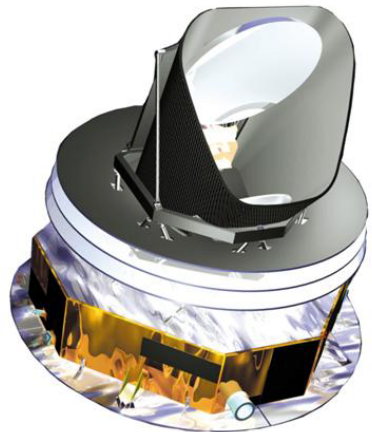


# La polarisation du fond diffus cosmologique dans l'expérience spatiale Planck



**Laurence Perotto**

**Physique  
Corpusculaire et  
Cosmologie – Collège  
de France (Paris)**

JJC 2003

## *Contexte*

I. Cosmologie et polarisation du CMB

II. Mesure de la polarisation par Planck

## *Travail de thèse*

III. Simulation de la mesure

## *final*

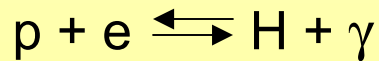
# Le modèle du Big Bang et la première image de l'Univers

## Histoire de l'Univers:

Expansion  refroidissement

## Avant le découplage:

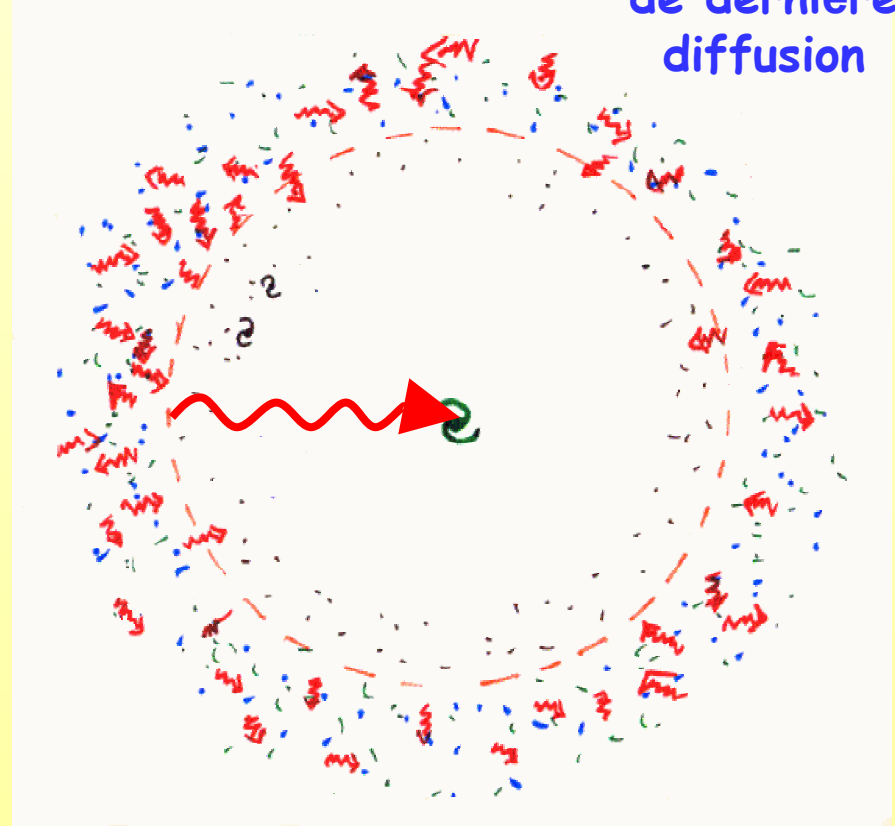
Protons, électrons, photons  
+ neutrino + matière noire



