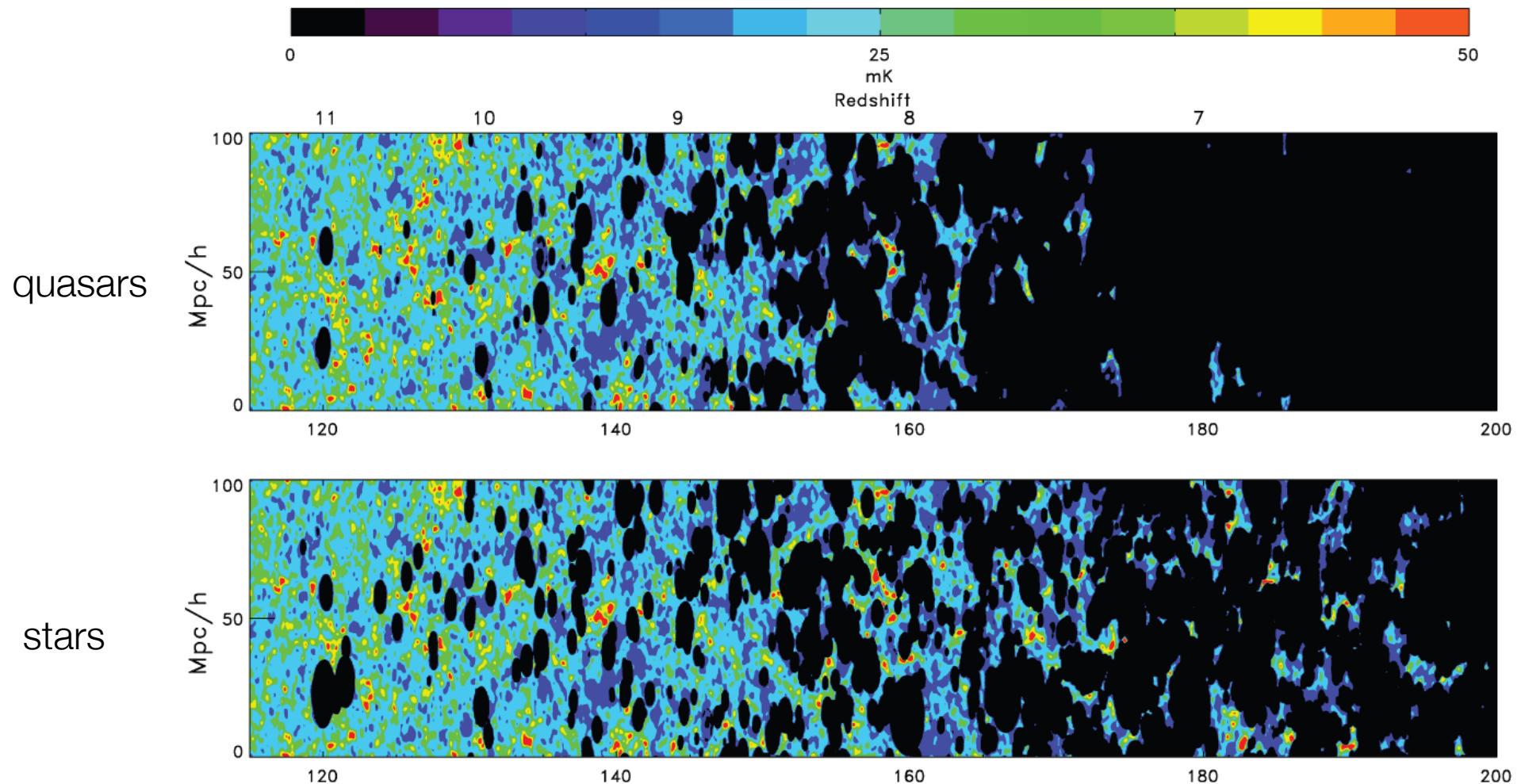




# Relevés radio: réionisation (et BAO)

- challenge
  - understanding of the first sources

Contexte LOFAR, SKA



# 5. Objectifs scientifiques, science et projets

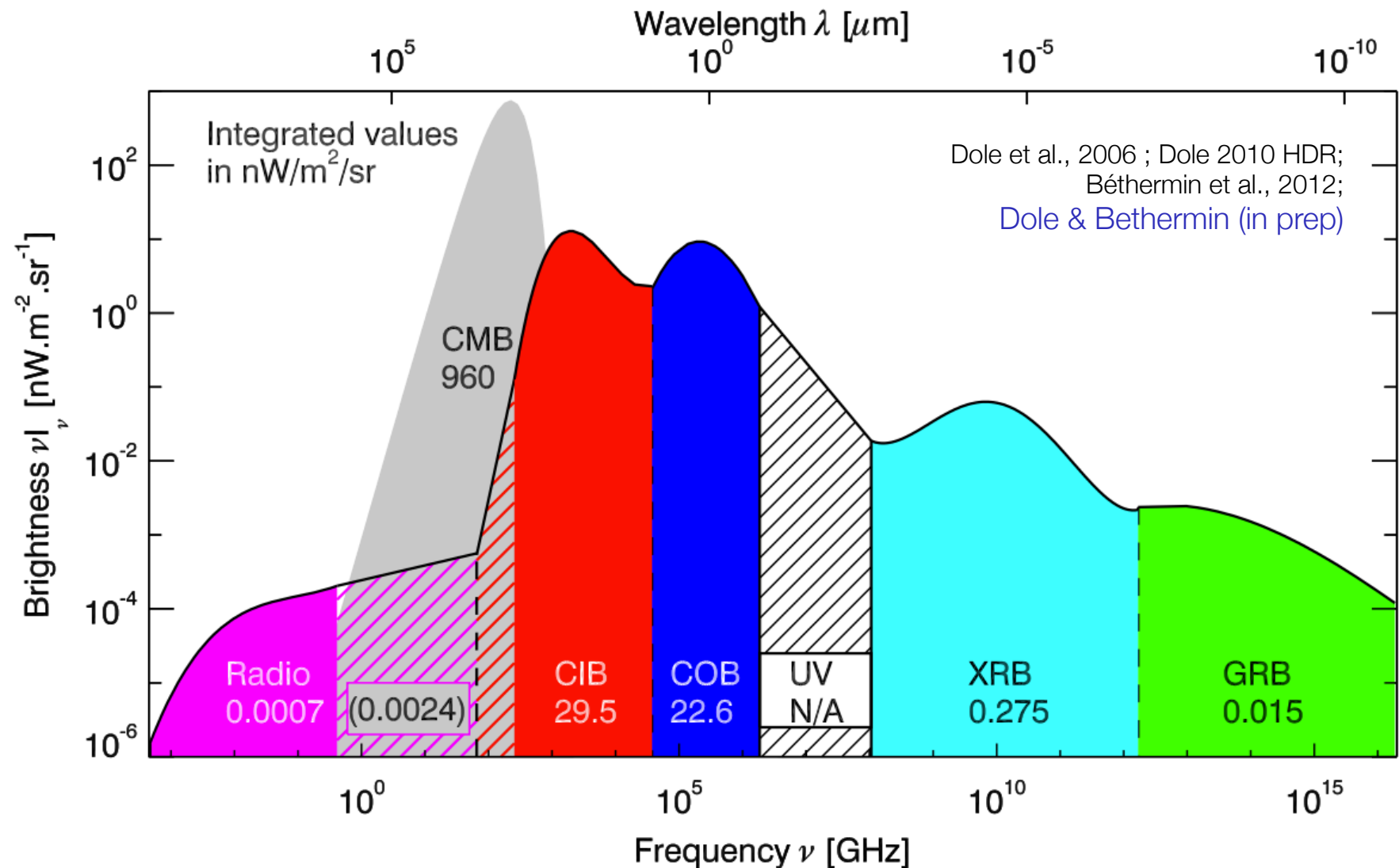
## Question scientifique

- Univers primordial
  - Inflation, conditions initiales
- Physique fondamentale
  - Test RG, variations cstes
- Dark Energy
- Dark Matter
- Réionisation
- Grandes structures
- Rayonnements

