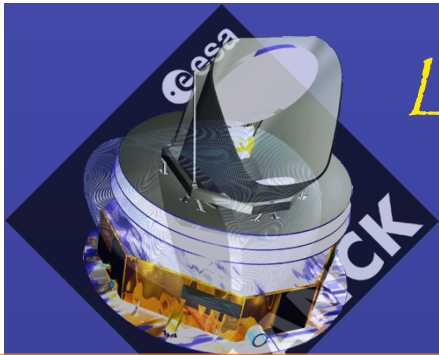


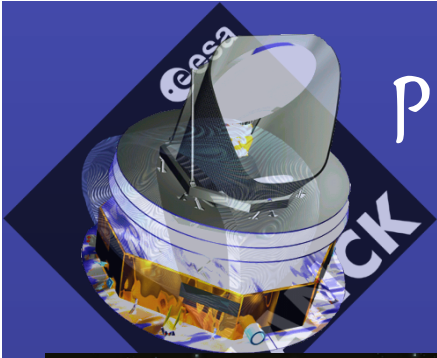
L'OBSERVATION DU CIEL AVEC LE SATELLITE PLANCK



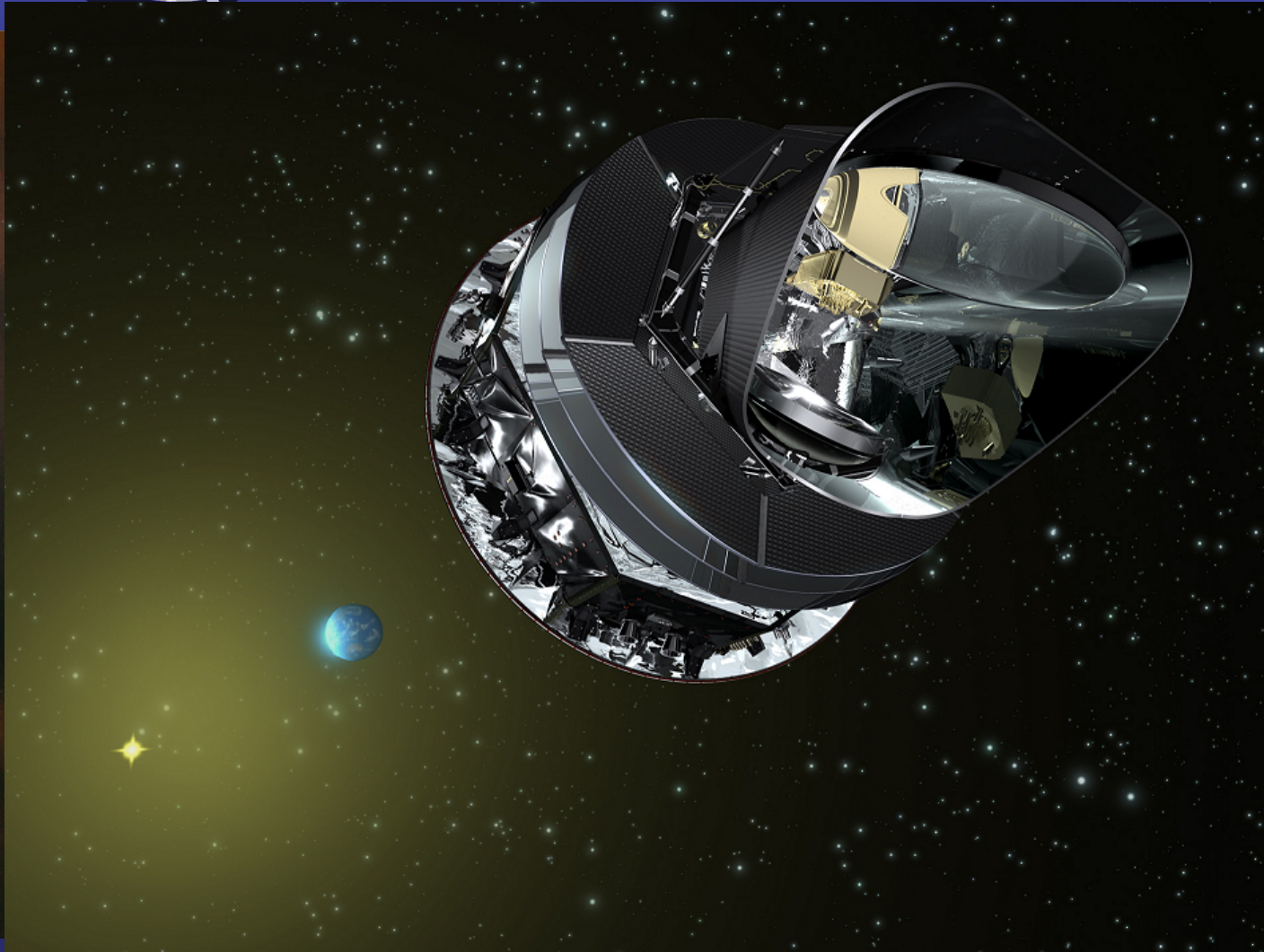
Le 14 Mai 2009, deux satellites scientifiques ont été lancés depuis Kourou par la même fusée Ariane 5

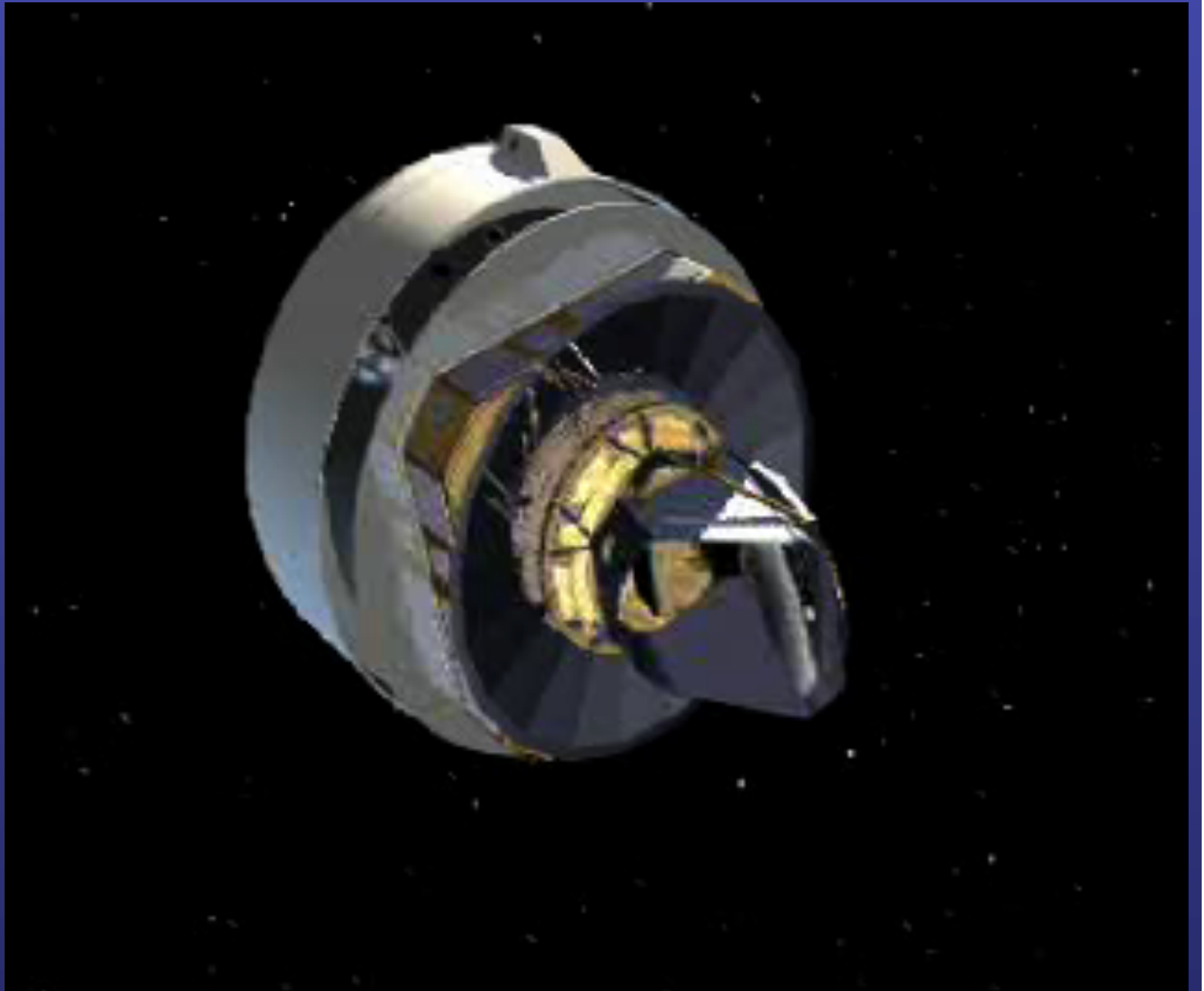
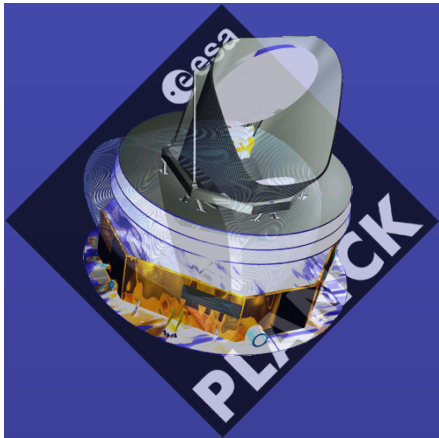
Cet événement marquait l'aboutissement de plus de dix ans de travail d'équipes de plusieurs centaines de personnes (et le début de plusieurs années de prises de données...)

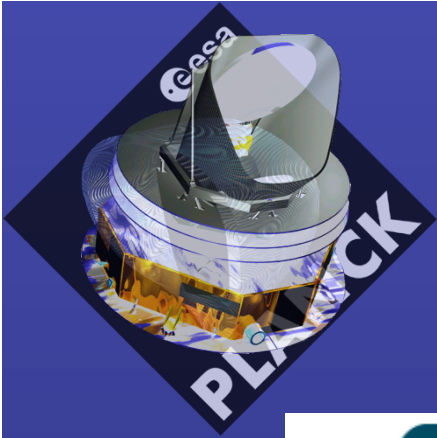




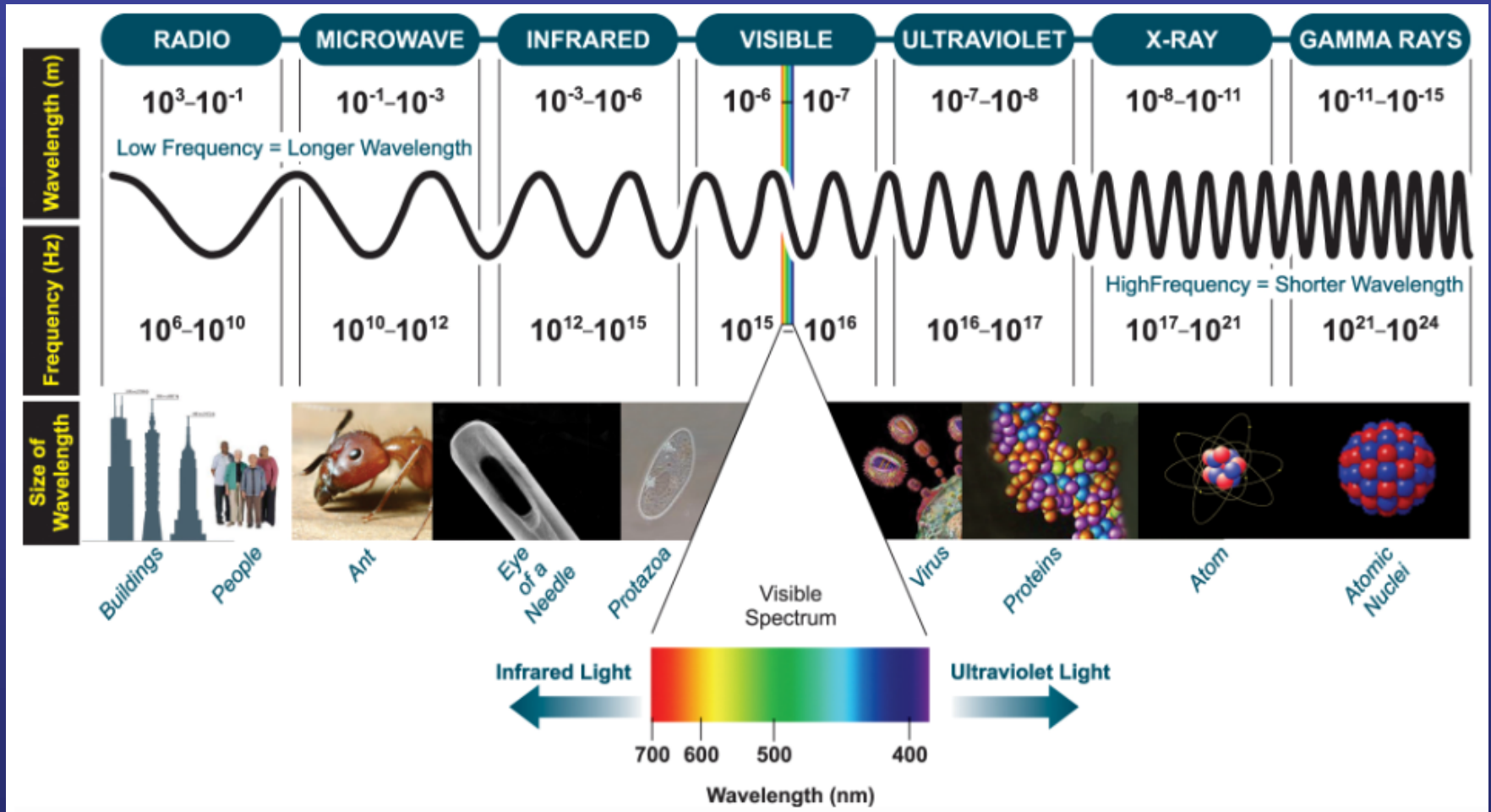
PLANCK ET HERSCHEL OBSERVENT L'UNIVERS LOINTAIN