## Découplage:

13,7 Milliards d'années: l'Univers devint transparent

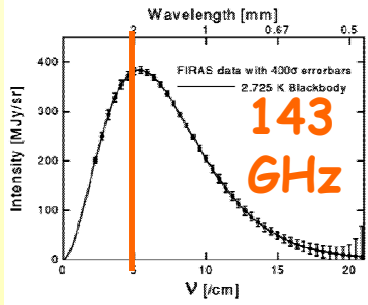
La surface de dernière diffusion



# Les observables du CMB

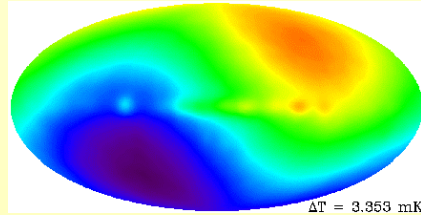
## La Température

### Corps noir



$T = 2,72 \text{ K}$

### Dipôle

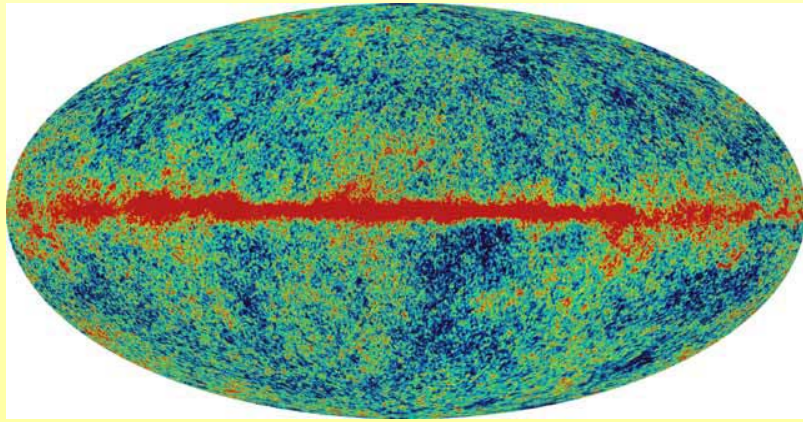


$\Delta T \sim 10^{-3} \text{ K}$

Statistique des anisotropies de température:

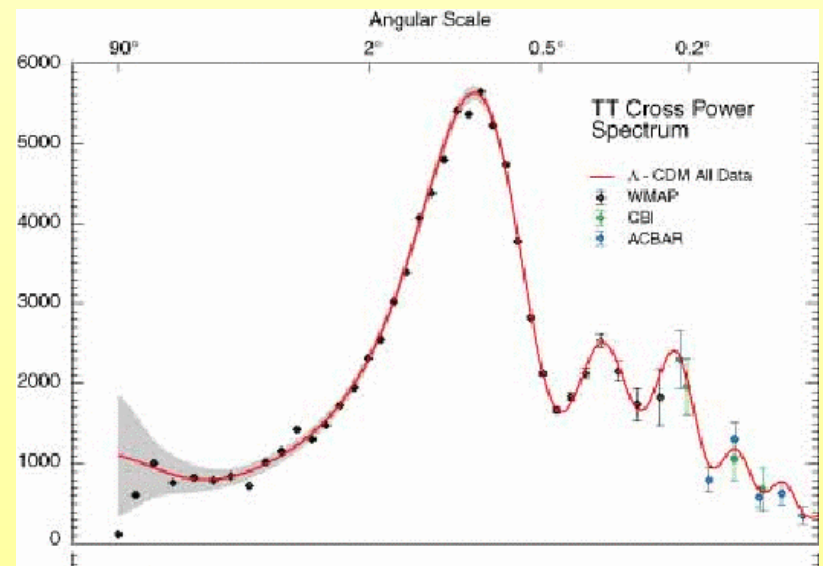
le spectre de puissance angulaire

$$C_l = \langle a_{lm}^* a_{lm} \rangle$$



### Anisotropies

$\Delta T \sim 10^{-5} \text{ K}$



Multipôle  $l$ :

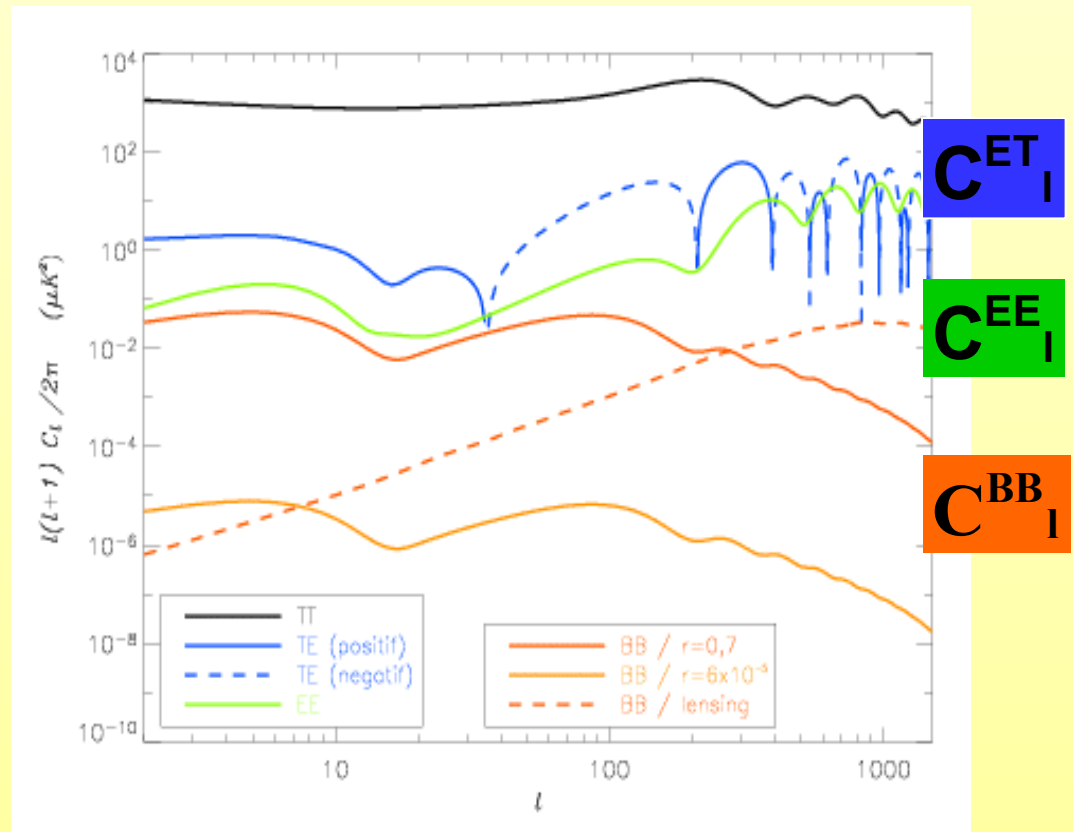
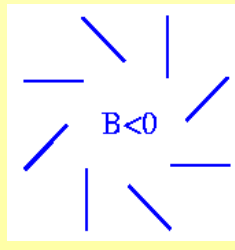
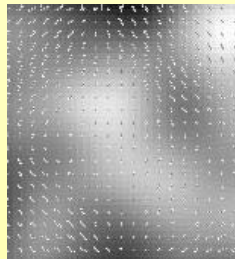
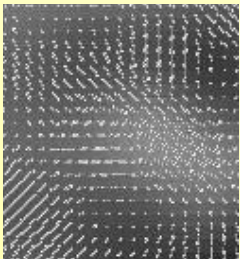
$$l \propto \frac{1}{\theta}$$

