

CMB@ijclab

Thèse + Stage (Superviseur Léo Vacher, Co-Supervision Clément Leloup)

leo.vacher.ijclab@gmail.com

Universe Timeline

10^{-32} seconds

1 second

100 seconds

380 000 years

300–500 million years

Billions of years

13.8 billion years

Beginning
of the
Universe



Inflation

Accelerated expansion
of the Universe

Formation of light and matter

Light and matter are coupled

Dark matter evolves
independently: it starts
clumping and forming
a web of structures

Light and matter separate

- Protons and electrons
form atoms
- Light starts travelling
freely: it will become the
Cosmic Microwave
Background (CMB)

Dark ages

Atoms start feeling
the gravity of the
cosmic web of dark
matter

First stars

The first stars and
galaxies form in the
densest knots of the
cosmic web

Galaxy evolution

The present Universe

Universe Timeline

10⁻³² seconds

1 second

100 seconds

380 000 years

300–500 million years

Billions of years

13.8 billion years

Beginning
of the
Universe



Inflation

Accelerated expansion
of the Universe

Formation of light and matter

Light and matter are coupled

Dark matter evolves
independently: it starts
clumping and forming
a web of structures

Light and matter separate

- Protons and electrons
form atoms
- Light starts travelling
freely: it will become the
Cosmic Microwave
Background (CMB)

Dark ages

Atoms start feeling
the gravity of the
cosmic web of dark
matter

First stars

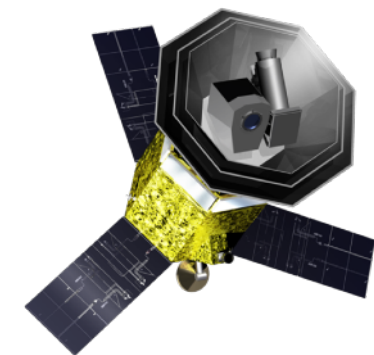
The first stars and
galaxies form in the
densest knots of the
cosmic web