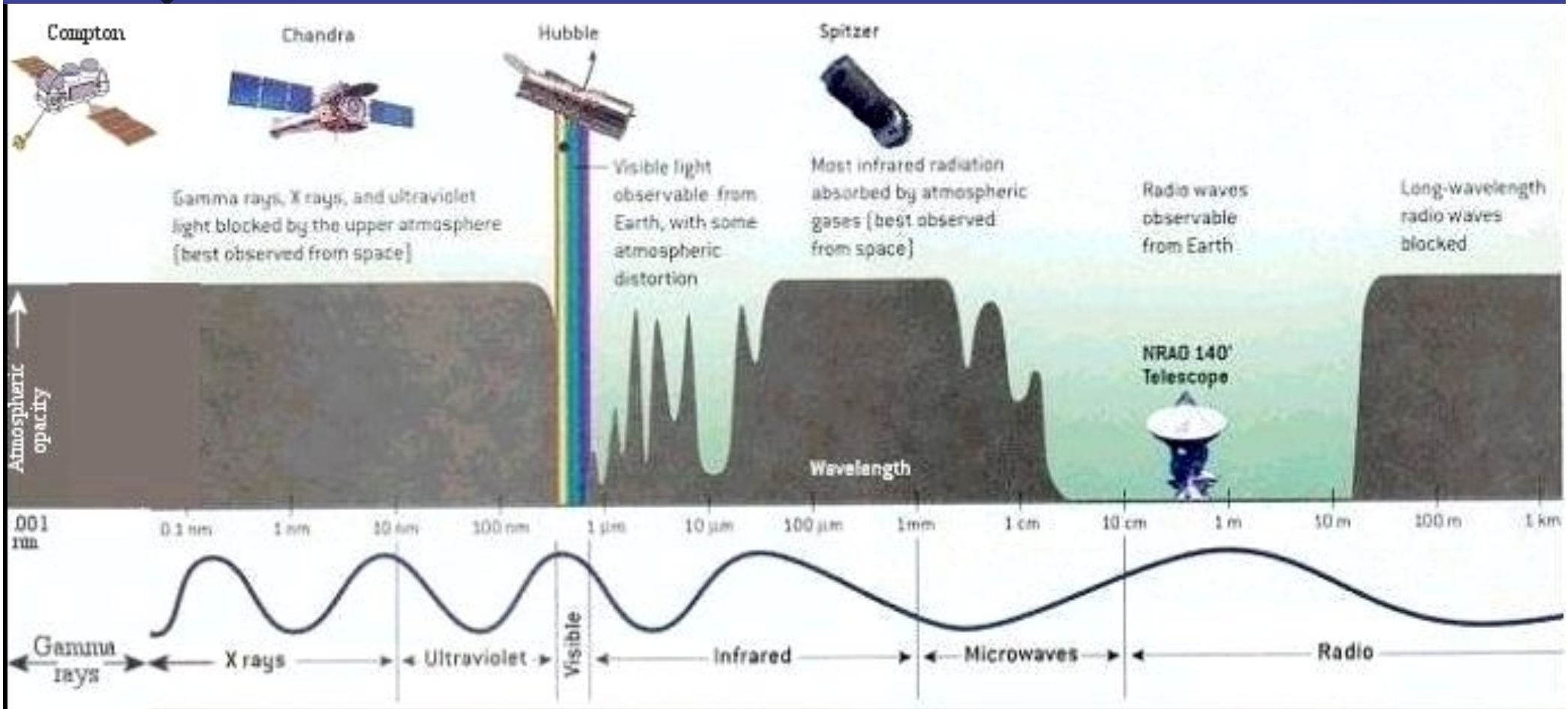
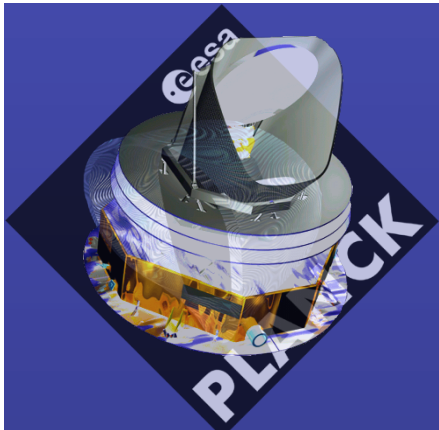




L'ÉTENDUE DU SPECTRE ELECTROMAGNÉTIQUE



POURQUOI ALLER DANS L'ESPACE ?



LOI DE PLANCK :

Tout corps émet des ondes électromagnétiques selon une loi qui dépend de sa température
« absolue » T ($t^{\circ} + 273$)

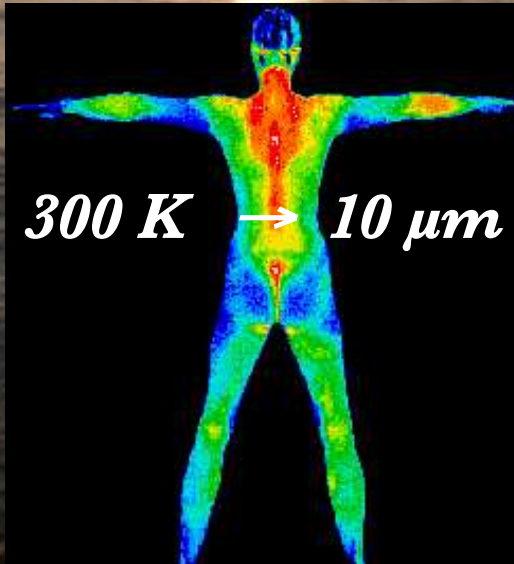
Soleil : 6000 K \rightarrow 0,5 μm

La longueur d'onde autour de laquelle il brille le plus fort est inversement proportionnelle à sa température

1000 K \rightarrow 3 μm



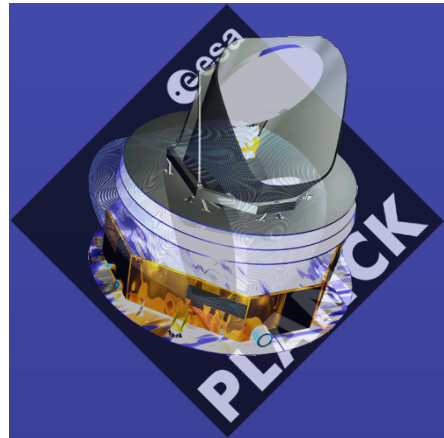
300 K \rightarrow 10 μm



Micro-ondes :
émises par les
objets « froids »