# Les observables du CMB

## La polarisation


### Polarisation linéaire

Champs scalaires  
gaussiens E et B





# Enjeux et défis de la mesure de la polarisation

## ▪ Enjeux:


$$C_l^{ET}, C_l^{EE}, C_l^{BB}$$

➔ Levées de dégénérescences entre paramètres cosmologiques


$$C_l^{BB}$$


- 
- secondaire: 'Tomographie' de l'Univers jusqu'à  $z=2$ .
  - primordial: indicateur de l'échelle d'énergie de la fin inflation.

## ▪ Défis:



### Les avants plan:

Contamination par le signal astrophysique:

- 
- galaxie
  - sources ponctuelles
  - ...

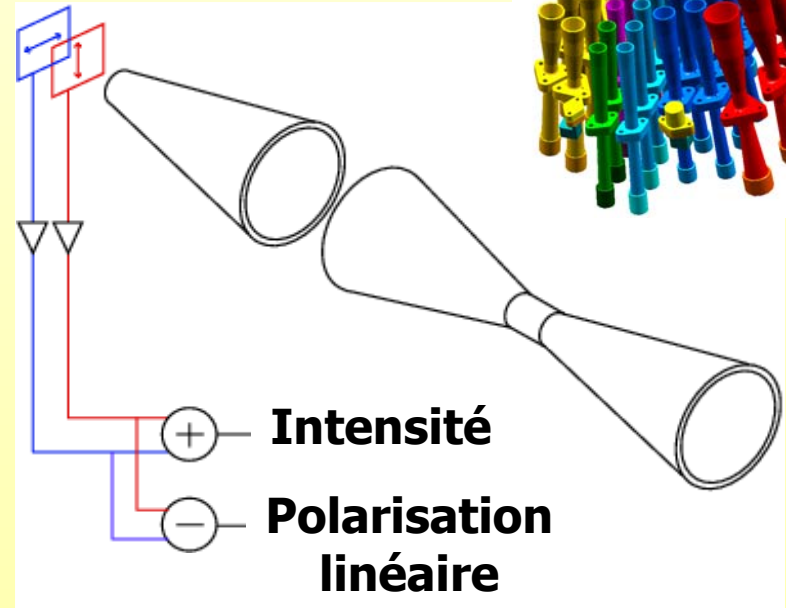
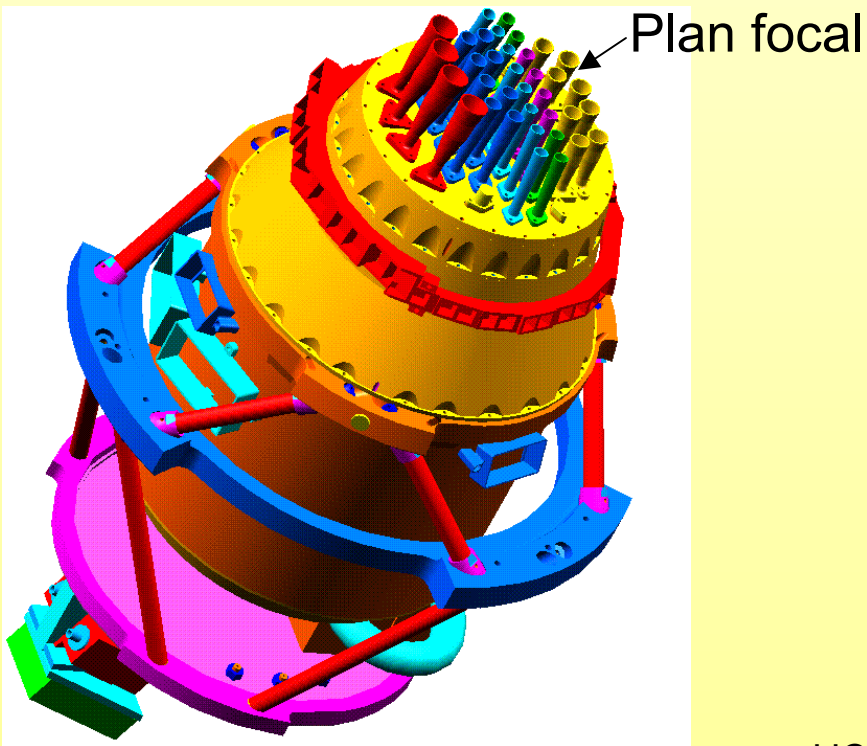