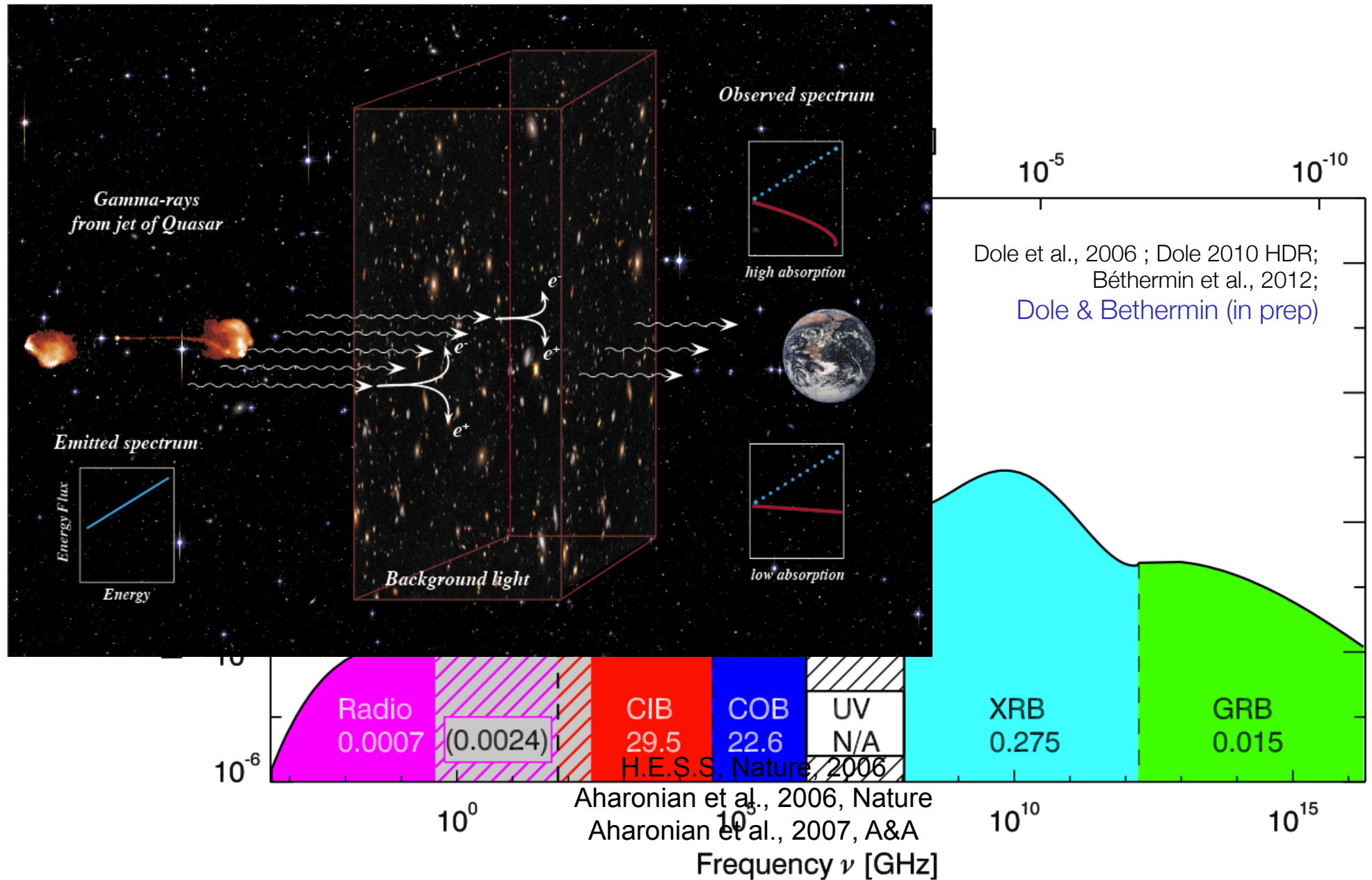
## Observable

- CMB Température
- CMB Polarisation
- Relevés systématiques de galaxies: visible/NIR
  - BAO, RSD, weak lensing, SN
  - Imagerie ou spectroscopie
- Relevés radio
- Observations X, gamma
- Relevés profonds dédiés
- Observations dédiées