30 K \rightarrow 100 μm

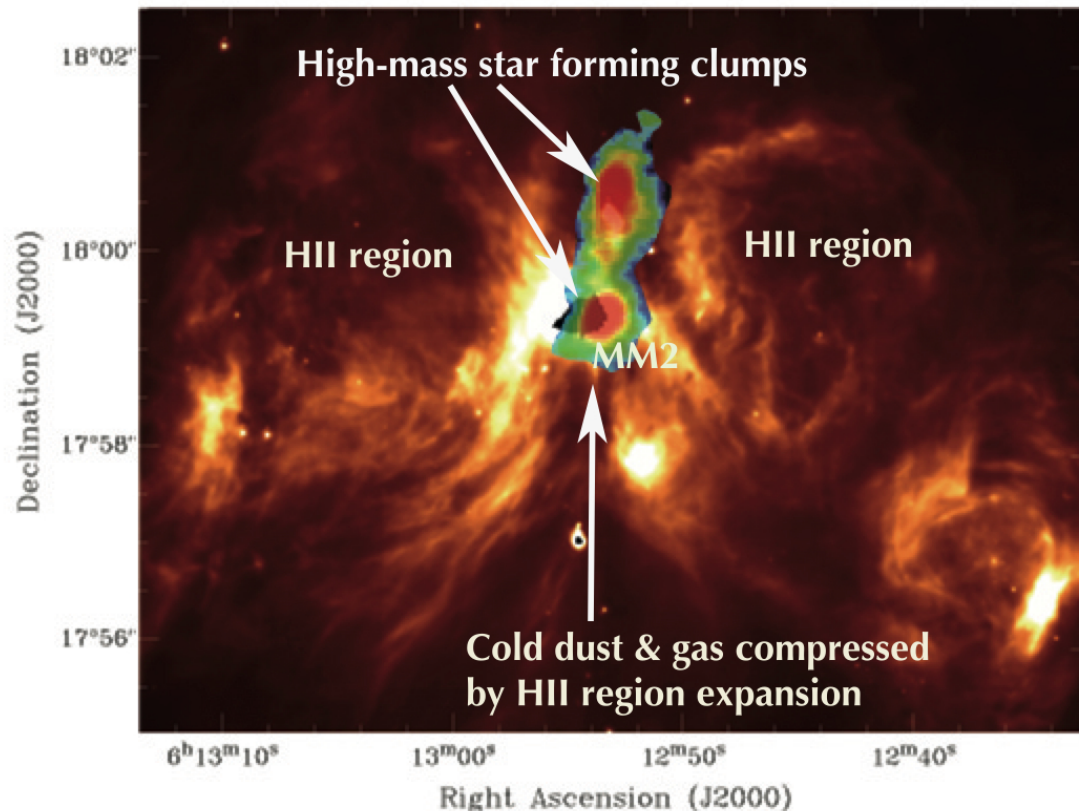
3 K \rightarrow 1 mm



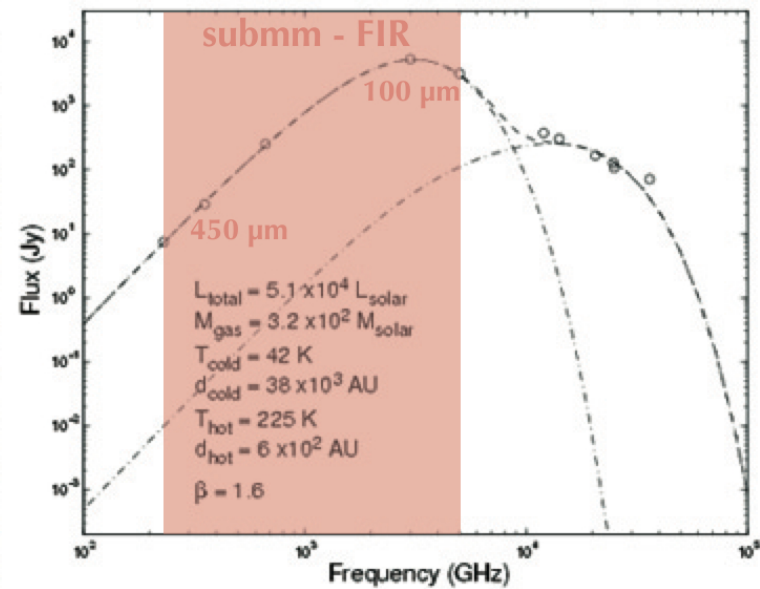
HERSCHEL OBSERVE LA POUSSIÈRE FROIDE

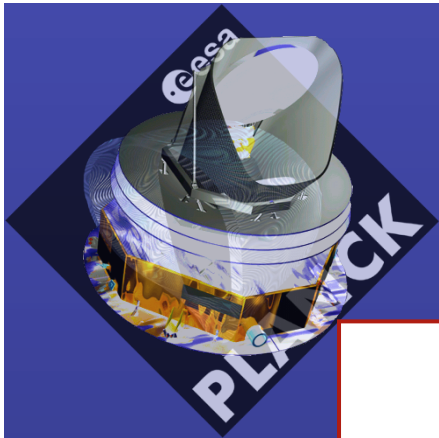
30 K → 100 μm

ZONES DE FORMATION D'ÉTOILES

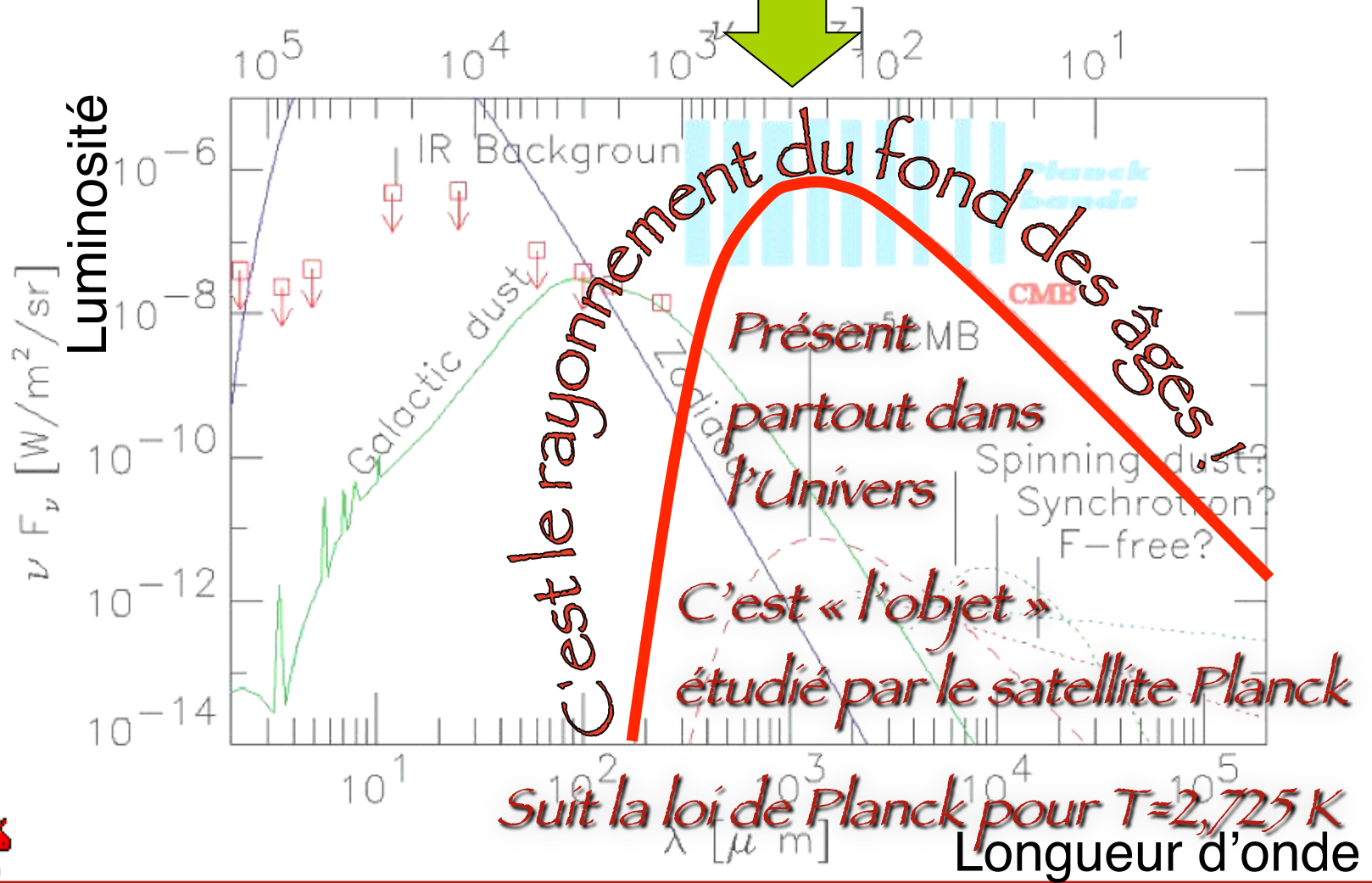
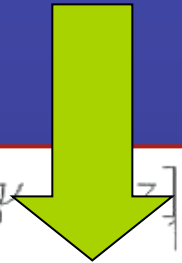


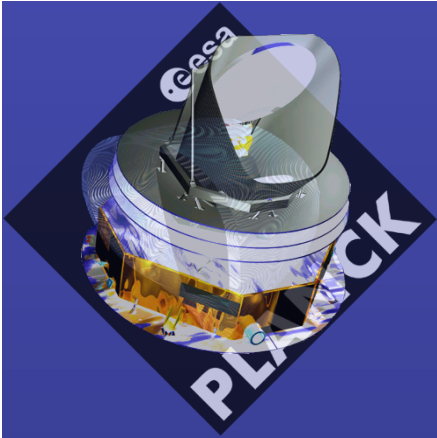
Spectral Energy Distribution
of the MM2 star forming clump



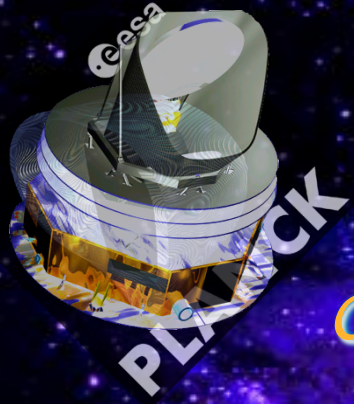


$3\text{ K} \rightarrow 1\text{ mm} ???$





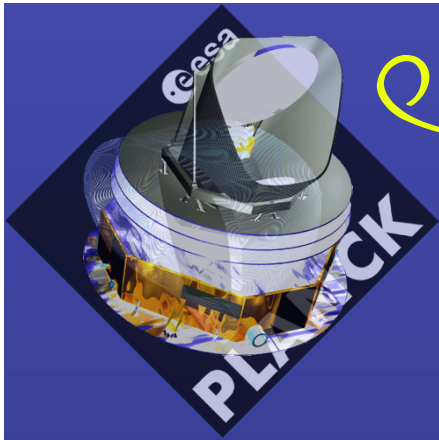
QU'EST-CE QUE C'EST ?



LA LUMIÈRE SE DÉPLACE À UNE VITESSE FIXE :

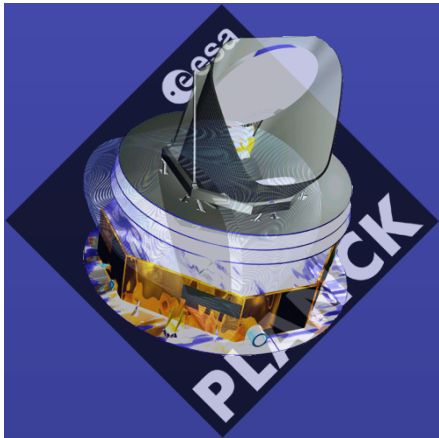
OBSERVER LOIN, C'EST VOIR DANS LE PASSÉ

- ★ *De vous à moi : 10 ns*
- ★ *De la Terre à la Lune : 1 s*
- ★ *Soleil - Terre : 8 mn*
- ★ *Soleil - Pluton : 5 heures*
- ★ *Soleil - Proxima du Centaure : 4 ans 2 mois 20 jours*
- ★ *Soleil - Centre Galactique : 26000 ans*
- ★ *Soleil - galaxie d'Andromède : 2,5 millions d'années*
- ★ *« Fond des âges » : 13 milliards d'années, vu dans toutes les directions*



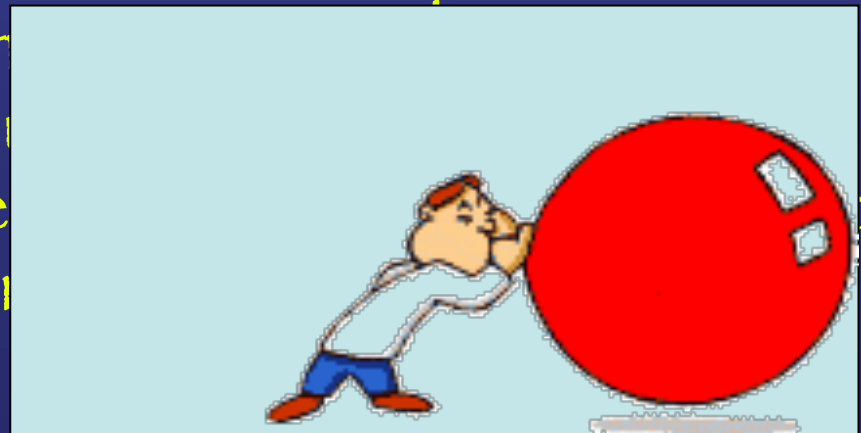
QUE LUI EST-IL ARRIVÉ AU COURS DE CE LONG VOYAGE JUSQU'À NOUS ?

- ★ *Il a traversé très peu d'obstacles*
 - *L'Univers est transparent*
 - *Il nous est surtout masqué par notre propre Galaxie*
- ★ *Il a subi l'expansion de l'Univers*
 - *Explications*



EXPANSION DE L'UNIVERS

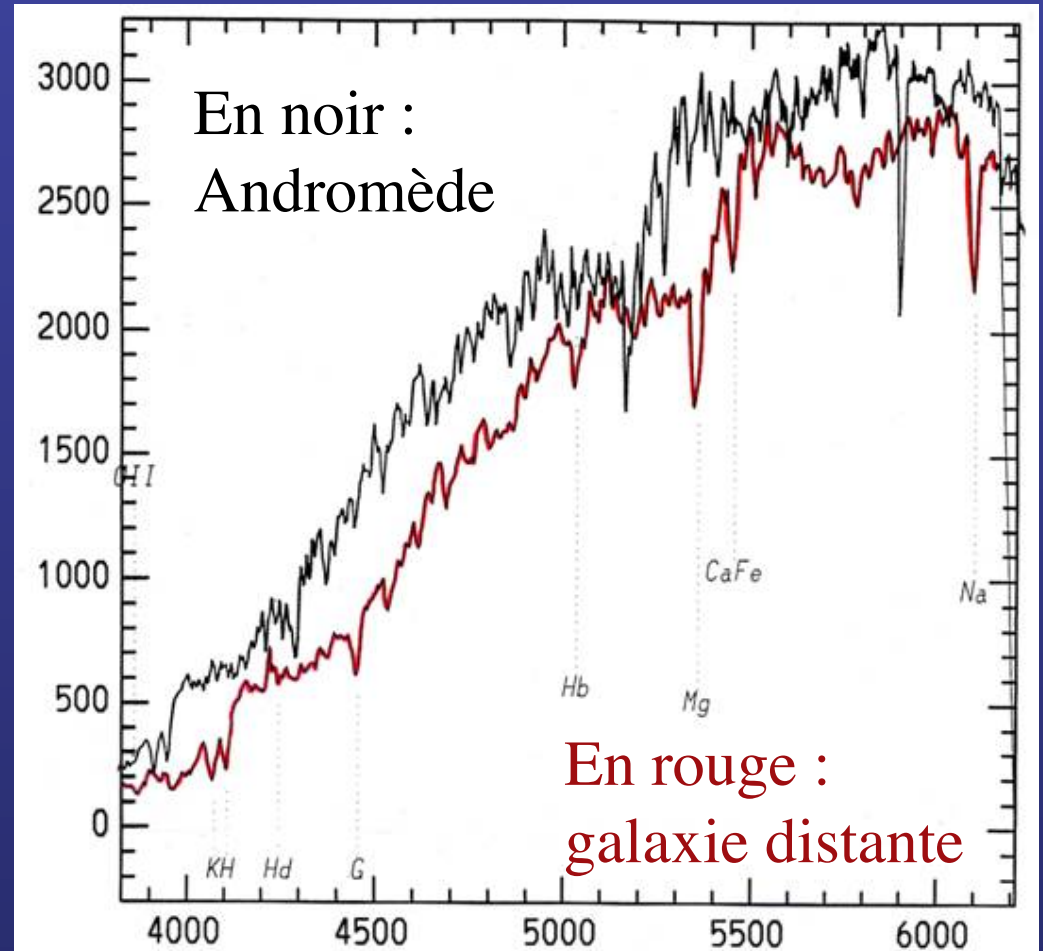
- Observée par Edwin Hubble en 1929 (dix ans de mesures)
- La distance entre deux galaxies croît au cours du temps sans qu'il y ait de mouvement relatif (yes)
- Un peu comme si l'espace était en caoutchouc
 - On peut se le représenter pour un univers qui n'aurait que deux dimensions (une surface au lieu d'un volume)
- Les longueurs d'onde de la lumière évoluent au cours du temps qu'elles traversent les galaxies. En 13 milliards d'années, le rayonnement de fond ont été...