Galaxy evolution

The present Universe



+



Litebird

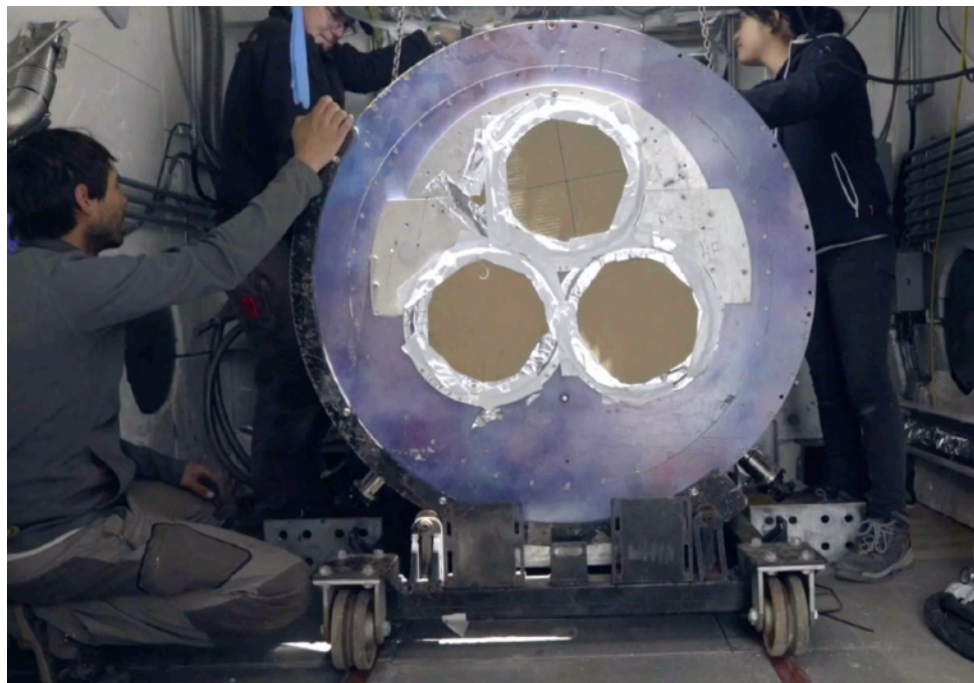
Large Aperture Telescope Receiver



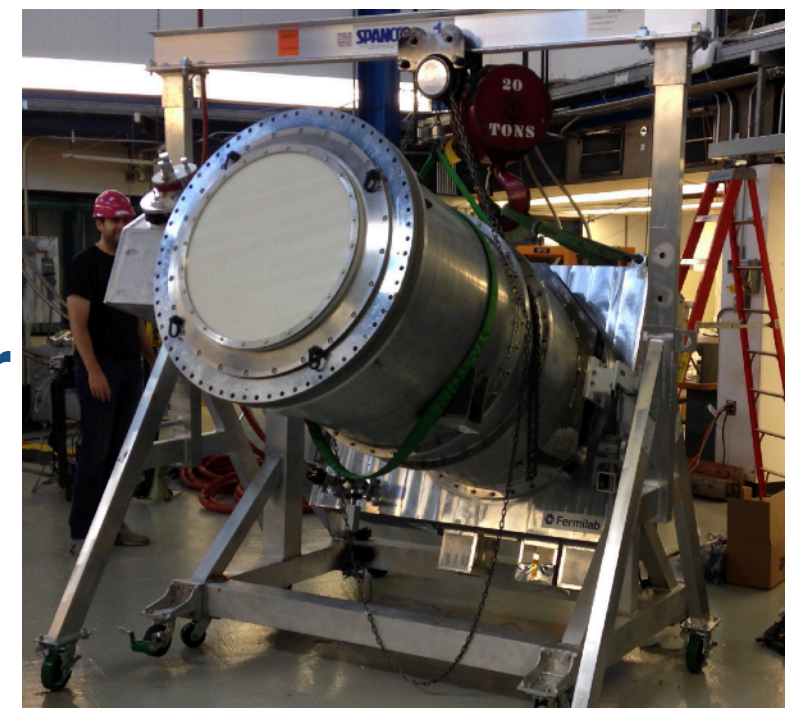
2.4 m in diameter, can host a total of
60 000 detectors in 13 optics tubes