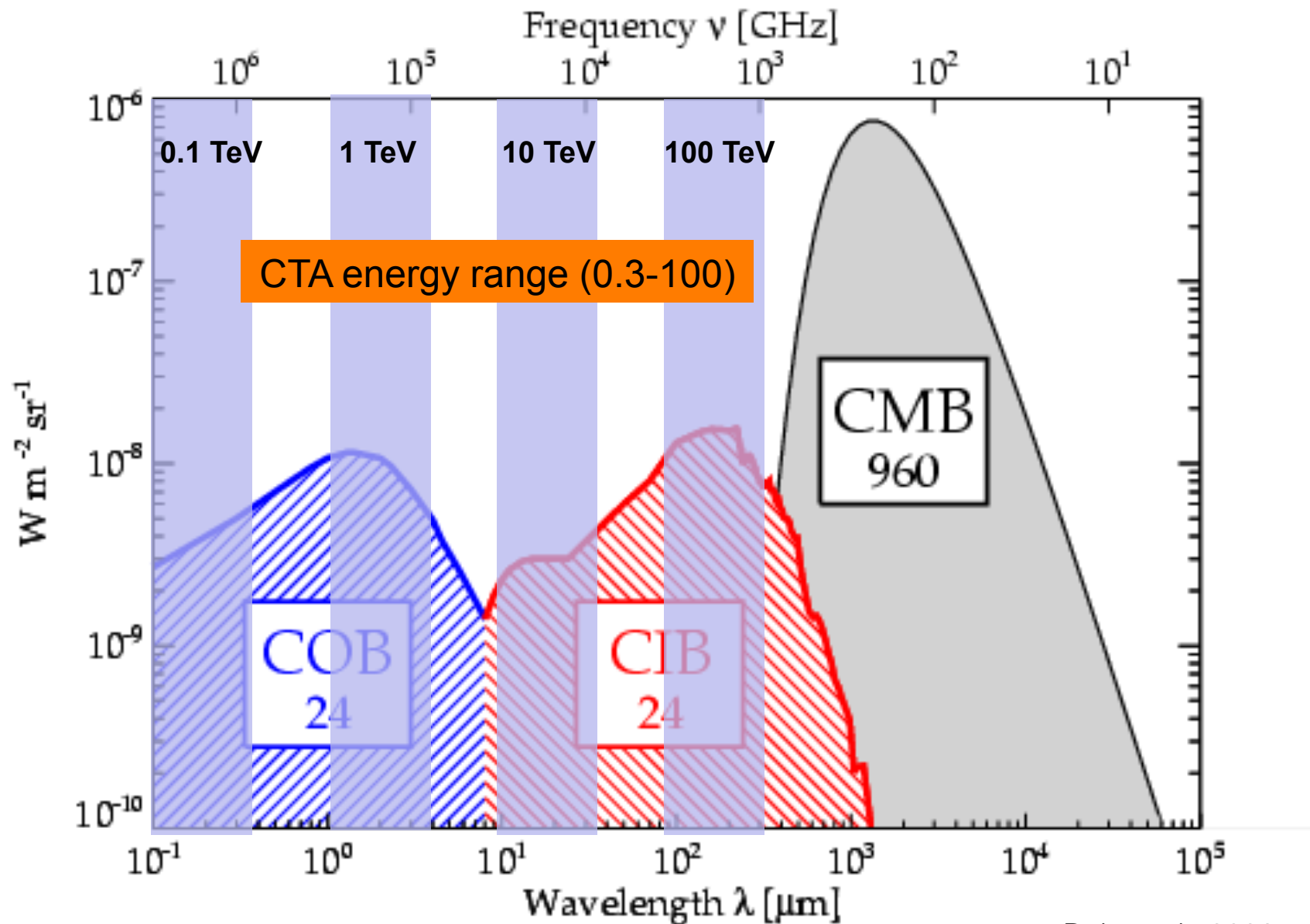
# Le ciel énergétique X et gamma



# Le ciel énergétique



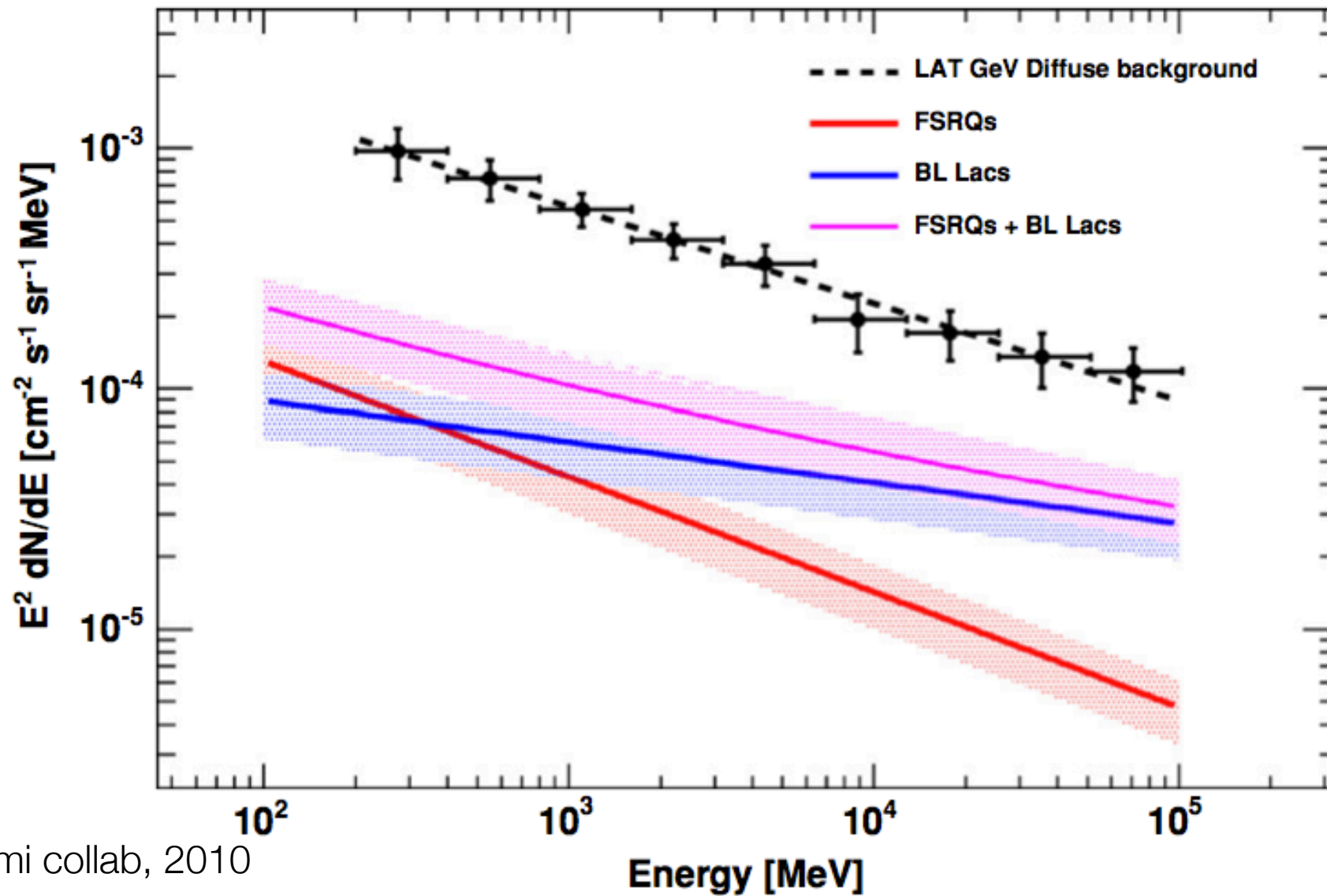
# implications for TeV opacity



Dole et al., 2006