### Les effets instrumentaux:

Erreurs systématiques introduites lors de la mesure

# La mesure de la polarisation par Planck HFI


- **52** Bolomètres dont **32** sensibles a la polarisation
- **6** fréquences entre **100** et **857** GHz.





Caractérisée par 2 paramètres:

Les  
paramètres  
de Stokes **Q** et **U**

# Les efforts pour extraire le signal polarisé cosmologique avec Planck

 Déterminer la fraction de rayonnement due aux **avant-plans**.

 Evaluer les **erreurs systématiques** introduite lors de la mesure.

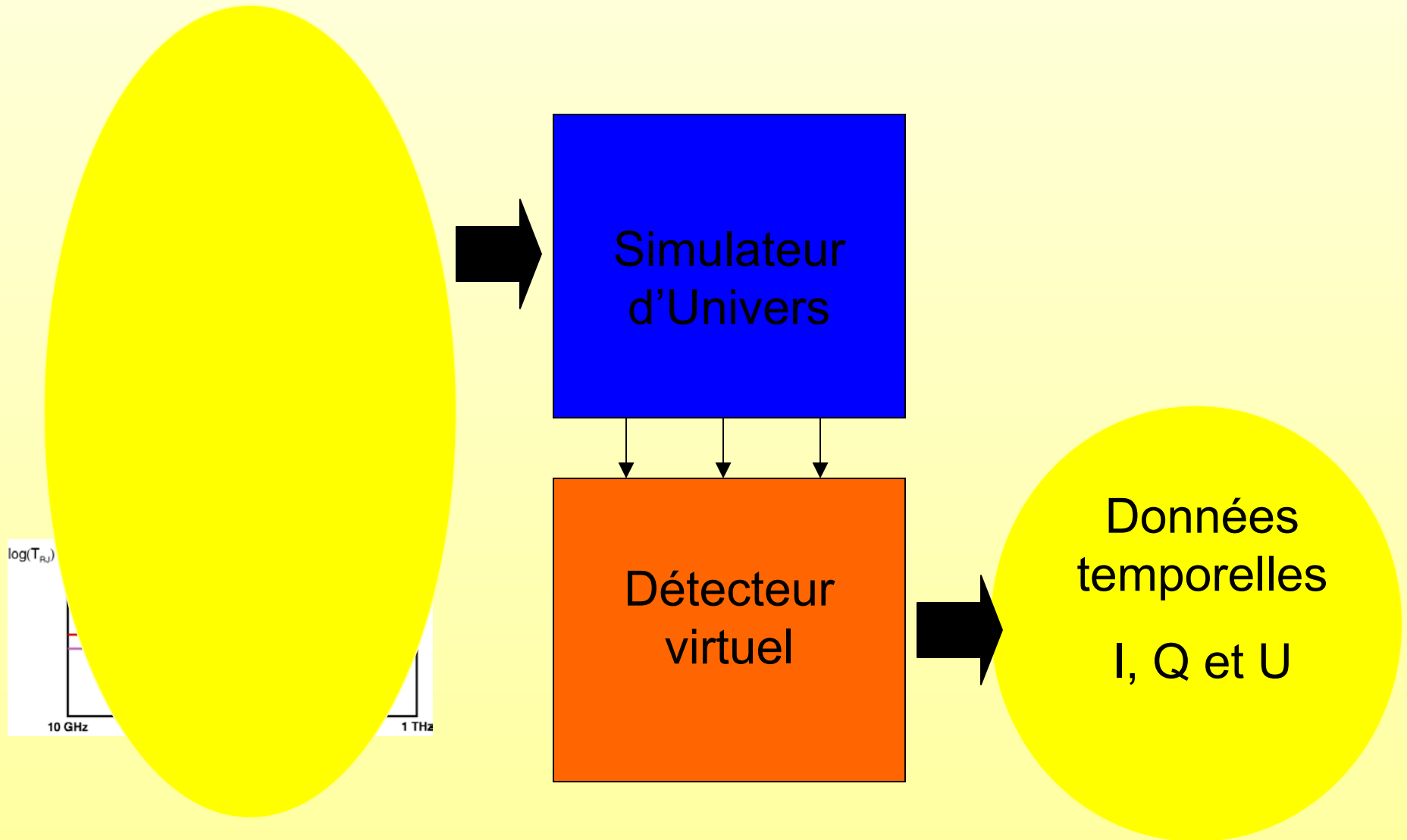
 Développer des **méthodes d'analyse** de données qui n'introduisent pas de biais.