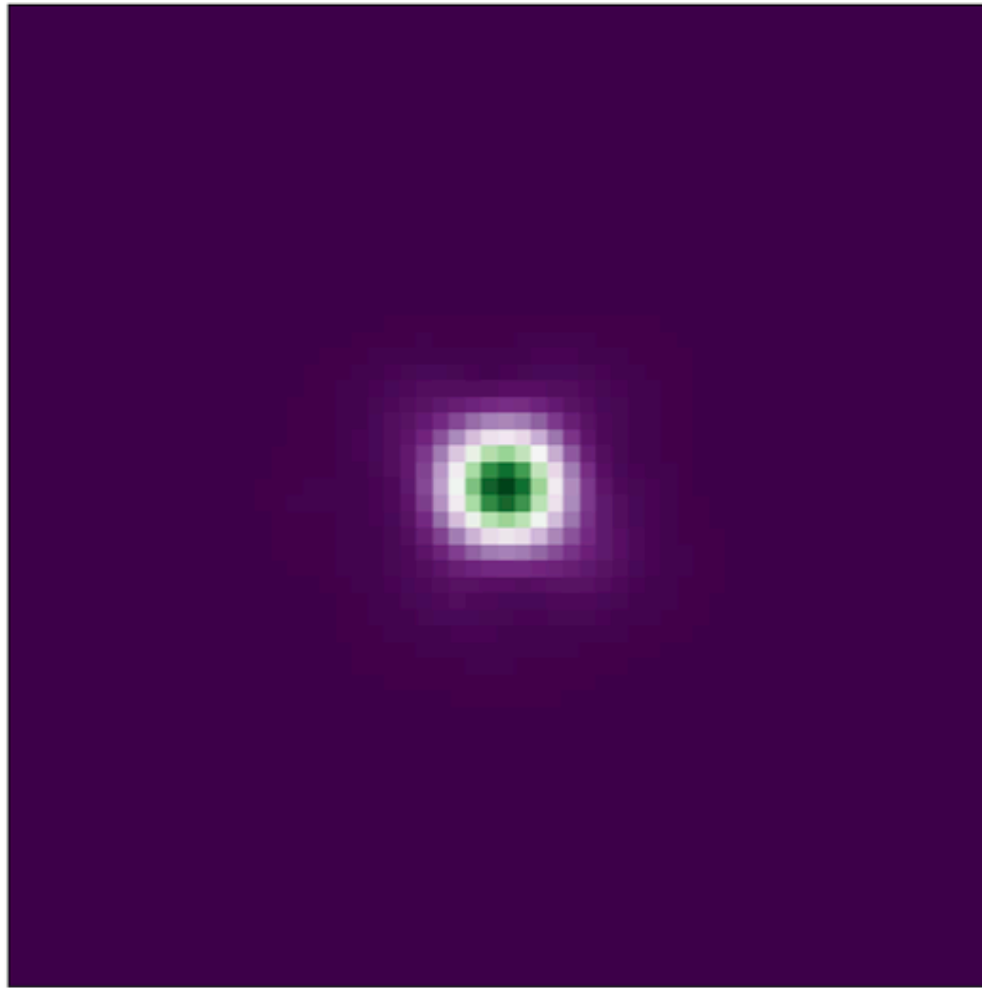
**ACT
Receiver**



**SPT-3G
Receiver**



Large Aperture Telescope – First Light February 2025!



24,000 + Detectors on the Sky.

- Mirrors not yet aligned/focused.
- Signal to Noise of 4000+ per detector.
- 640 detectors used the Mars map.
- CMB maps are already being made.