EXEMPLE DE DÉCALAGE SPECTRAL

EFFET DOPPLER :
LA VITESSE RELATIVE
DÉCALE LES LONGUEURS
D'ONDE DES RAIES
ATOMIQUES





L'HISTOIRE DE L'UNIVERS EN UN CLIN D'ŒIL

QUELQUES ÉLÉMENTS DU MODÈLE DIT « DE CONCORDANCE »

*PROPAGATION D'ONDES « SONORES »
DANS UN PLASMA PEU DENSE*

*GERMES DES
INHOMOGÉNÉITÉS
DE DENSITÉ
APPROX. 1/100000*

*TRANSPARENCE
DU MILIEU
AUX PHOTONS*

3

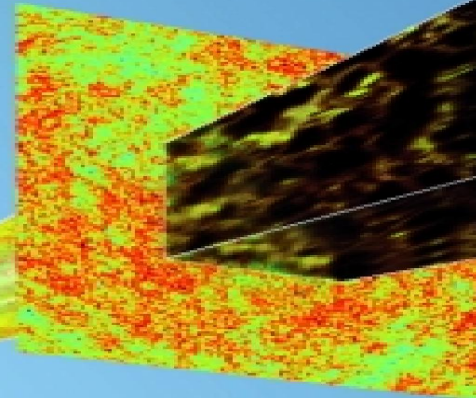
2

1

**Découplage des photons
à 300000 ans**

Croissance des structures

Big-bang, inflation



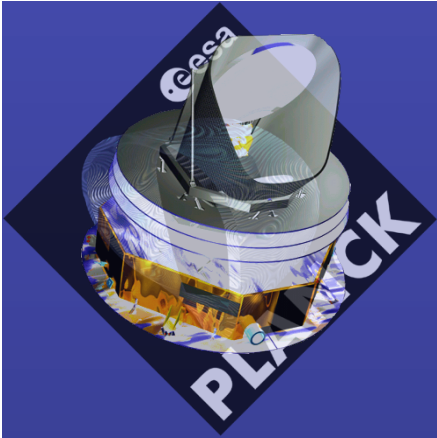


L'UNIVERS À 2700 K

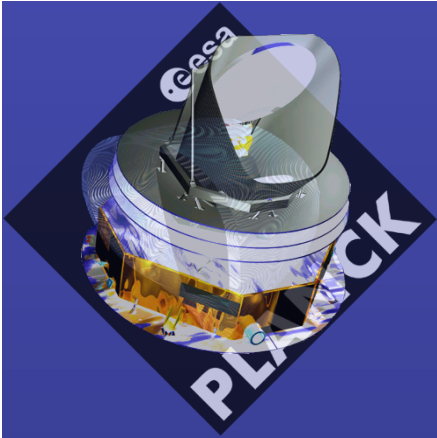
Il y a 13 milliards d'années, toute la matière était sous la forme d'un immense nuage de gaz aussi chaud que la surface du soleil, entièrement ionisé. Les étoiles n'existaient pas encore.

La matière ionisée, électriquement chargée, et la lumière étaient alors intimement liées, un peu comme dans la flamme d'un feu de bois. On ne peut pas voir au travers.

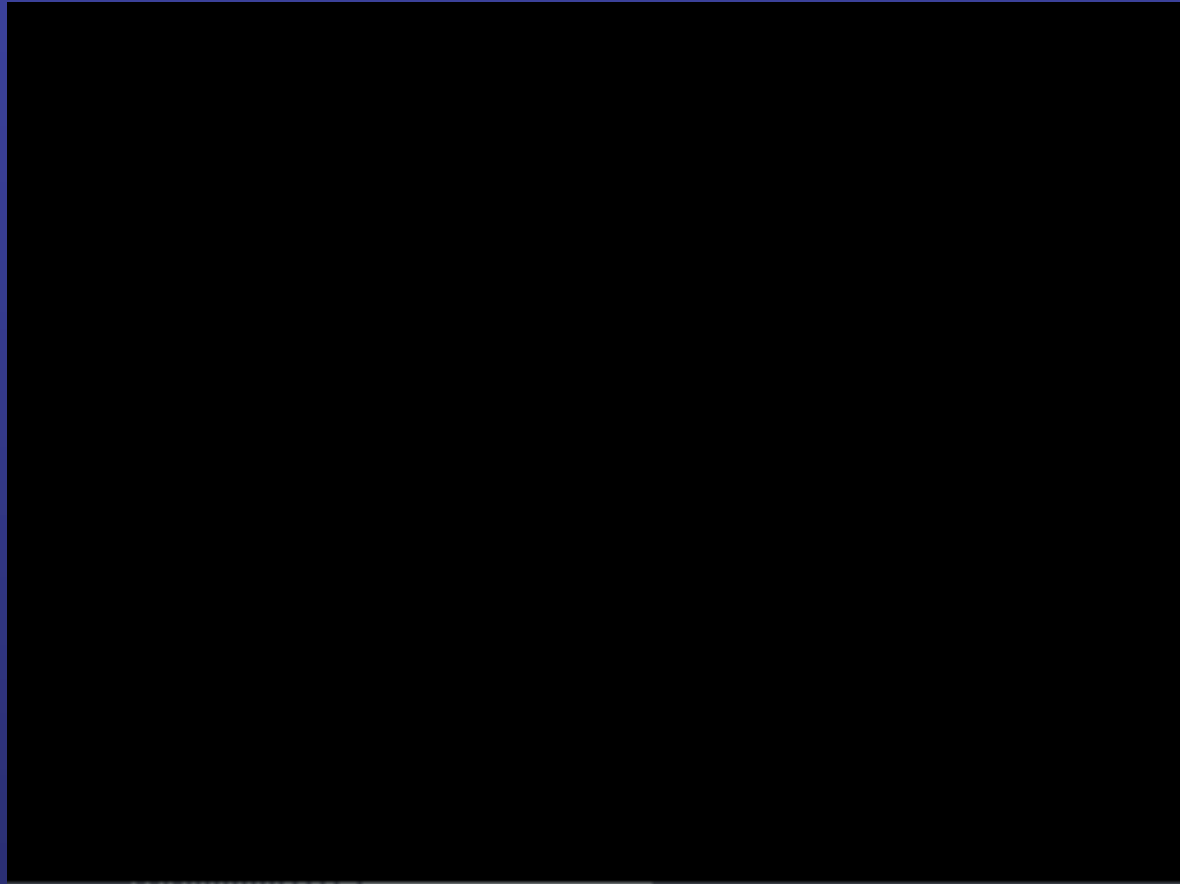
LA LIBÉRATION DU RAYONNEMENT DE FOND

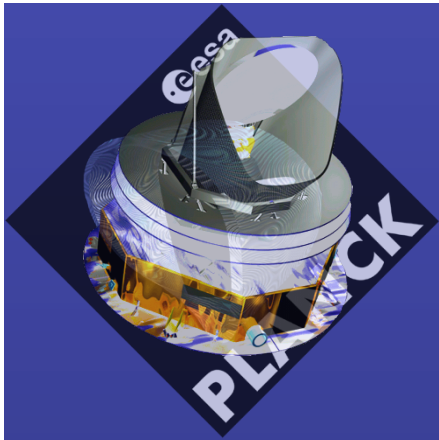


- *L'expansion, en refroidissant le milieu ambiant a permis que des atomes neutres se forment, tous les ions ont alors disparu et la matière est devenue transparente pour la lumière.*
- *Ensuite, l'Univers s'est de plus en plus structuré, les étoiles et les galaxies se sont formées.*
- *Le rayonnement de fond, lui, a tout traversé jusqu'à nous et sa carte de température contient la mémoire de l'état de l'Univers au moment où il a été libéré.*



La Croissance des structures



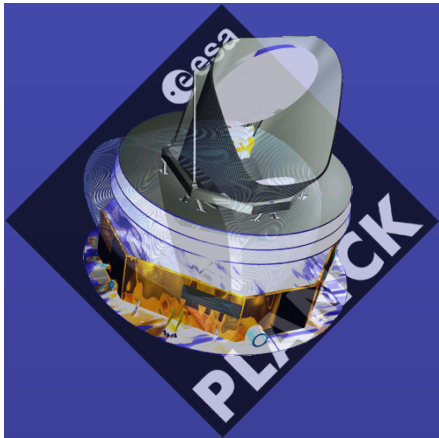


LA CARTE DE TEMPÉRATURE DU CIEL

C'est la photo d'une sphère centrée sur nous, et d'un rayon de 13 milliards d'années-lumière. Cette photo reflète l'état de l'Univers à cette époque et contient des informations précieuses.

La mesure précise des variations de température du rayonnement de fond sur tout le ciel permet de remonter au tout début de l'histoire de l'Univers

Le satellite Planck est en train de réaliser cette mesure avec une précision extraordinaire...



LE SATELLITE PLANCK

Miroir primaire (1,5m de Ø)