Des **simulations réalistes** sont nécessaires



# La chaîne de simulation

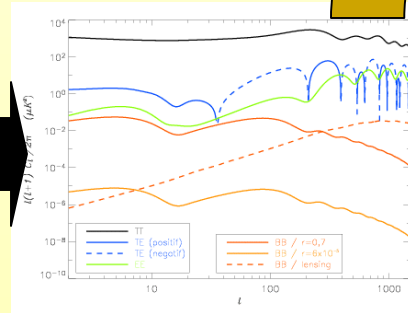


# Simulation du ciel

## I. Le signal cosmologique: le CMB

$\Omega_b, \Omega_{CDM},$   
 $\Omega_\Lambda, H_0, \dots$

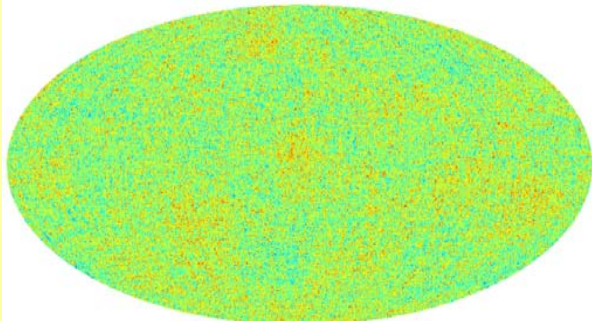
Calcul de la  
statistique  
des  
fluctuations  
**CMBFast**



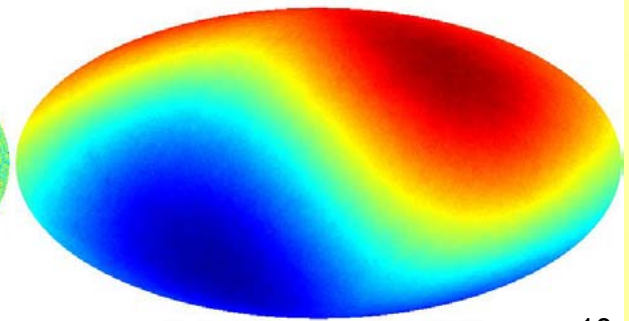
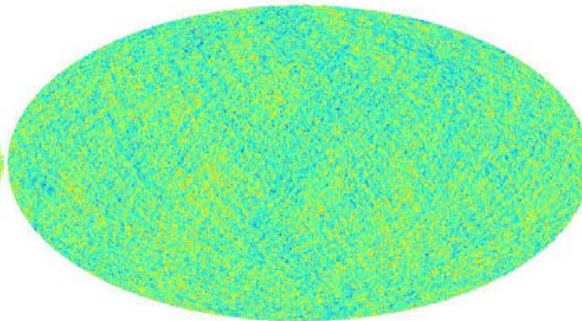
Tirage d'une  
réalisation du  
ciel  
**Synfast**