Deux volets de la thèse

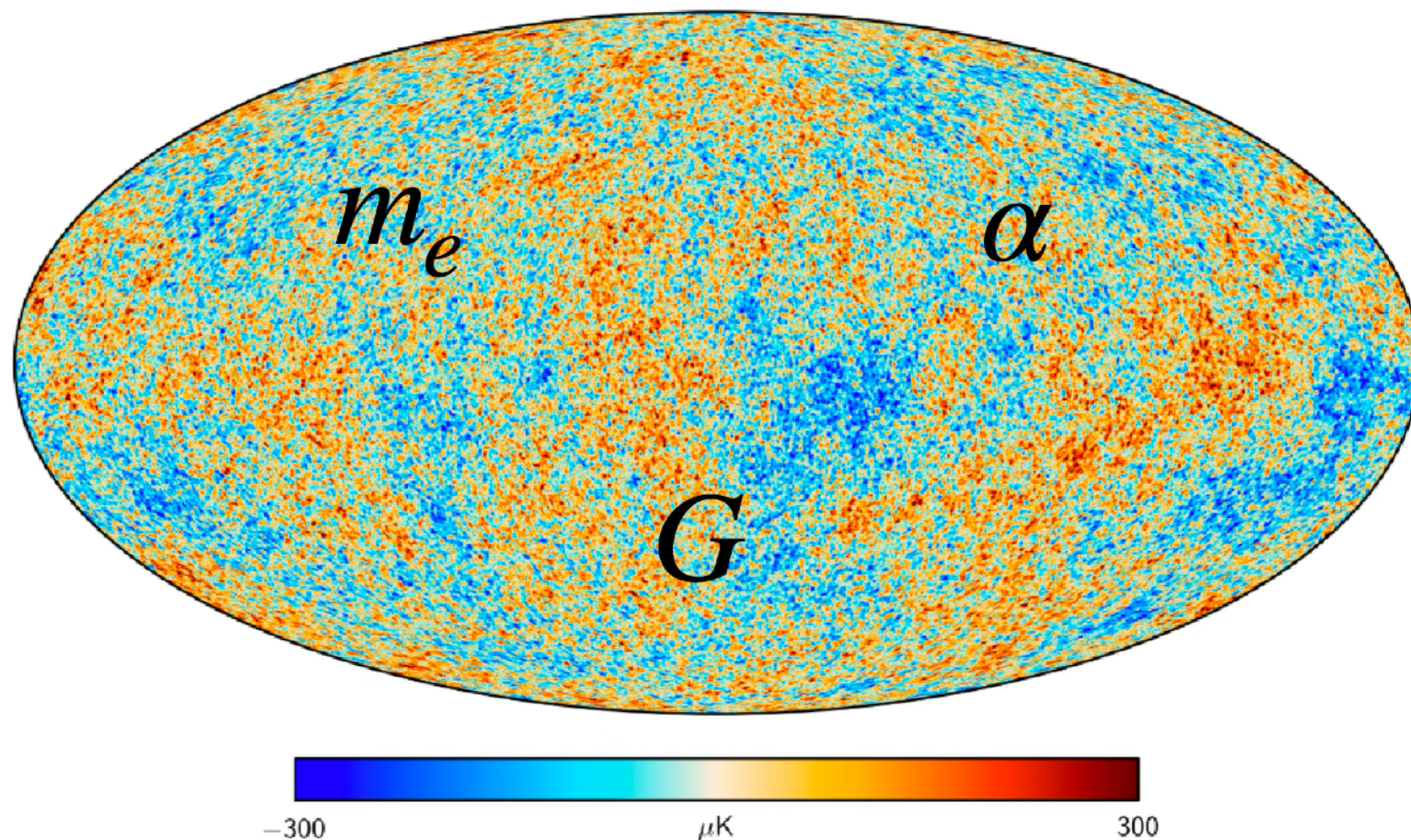
1. Chercher des signatures de **nouvelle physique** dans l'Univers jeune, en particulier une possible variation des **constantes fondamentales**
2. Comprendre et soustraire le signal complexe de **notre propre Galaxie** pour pouvoir accéder aux signaux primordiaux dans le CMB