Télescope Planck

Baffle contre la lumière parasite

INSTRUMENTS FOCALUX LFI ET HFI

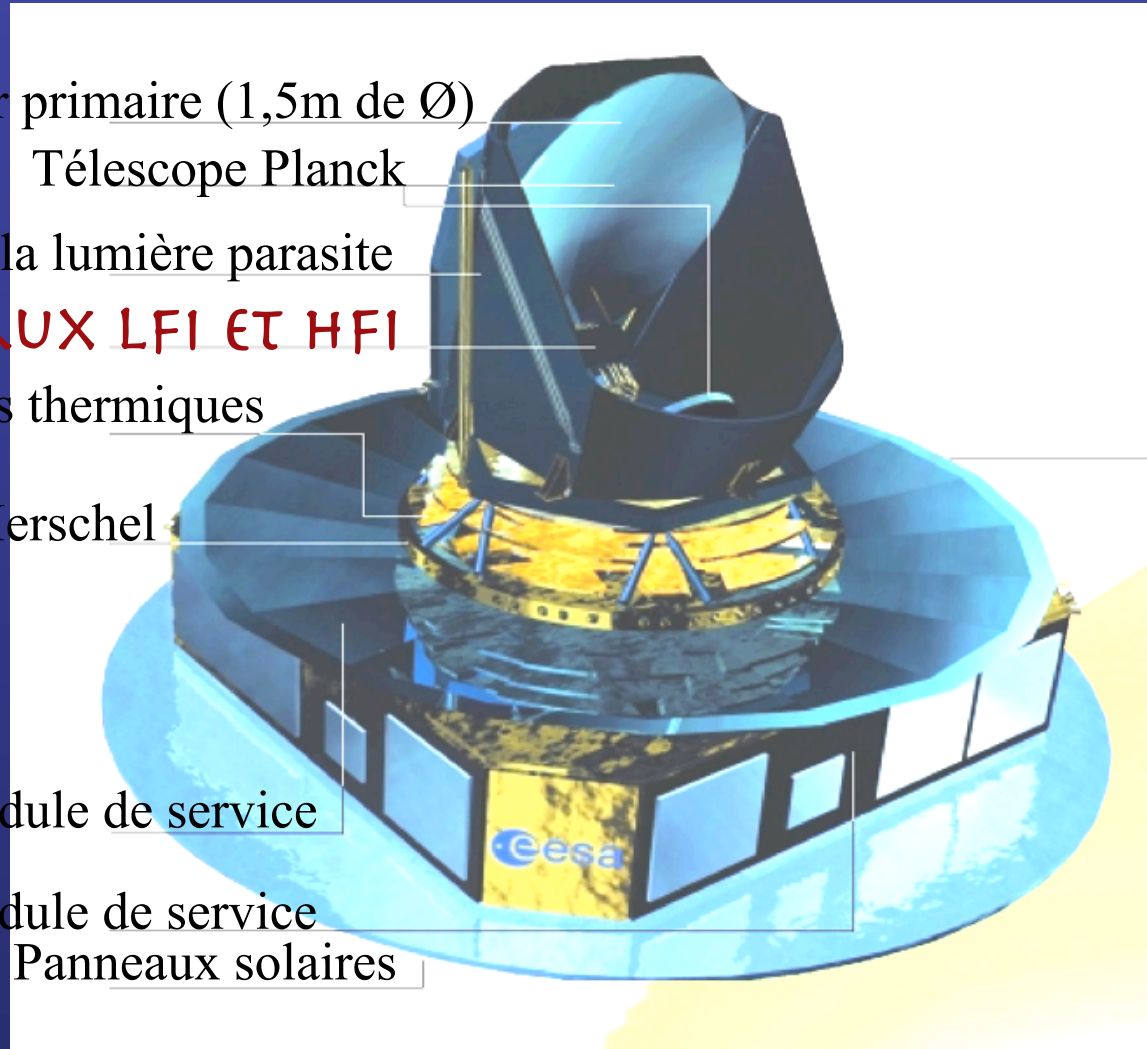
Ecrans thermiques

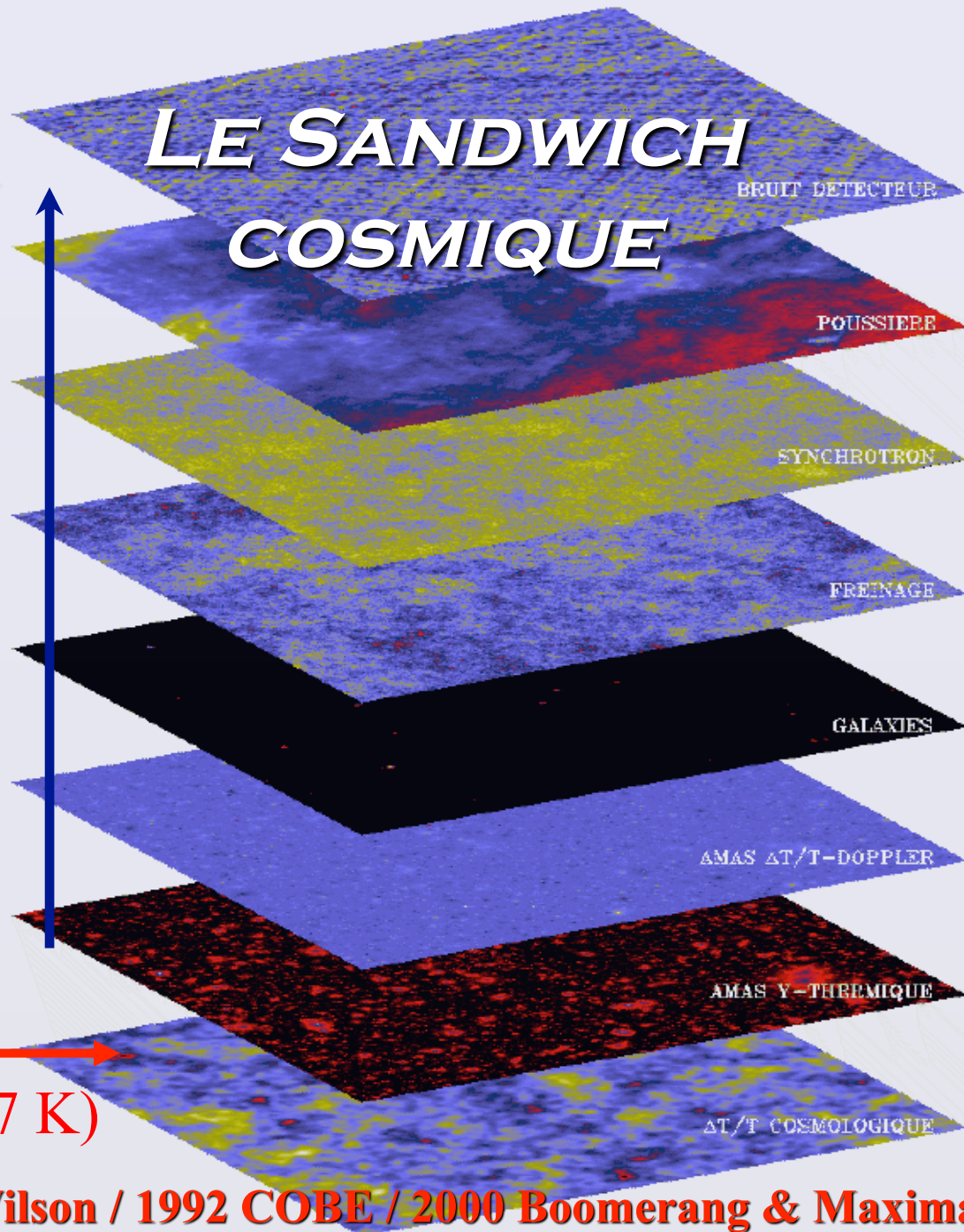
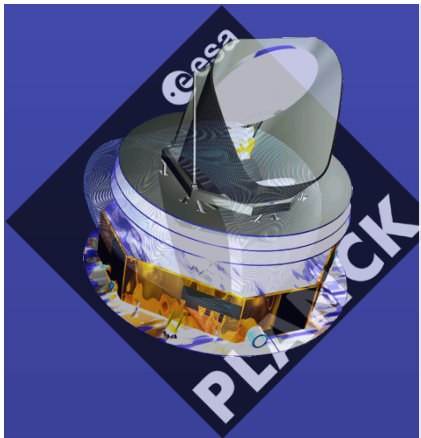
Interface avec Herschel

Ecran du module de service

Module de service

Panneaux solaires





Effets dits
« d'avant-
plan »

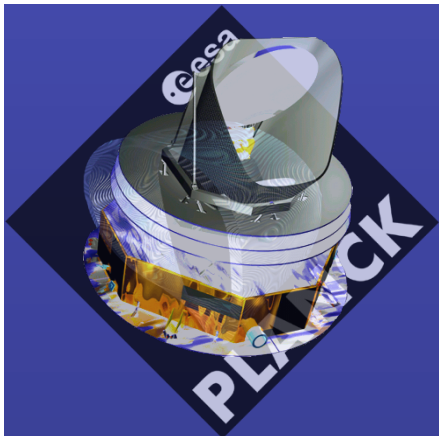
Phénomène
recherché
(spectre de
corps noir à 2,7 K)

1965 Penzias & Wilson / 1992 COBE / 2000 Boomerang & Maxima

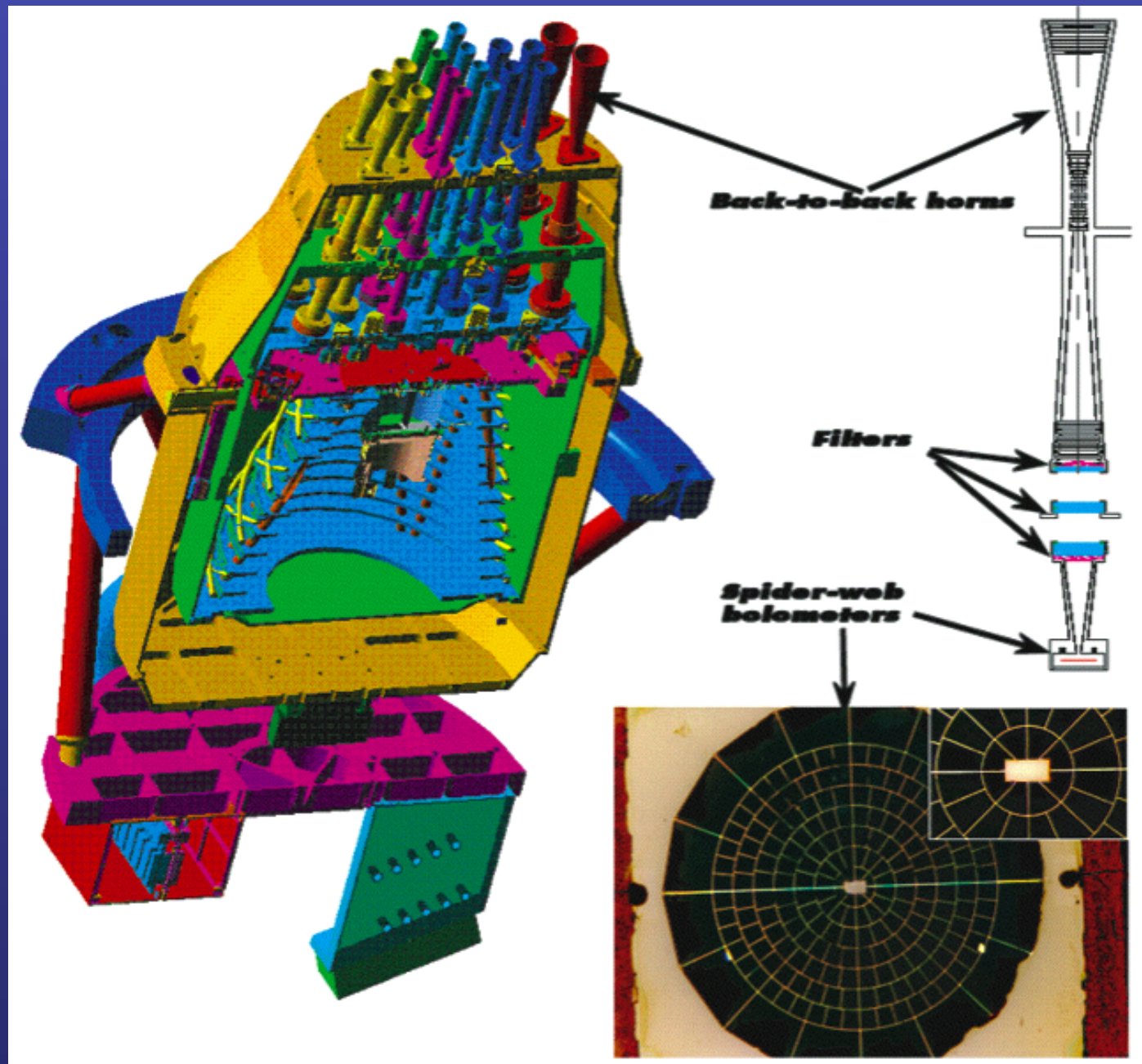
F.R. BOUCHET & R. GISPERT 1996

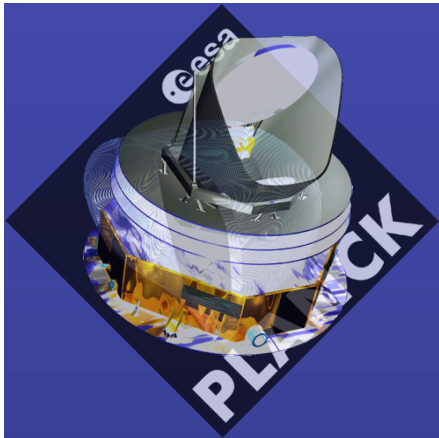
Pour séparer
les différents
effets,
Planck
comporte
10 bandes de
fréquence, de
30
à 1000 GHz