Température  
+  
Dipôle

U



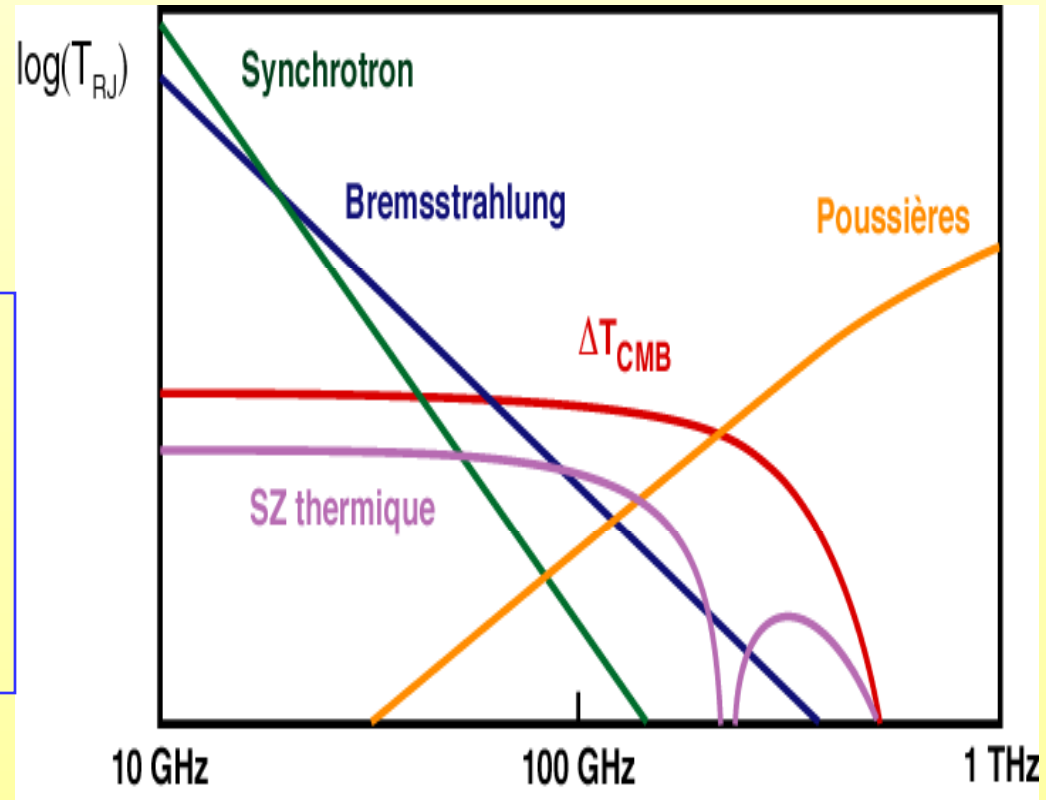
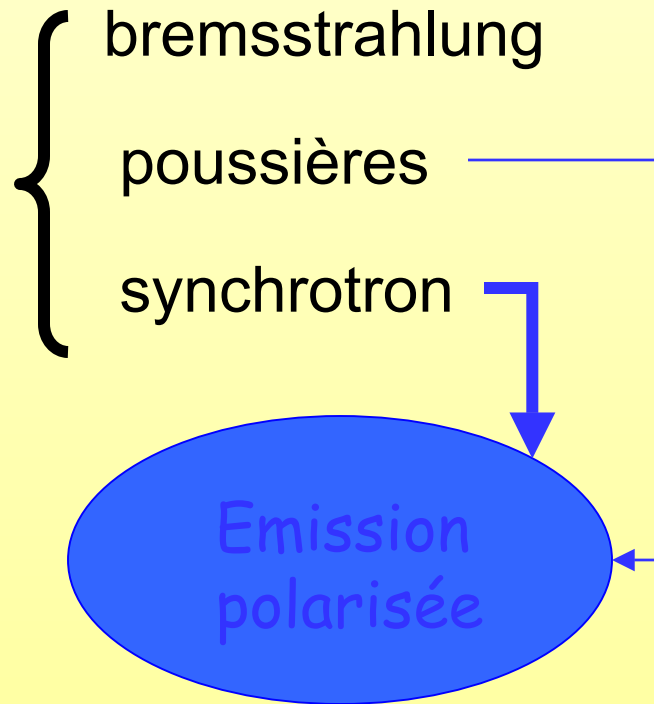
Q



# Simulation du ciel

## II. Le signal astrophysique

### L'émission diffuse de la galaxie:

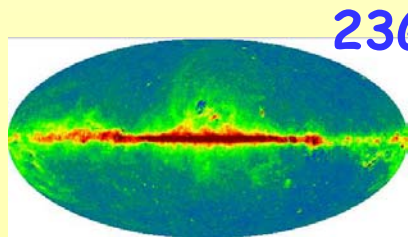


# Simulation du ciel

## II. Le rayonnement synchrotron

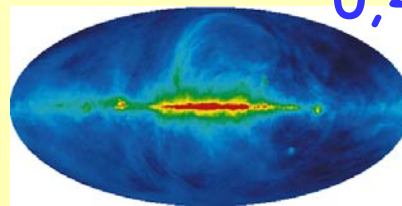
### Modèle

$$I(\nu, \vec{r}) = \left( \frac{\nu}{\nu_0} \right)^{\alpha} I(\nu_0, \vec{r})$$