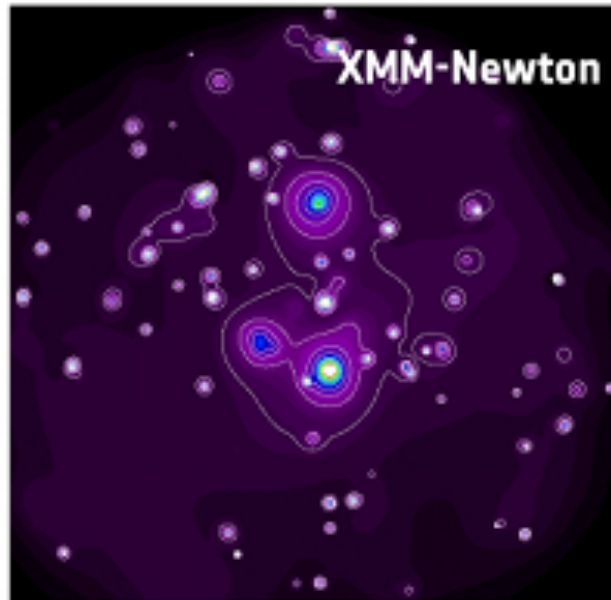
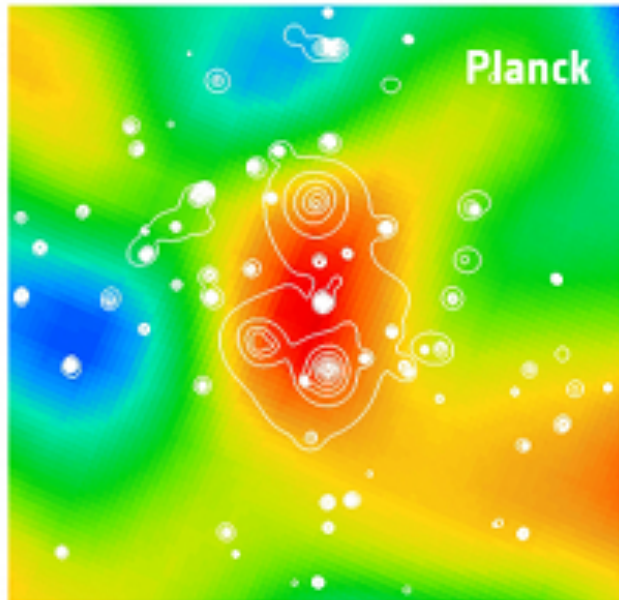


# EGB – Fermi – by source type

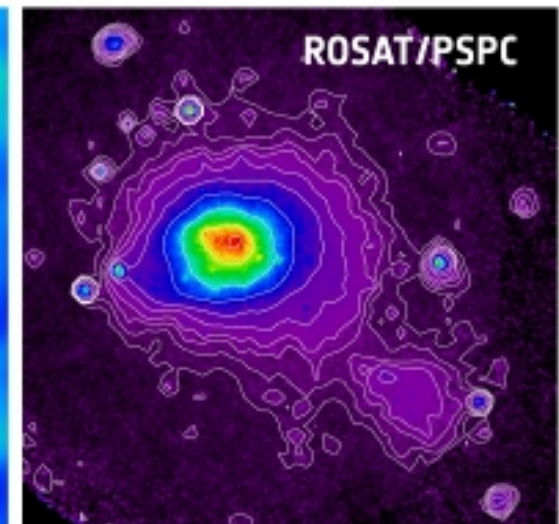
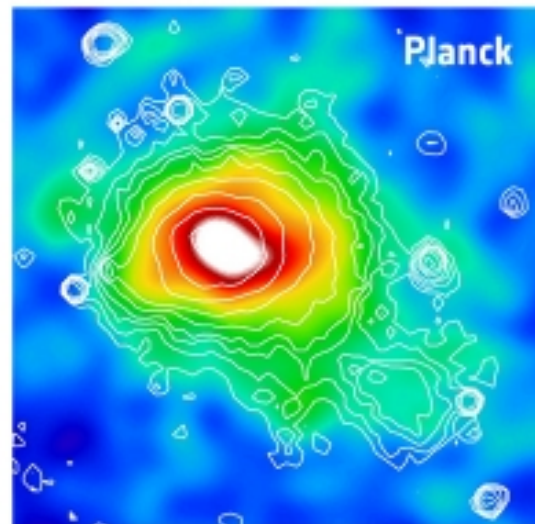