Selon les affinités de l'étudiant, un seul des sujets peut être traité, ou les deux.

Le CMB: une fenêtre sur l'univers après sa naissance

La physique que nous connaissons sur Terre s'applique t-elle encore au **début** de notre histoire cosmique ?

Analyser le CMB c'est accéder aux lois de la physique en jeu dans l'univers jeune, aussi loin que possible dans **l'espace-temps** et à des **échelles d'énergies élevées** parfois bien supérieures à celle des accélérateurs.

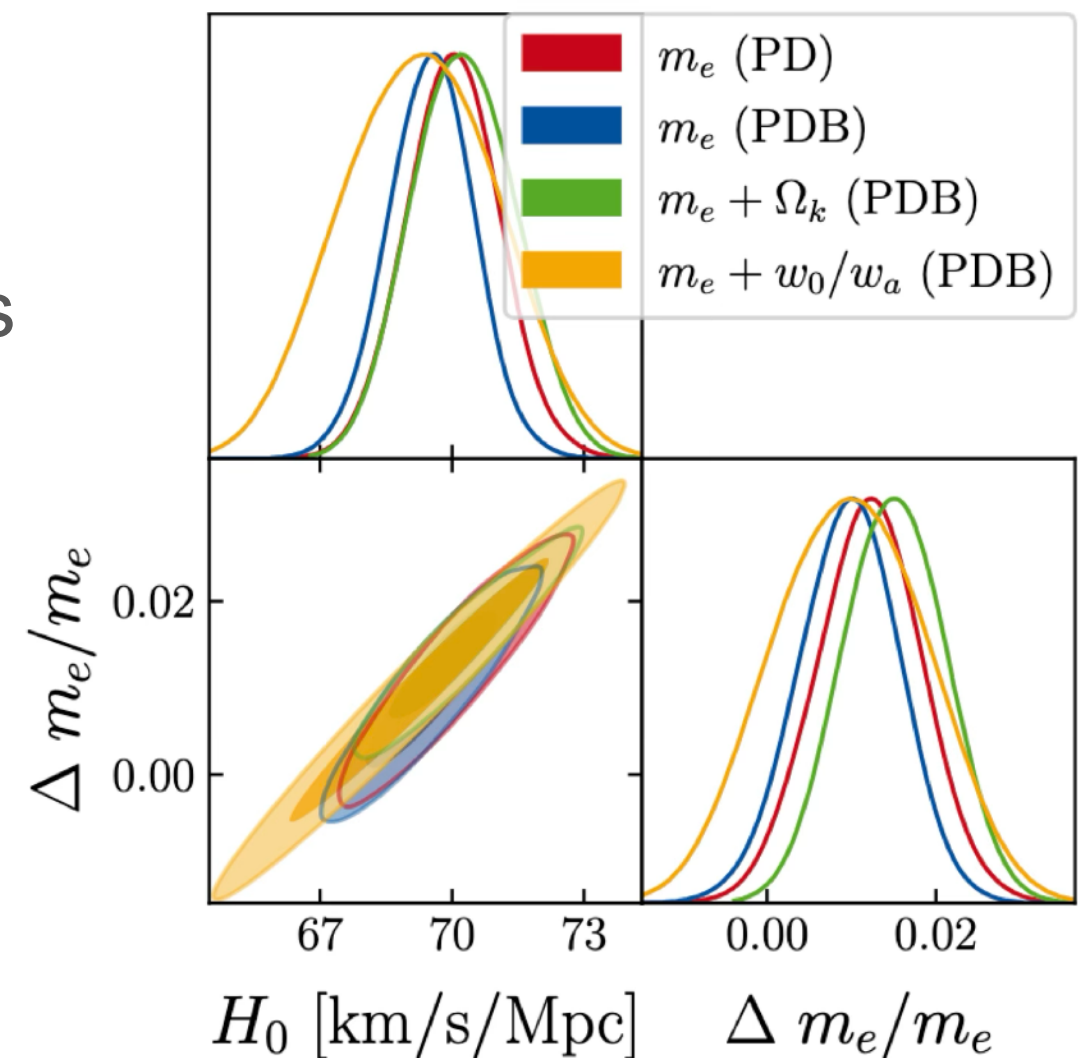


Le cas particulier des constantes fondamentales

Une variation des constantes fondamentales du modèle standard serait un signe de nouvelle physique au delà du MS de la **physique des particules** mais aussi au delà de la **relativité générale**.