Domine la brillance
du ciel autour
de 150 GHz

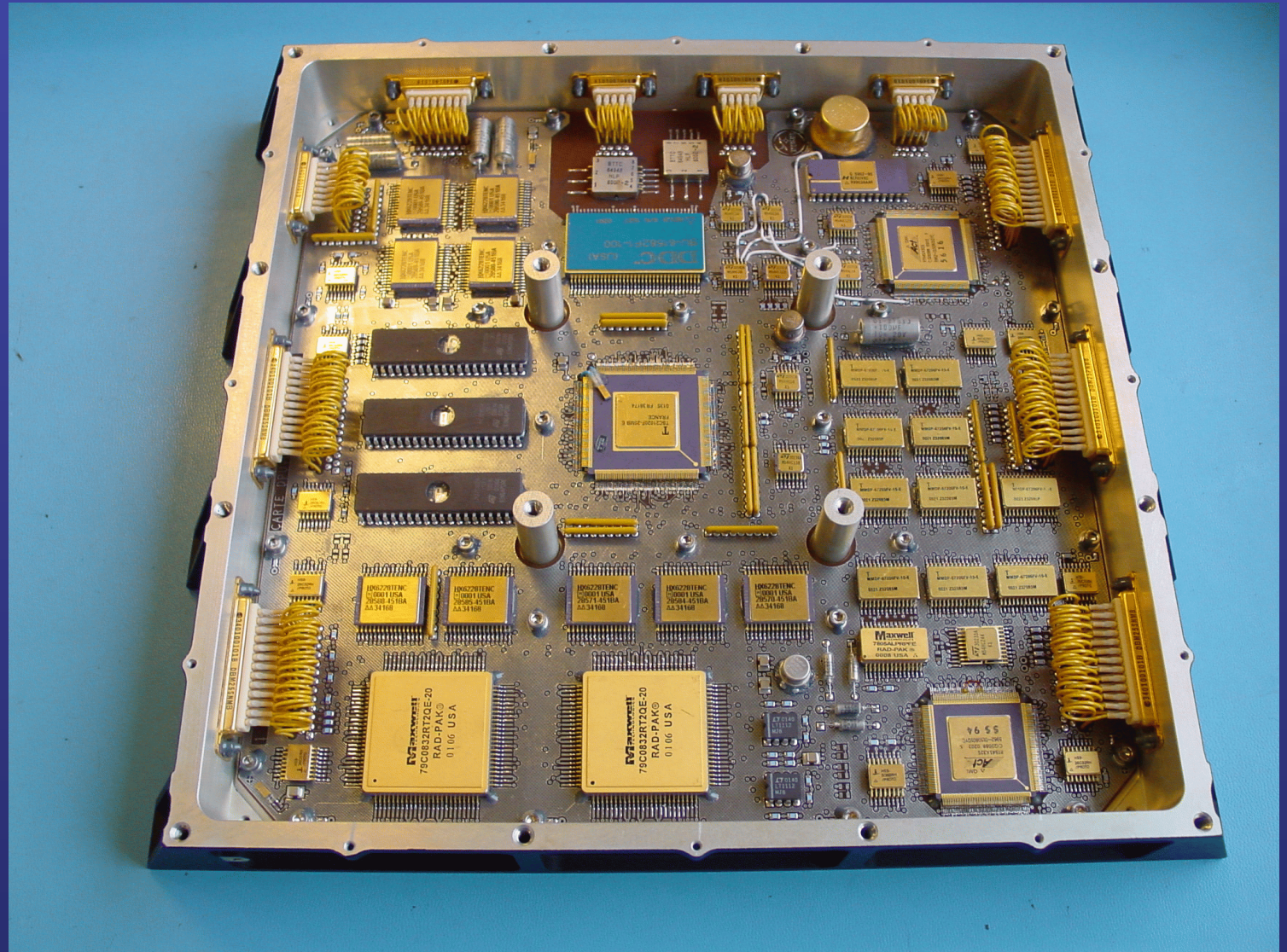


OPTIQUE ET
PLAN FOCAL DE
L'INSTRUMENT
HFI
DONT LES
DÉTECTEURS
SONT
REFROIDIS À
0,1 K

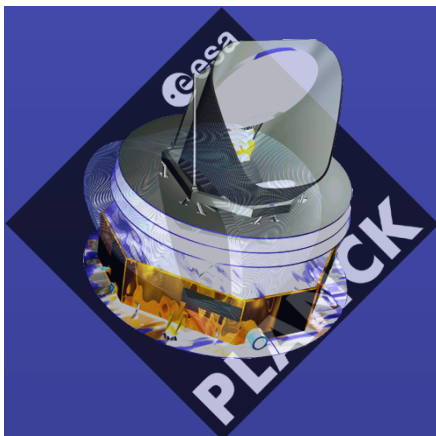




L'ordinateur de contrôle de l'Instrument Haute Fréquence (responsabilité du LAL)

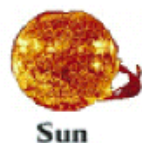


LE BALAYAGE DU CIEL

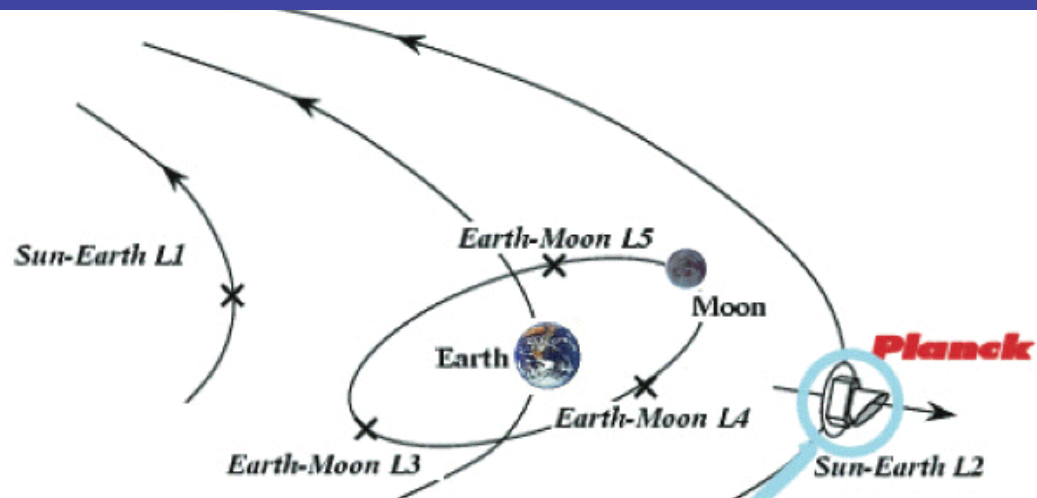


UNE
COUVERTURE
COMPLÈTE EN
7 MOIS

PLANCK
COUVRIRA
L'ENSEMBLE
DU CIEL PLUS
DE 4 FOIS
AVANT DE
S'ARRÊTER

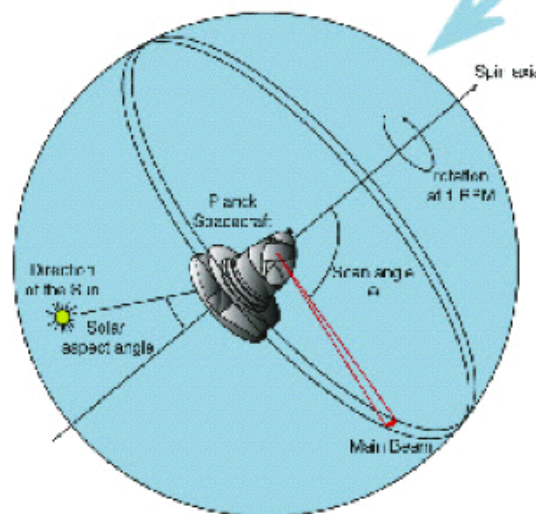


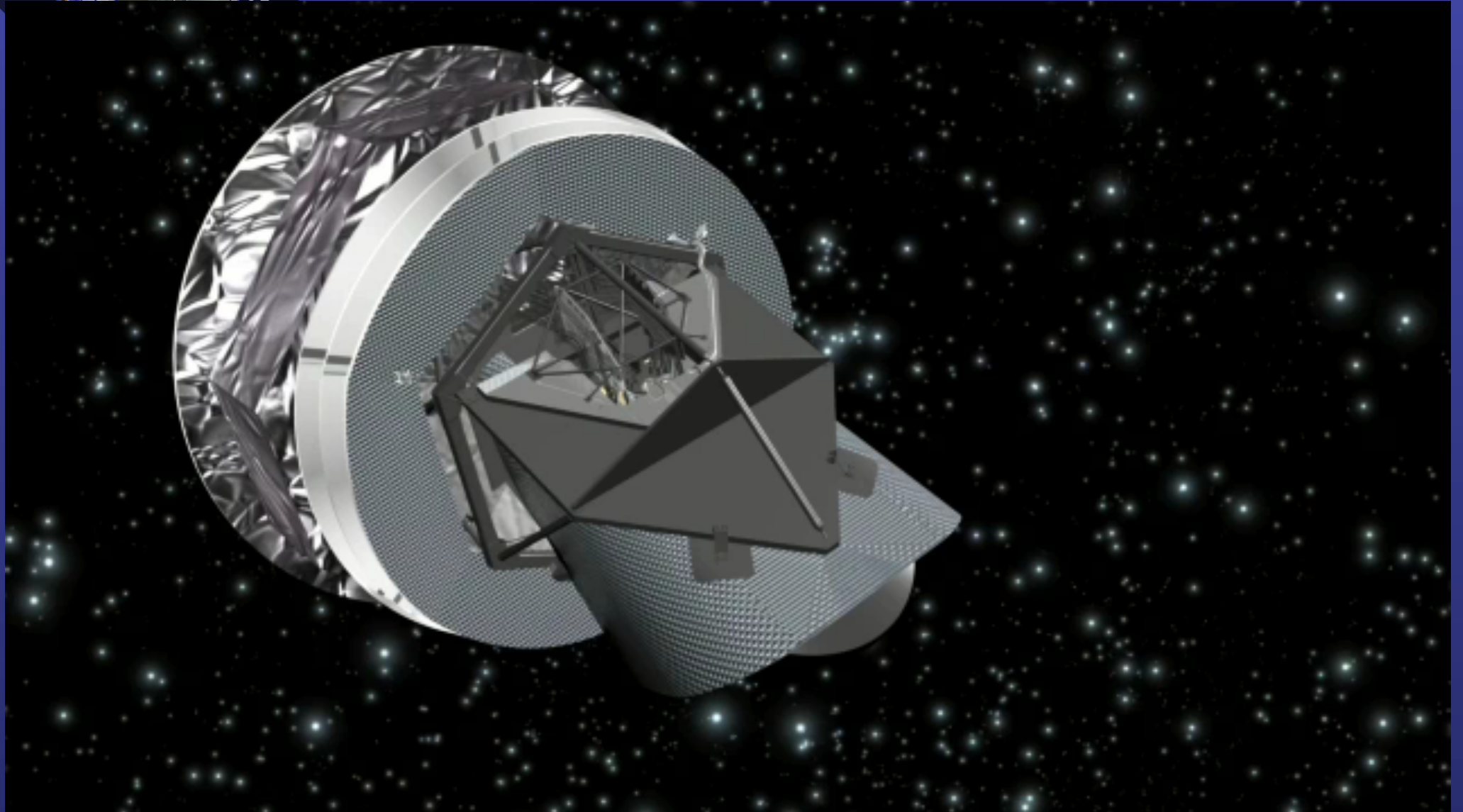
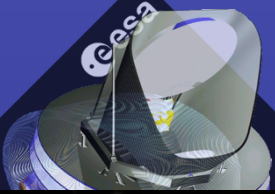
Sun



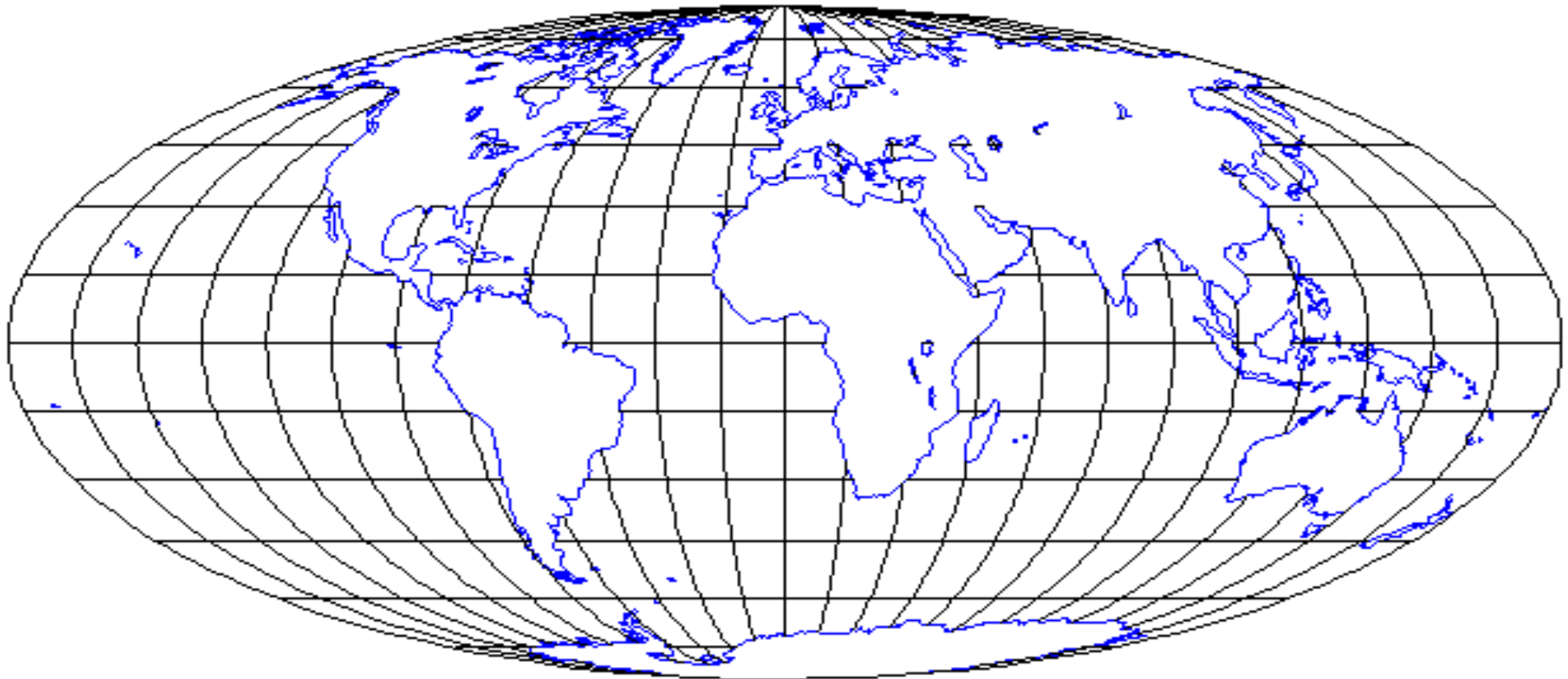
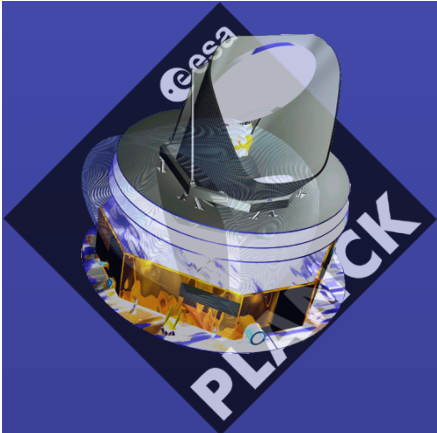
DÉMARRÉ LE
13 AOÛT 2009