Fermi collab, 2010

# Grandes structures



XMM (ESA),  
Chandra (NASA)  
Athena (ESA) 2028



# 5. Objectifs scientifiques, science et projets

## Question scientifique

- Univers primordial
  - Inflation, conditions initiales
- Physique fondamentale
  - Test RG, variations cstes
- Dark Energy
- Dark Matter
- Réionisation
- Grandes structures
- Rayonnements

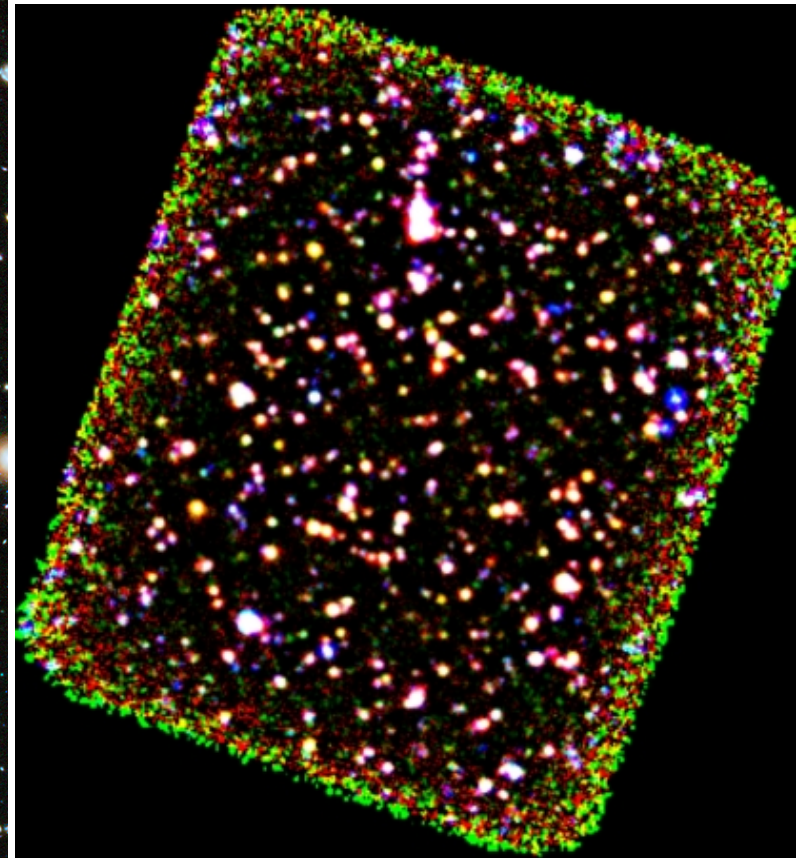
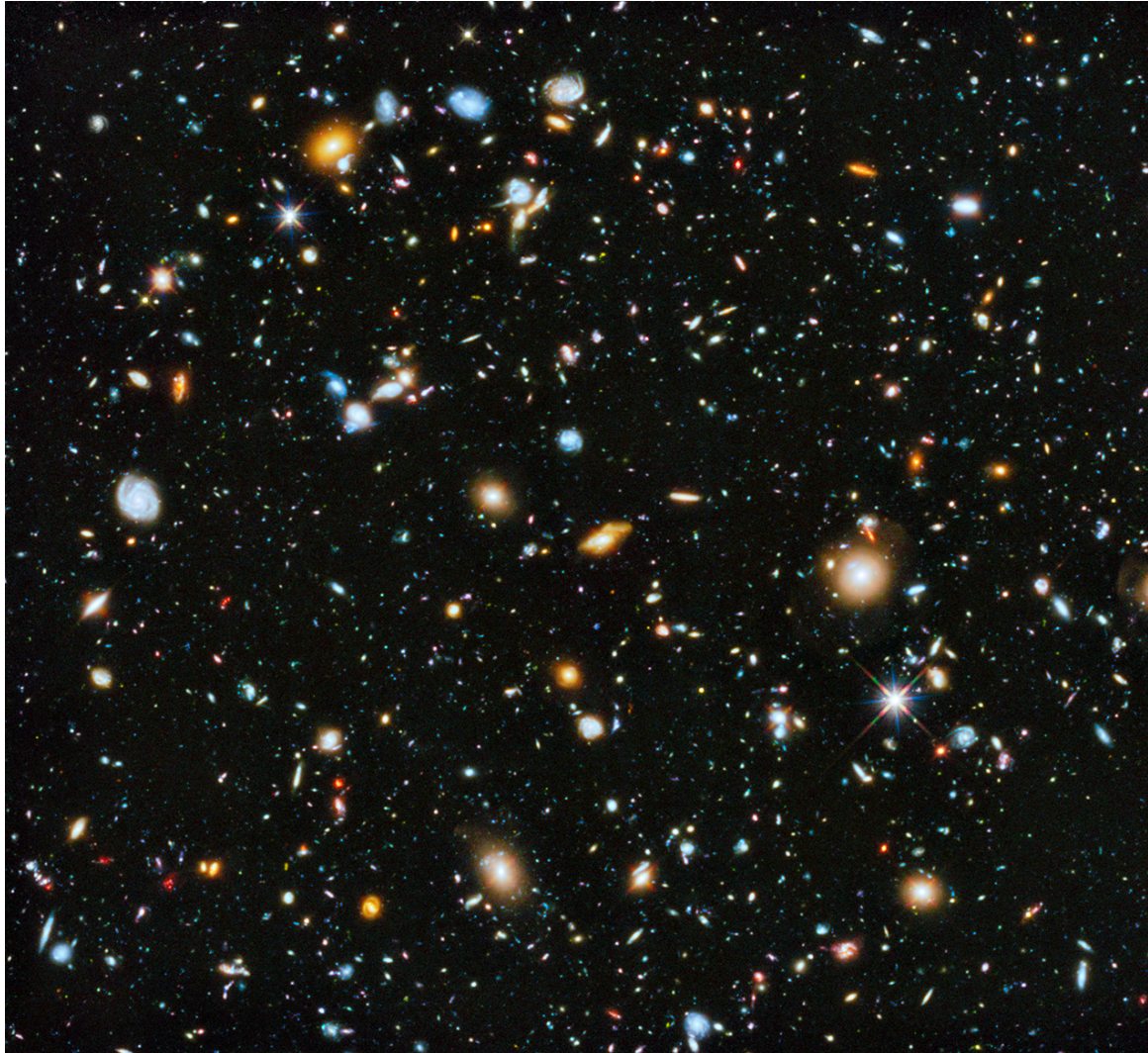
## Observable