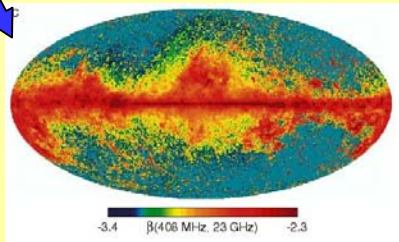
23GHz

Carte WMAP



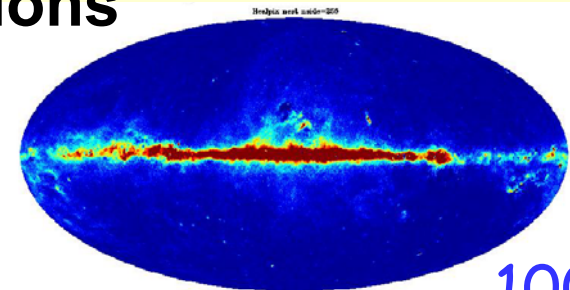
0,4GHz

Carte Haslam

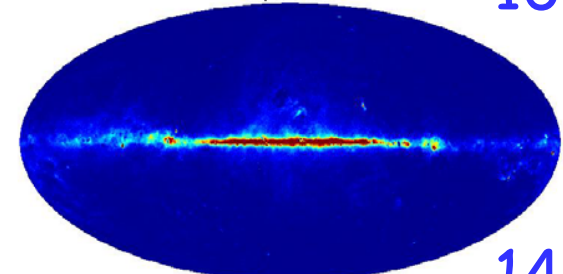


Carte d'indice spectral  $\beta(\vec{r})$  JJC 2003

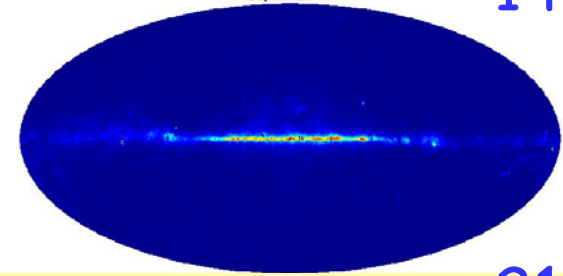
### Simulations



100GHz



143GHz

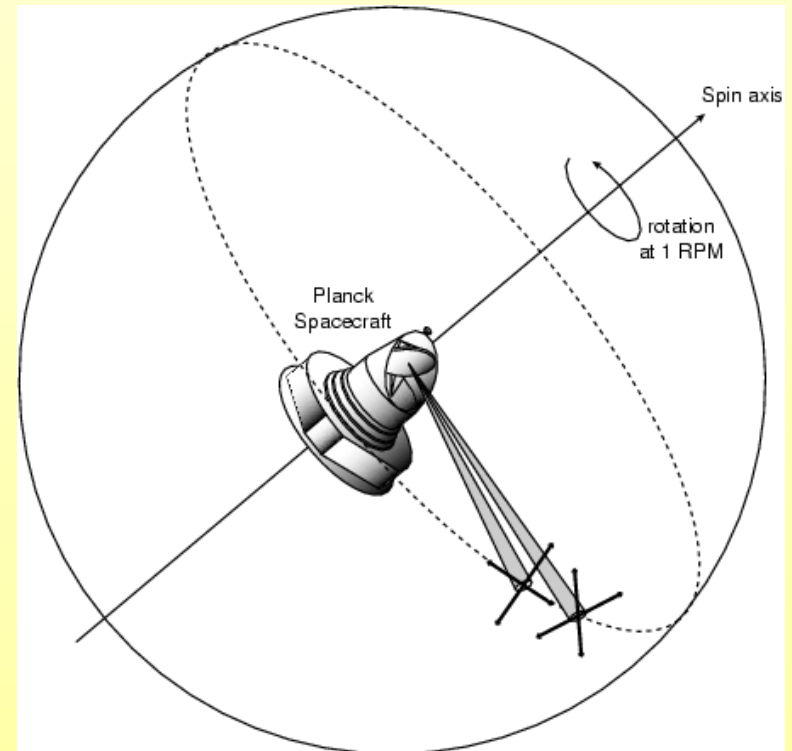
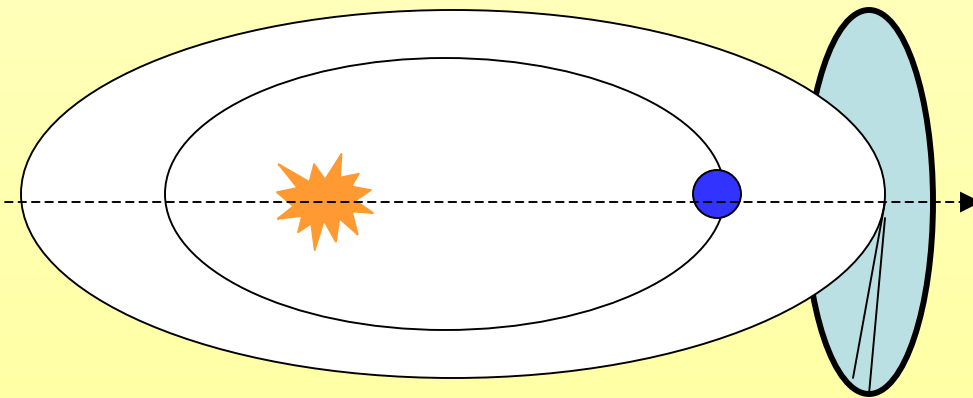