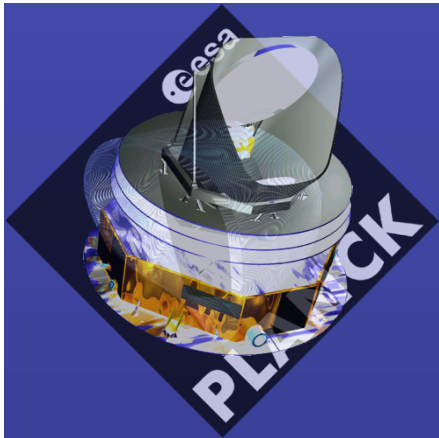
FIN PRÉVUE EN
FÉVRIER 2012



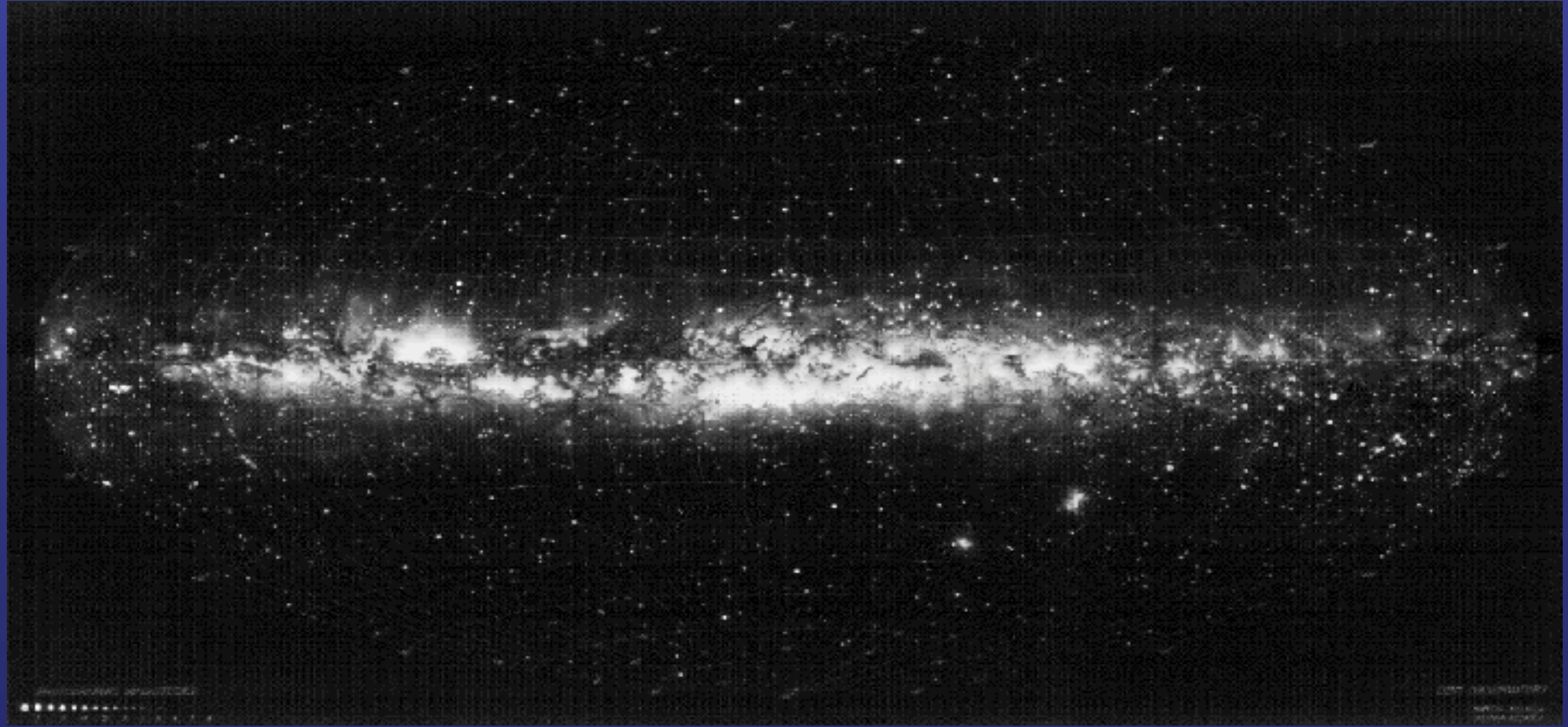


PROJECTION D'UNE SPHÈRE SUR UN PLAN

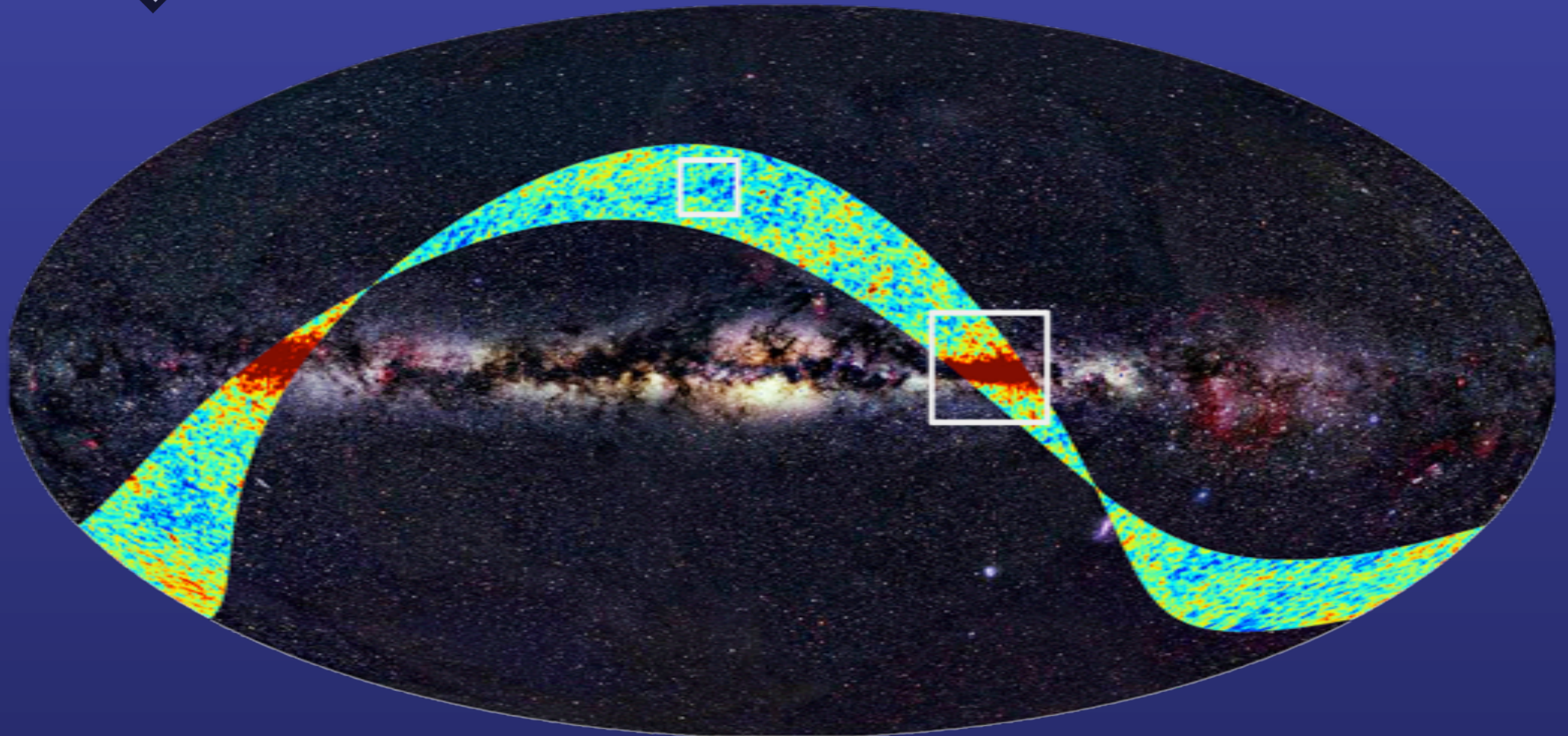
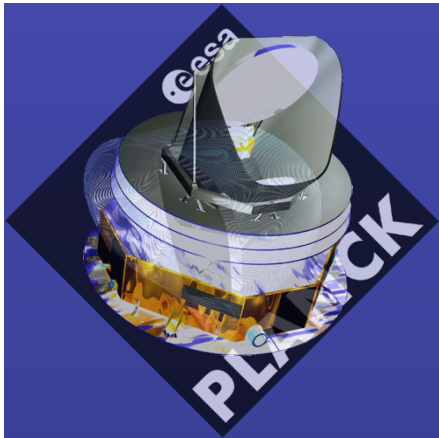