- CMB Température
- CMB Polarisation
- Relevés systématiques de galaxies: visible/NIR
  - BAO, RSD, weak lensing, SN
  - Imagerie ou spectroscopie
- Relevés radio
- Observations X, gamma
- Relevés profonds dédiés
- Observations dédiées



# Relevés profond dédiés

Ici Hubble et Herschel, mais aussi Spitzer, ALMA et bientôt JWST (2018), WFIRST



# 5. Objectifs scientifiques, science et projets

## Question scientifique

- Univers primordial
  - Inflation, conditions initiales
- Physique fondamentale
  - Test RG, variations cstes
- Dark Energy
- Dark Matter
- Réionisation
- Grandes structures
- Rayonnements

## Observable

- CMB Température
- CMB Polarisation
- Relevés systématiques de galaxies: visible/NIR
  - BAO, RSD, weak lensing, SN
  - Imagerie ou spectroscopie
- Relevés radio
- Observations X, gamma
- Relevés profonds dédiés

Observations dédiées





# Observations dédiées

Uv/vis/mm/radio: molécules à grand redshift

A&A 526, L7 (2011)

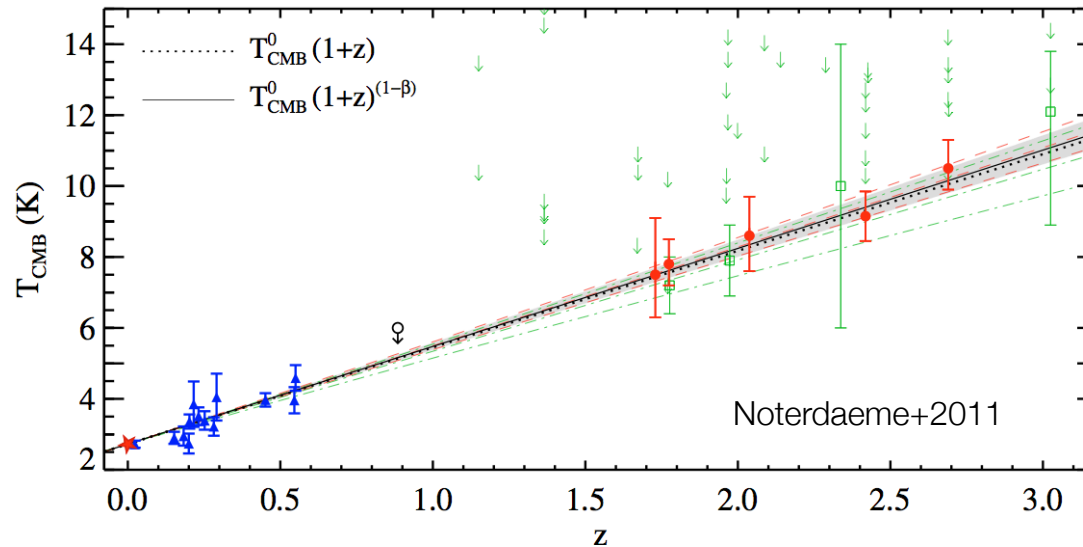


Fig. 4. Black-body temperature of the cosmic microwave background radiation as a function of redshift. The star represents the me