217GHz

# Simulation de la détection

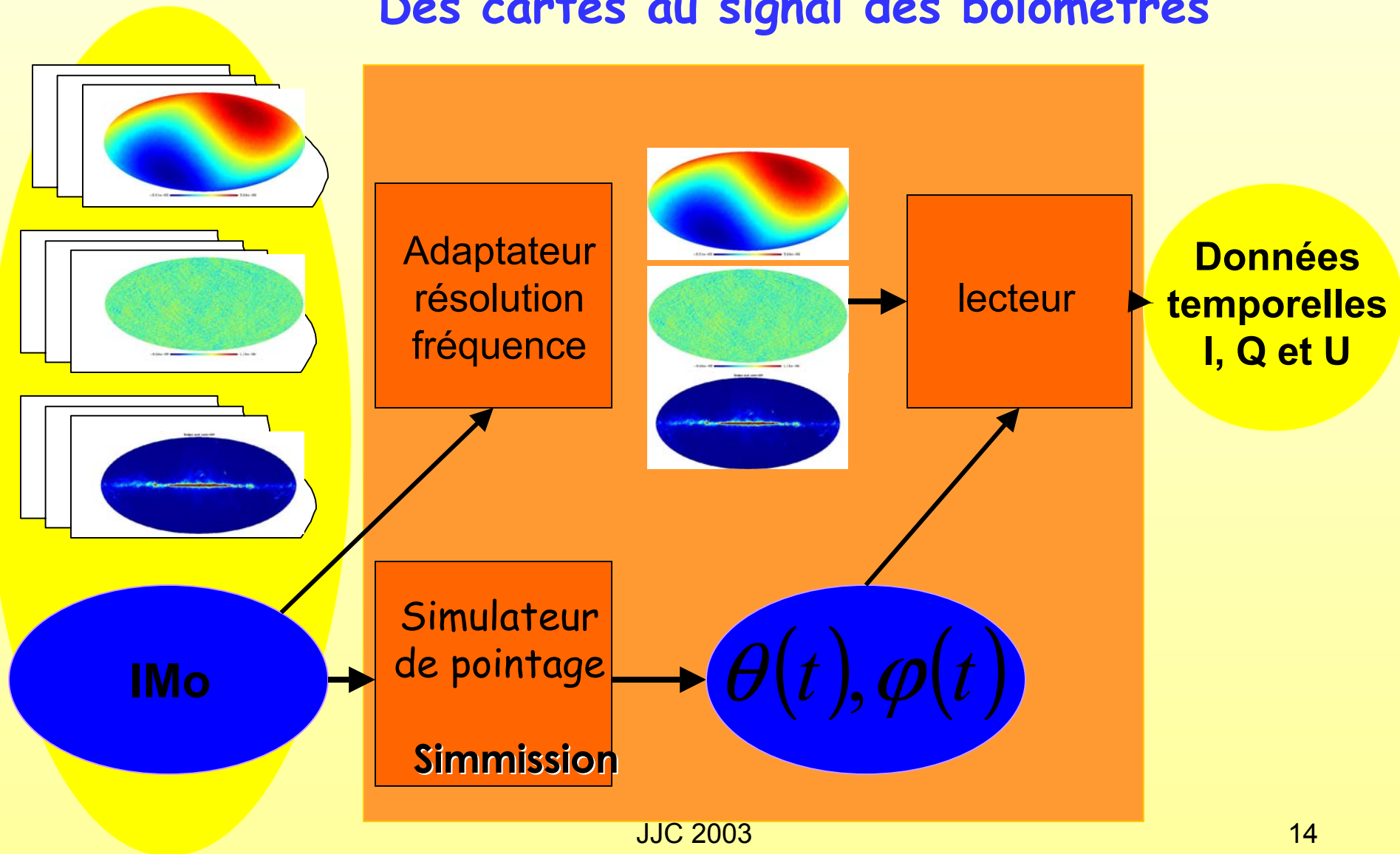
## Le ciel vu par Planck

- période de révolution d'un an
- balayage du ciel par cercles de grande ouverture



# Simulation de la détection

## Des cartes au signal des bolomètres



# Conclusion

- **La polarisation: la seconde « mine d'or » du CMB.**
- **Une mesure laborieuse.**
- **Simuler pour prévoir:**
  - i) Le niveaux de contamination et les erreurs instrumentales
  - ii) L'efficacité des méthodes d'analyse des données
- **La démarche adoptée:**
  - i) Simulation simple mais complète
  - ii) Complexifiable
  - iii) Des modèles astrophysiques à développer