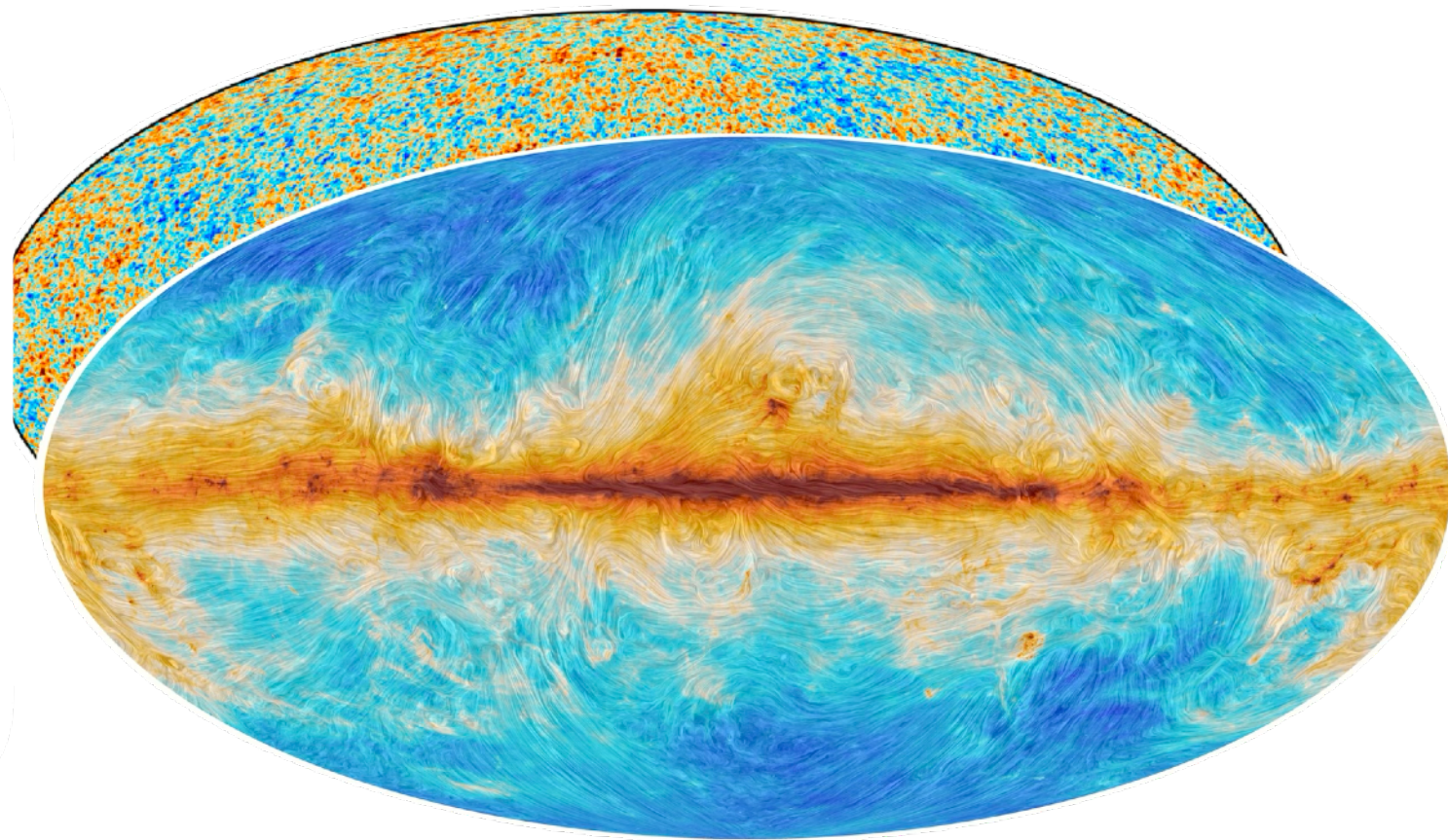
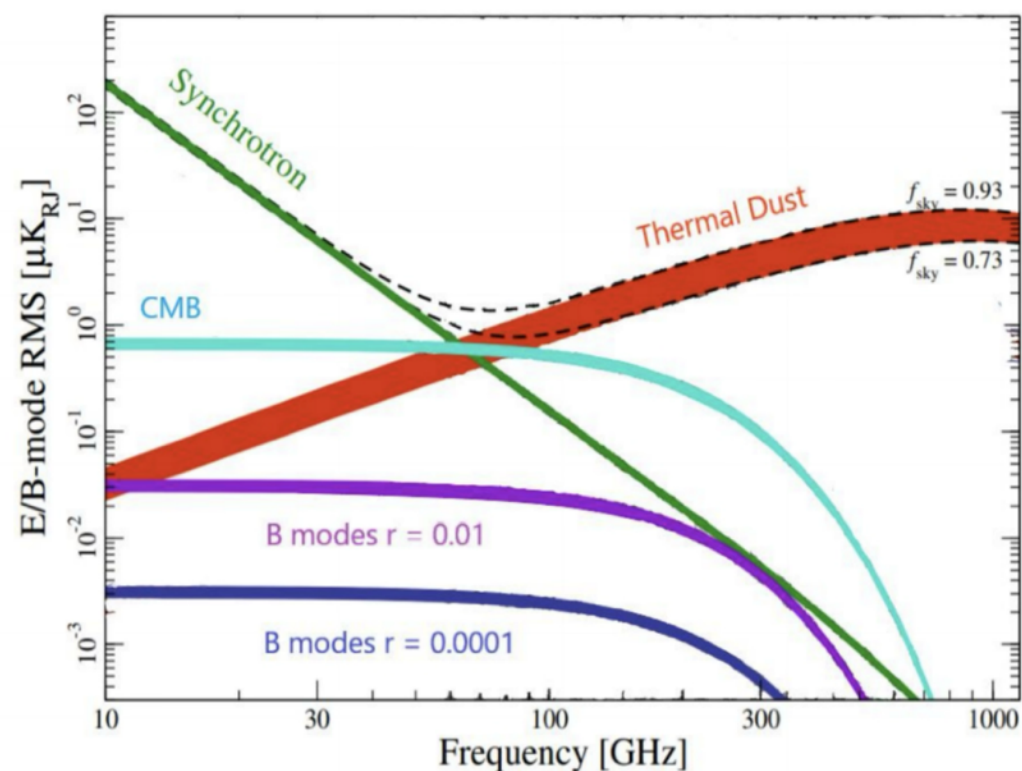
Une telle variation peut aussi aider à **résoudre des tensions** observées aujourd'hui en cosmologie (e.g. H_0 , w_0 , w_a ...)