Variation des constantes fondamentales, lien avec DE

of the fundamental constants provided results which are consistent with a null variation of the fine structure constant  $\alpha$  and of the proton-to-electron mass ratio  $\mu$ . Namely:

$$\Delta\alpha/\alpha = +1.3 \pm 2.4_{stat} \pm 1.0_{sys} \text{ ppm}$$

and

$$\Delta\mu/\mu = -7.6 \pm 8.1_{stat} \pm 6.3_{sys} \text{ ppm}$$

Bonifacio+2014

# résumé de l'implication FR selon PNCG

**Tableau 1 :** projets à implication française de fort intérêt pour le PNCG d'ici 2030 et leurs priorités (P0, P1, P2)

| Type de projet                     | CMB                                                                                                                                                                                                              | Epoque de la réionisation et premiers objets | Gaz intra-amas et AGN      | ISM, dynamique du gaz, formation d'étoiles dans les galaxies | Grandes structures et énergie noire : relevés grand champ                              | Evolution des populations de galaxies et des amas           | Archéologie et dynamique galactique                                        | Ondes gravitationnelles et détection de matière noire |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Projets Espace acceptés            | Planck                                                                                                                                                                                                           | JWST<br>SVOM                                 | XMM                        | Planck<br>XMM                                                | Euclid                                                                                 | Euclid<br>JWST<br>Planck<br>XMM                             | Gaia                                                                       | LISA-PF                                               |
| Projets Espace non encore acceptés | Expériences<br>Polarisation                                                                                                                                                                                      | Athena                                       | XMM <sup>†</sup><br>Athena | XMM <sup>†</sup><br>SPICA                                    |                                                                                        | XMM <sup>†</sup><br>Athena<br>SPICA                         |                                                                            | eLISA                                                 |
| Projets Sol financés               |                                                                                                                                                                                                                  | ALMA<br>LOFAR                                | LOFAR<br>Pre-SKA           | ALMA<br>VLT/VLTI (2 <sup>nd</sup> Gen)*<br>Pre-SKA<br>NIKA2  | DES<br>VST/VISTA<br>SDSS-III/IV<br>Subaru/PFS<br>MOONS<br>LSST <sup>#</sup><br>Pre-SKA | VST/VISTA<br>VLT<br>Subaru/PFS<br>MOONS<br>Pre-SKA<br>NIKA2 | VST/VISTA<br>VLT/VLTI (2 <sup>nd</sup> Gen)*<br>MOONS<br>LSST <sup>#</sup> | LHC<br>Pre-EURECA                                     |
| Projets Sol non encore financés    | Expériences<br>Polarisation                                                                                                                                                                                      | E-ELT <sup>†</sup><br>SKA<br>NenuFAR         | SKA<br>CTA                 | E-ELT <sup>†</sup><br>SKA<br>NOEMA<br>CCAT                   | NSLS<br>E-ELT <sup>†</sup><br>SKA<br>DESI<br>MSE                                       | E-ELT <sup>†</sup><br>SKA<br>WEAVE<br>CCAT<br>MSE           | WEAVE<br>E-ELT <sup>†</sup><br>MSE<br>4MOST                                | EURECA                                                |
| Simulations numériques             | Développement des simulations numériques et des modèles de formation et d'évolution des structures, en veillant à un juste équilibre entre activité générale et préparation et interprétation des grands relevés |                                              |                            |                                                              |                                                                                        |                                                             |                                                                            |                                                       |

# 6. forces et faiblesses

---

- Forces
  - Communauté structurée, active, dynamique, couvrant un large spectre thématique et méthodologique
  - Leadership international (e.g. CMB, simus DM, clusters) incontesté
    - Et TB visibilité de nos jeunes chercheurs/euses dans de grandes collabs
  - Capacité à proposer / mener des grands projets novateurs
  - Force / structuration du spatial (ESA) et sol
    - Centres d'expertise nationaux/régionaux
    - Moyens de calculs nationaux (CC-IN2P3)
  - Implication majeure dans certains projets
    - Euclid, LSST, CTA

# 6. forces et faiblesses

---

- Faiblesses
  - Manque de coordination nationale sur certains aspects
    - e.g. LSST et Euclid
  - Ecartèlement entre tutelles
    - IN2P3 vs INSU + CEA
    - Paris-Saclay: P2I vs SPU
  - Certains enjeux: absent ou minoritaire ou avenir incertain
    - e.g. CMB sol / polarisation ou BAO, RSD, weak lensing, SKA, SN
  - Potentiel technique en forte baisse ? R&D à « ressusciter » ?
  - Liens théorie-observations à renforcer ? Simus à valoriser ?