Il s'agira alors d'étudier et de contraindre certains modèles motivés permettant la variation des constantes fondamentales à l'aide des **dernières données du CMB** couplés à d'autres données cosmologiques



Le défis des avant-plans

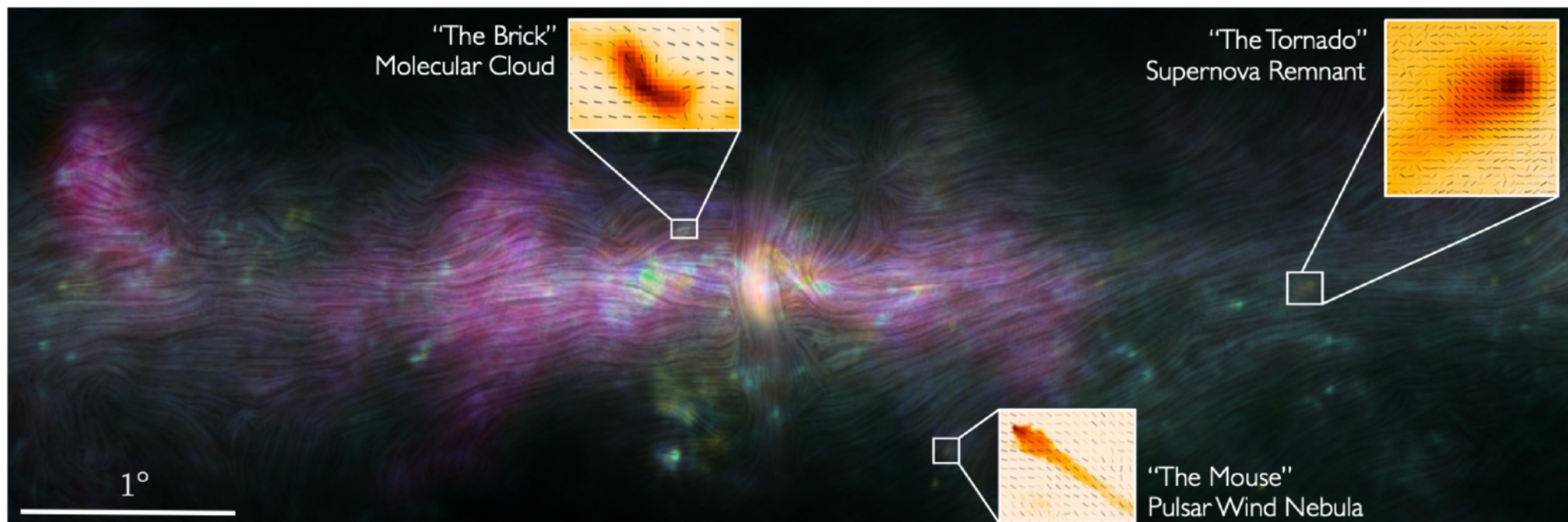
Notre Galaxie est **devant** le CMB sur l'ensemble du ciel. Son signal (polarisé) est beaucoup **plus complexe et plus intense** que celui des faibles signaux de nouvelle physique recherchés.



Séparation de composantes et physique Galactique

Il devient alors crucial de pouvoir **enlever** le signal de la Galaxie pour chercher de la nouvelle physique dans le CMB. C'est le défi de la **séparation de composante**. L'étudiant participera alors à la mise en place et à l'étude des méthodes de séparation de composante de nouvelle génération pour les instruments du futur comme **LiteBIRD**.

On cherchera également à mieux comprendre l'astrophysique complexe des avant-plans pour pouvoir mieux la séparer du CMB. Cela ouvre un potentiel volet plus "astrophysique" de la thèse, pouvant impliquer les dernières données de **ACT** ou de **SO**.



Groupe CMB à IJClab

Permanents



Mathieu Tristram



Sophie Henrot-Versillé

Postdocs



Lukas T. Hergt



Clément Leloup



Léo Vacher



Thibaut Louis

Doctorant



Merry Duparc

+



Julien Peloton



Xavier Garrido