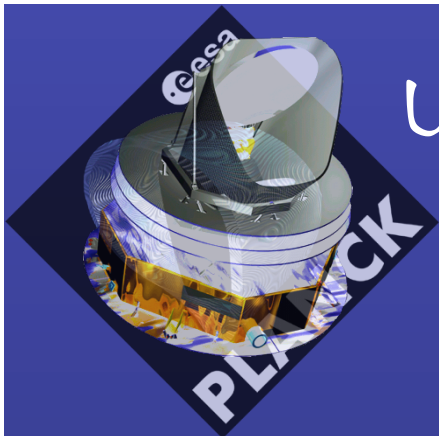


LE CIEL DANS LE VISIBLE

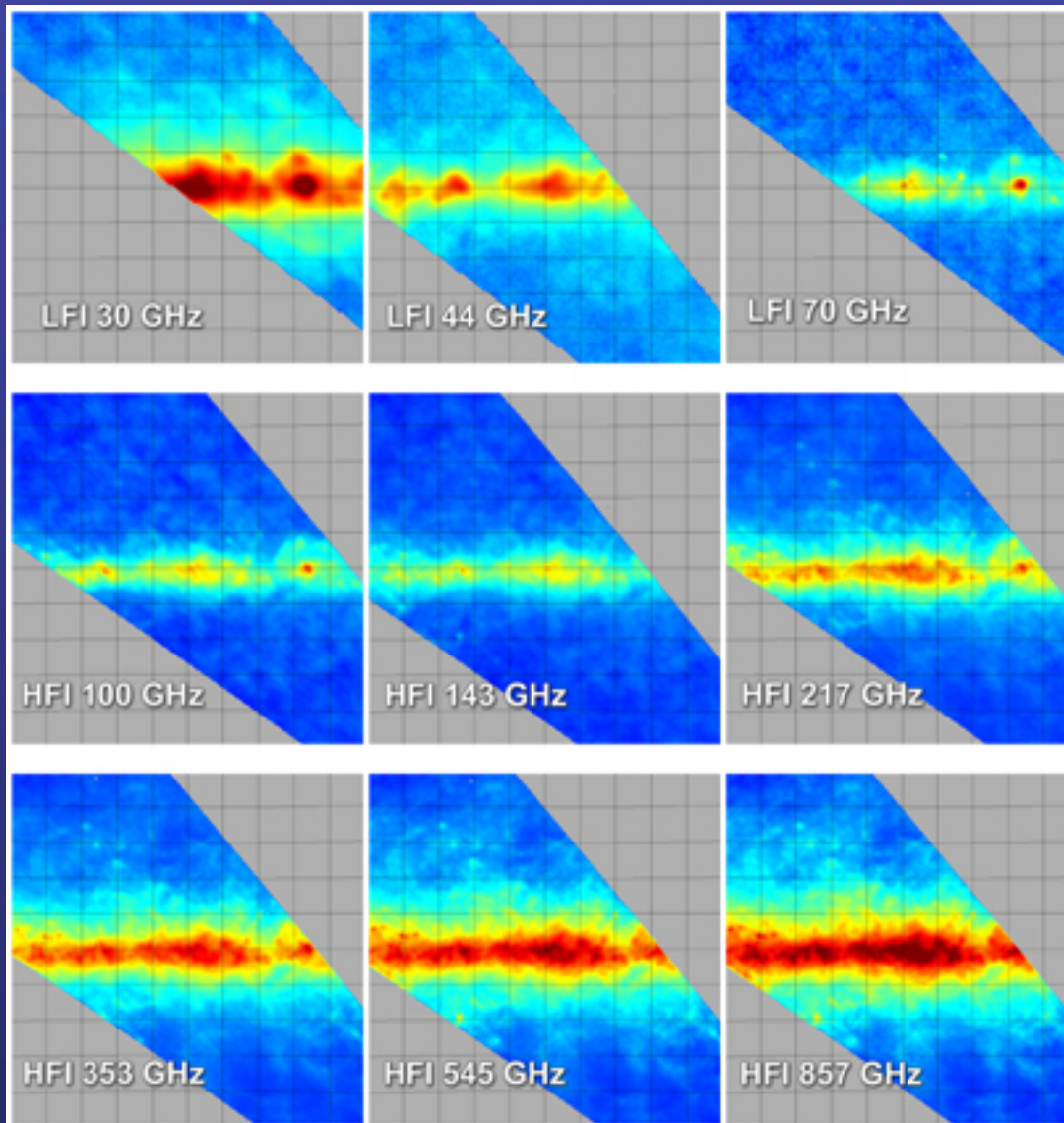


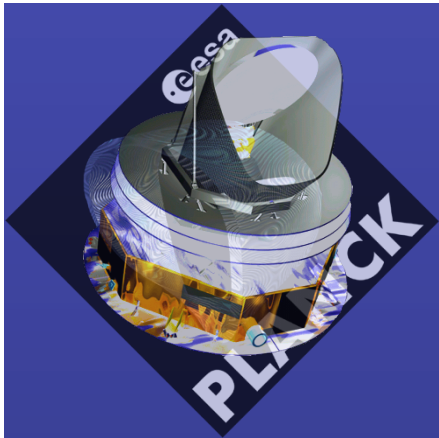
LA PORTION DE CIEL
COUVERTE PENDANT
LES 2 PREMIÈRES SEMAINES





UNE PORTION DE VOIE LACTÉE VUE À PLUSIEURS LONGUEURS D'ONDES

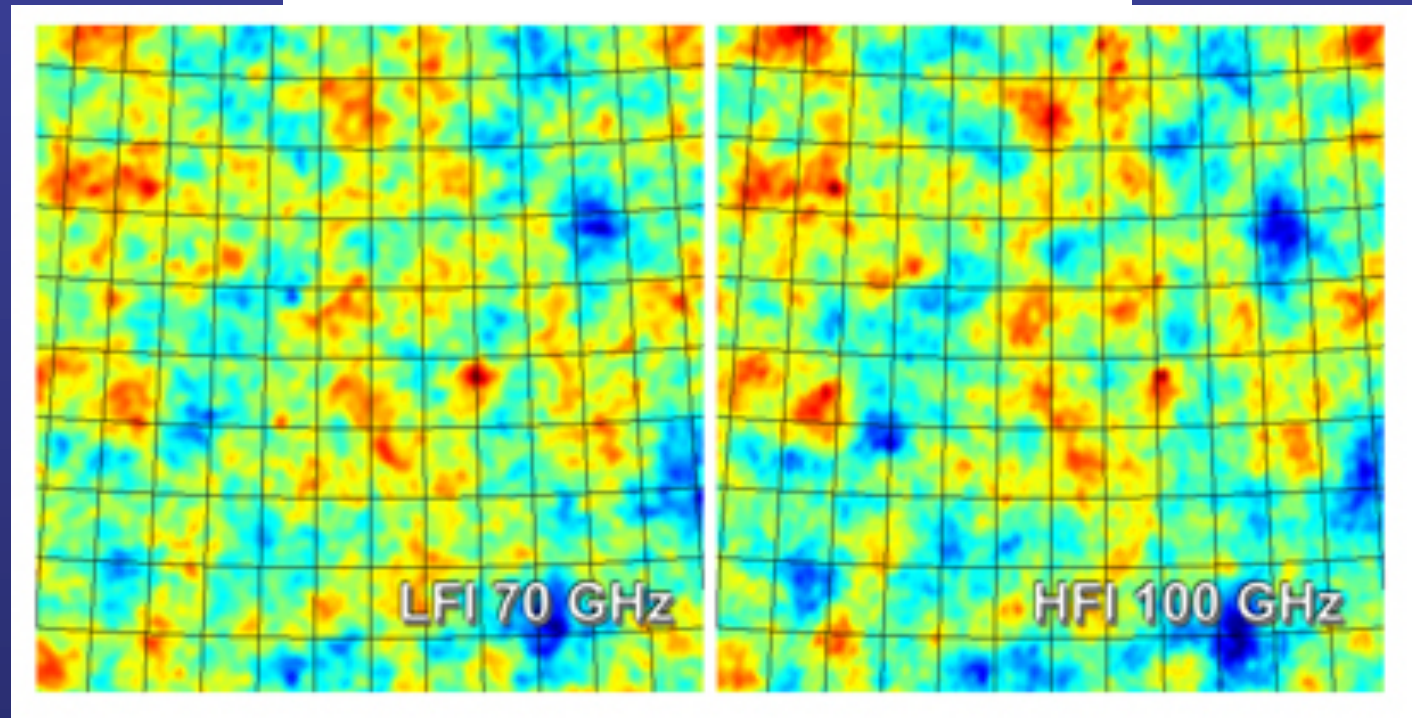


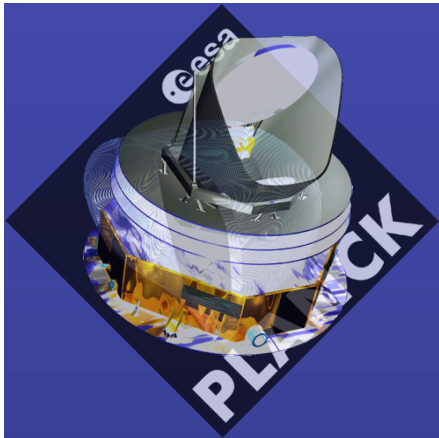


UNE ZONE HORS DE NOTRE GALAXIE

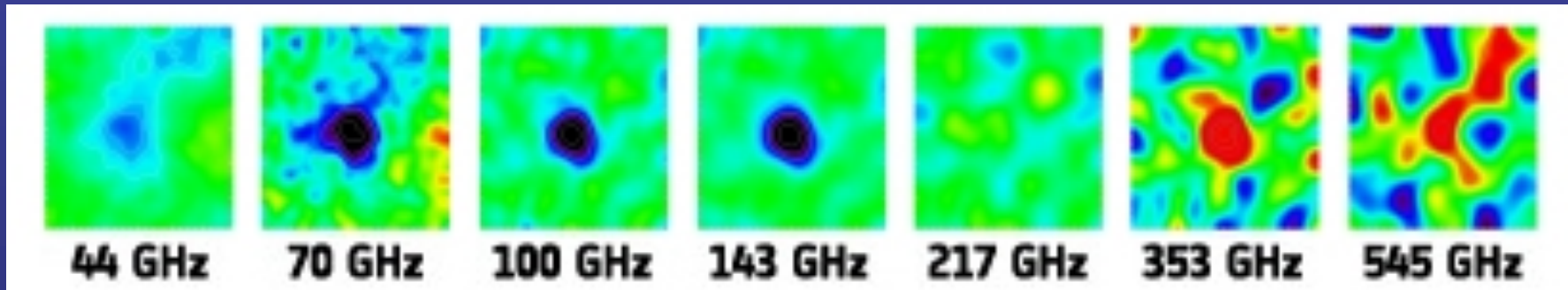
DU FROID AU CHAUD

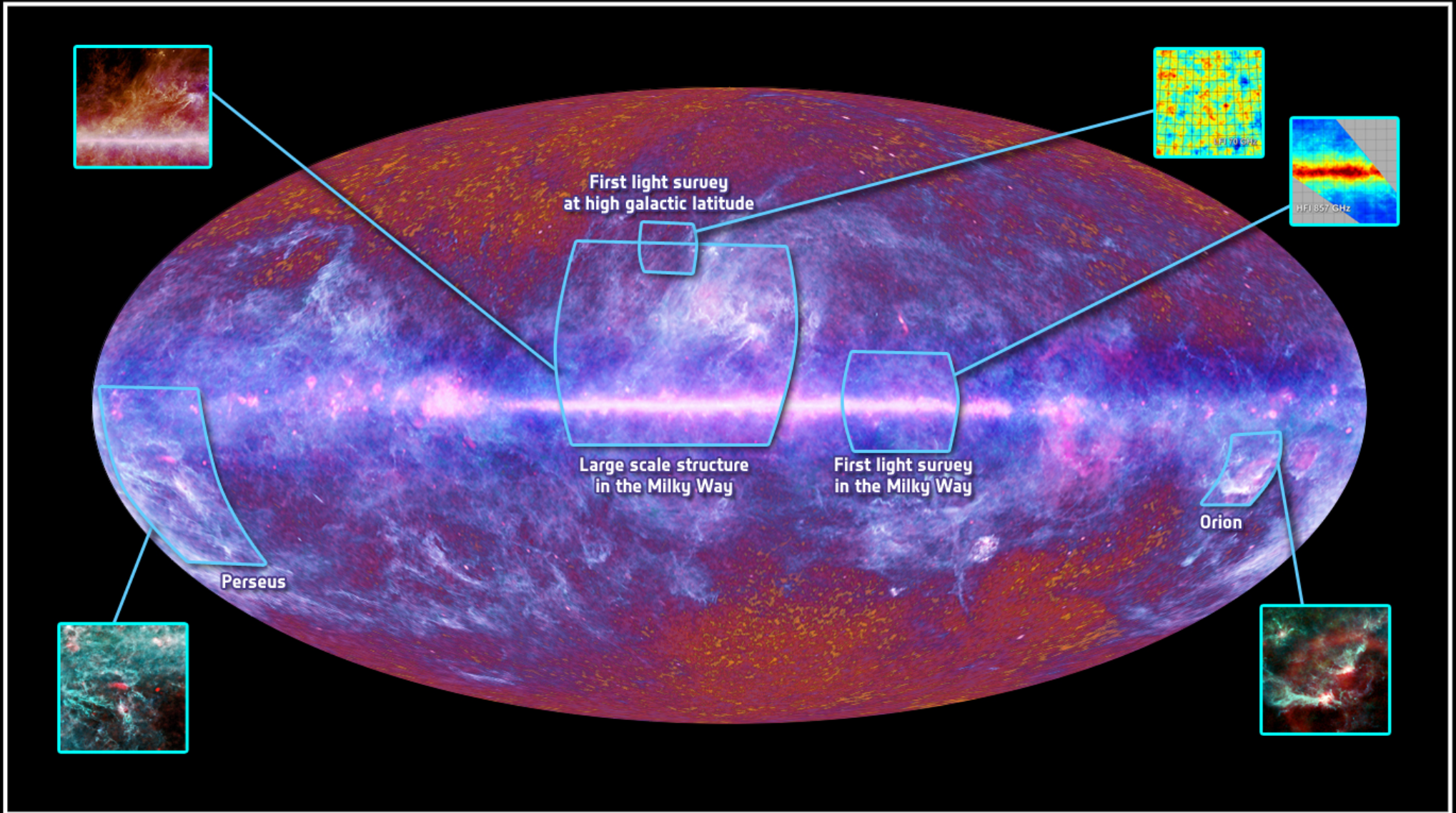
L'ANALYSE DE LA
FORME DES
« GRUMEAUX »
PERMET DE
REMONTER AUX
PROPRIÉTÉS DE LA
MATIÈRE
CONTENUE DANS
L'UNIVERS

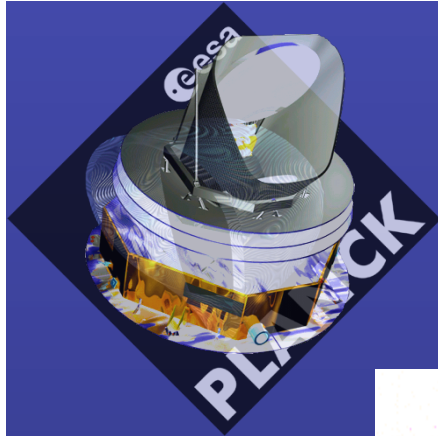




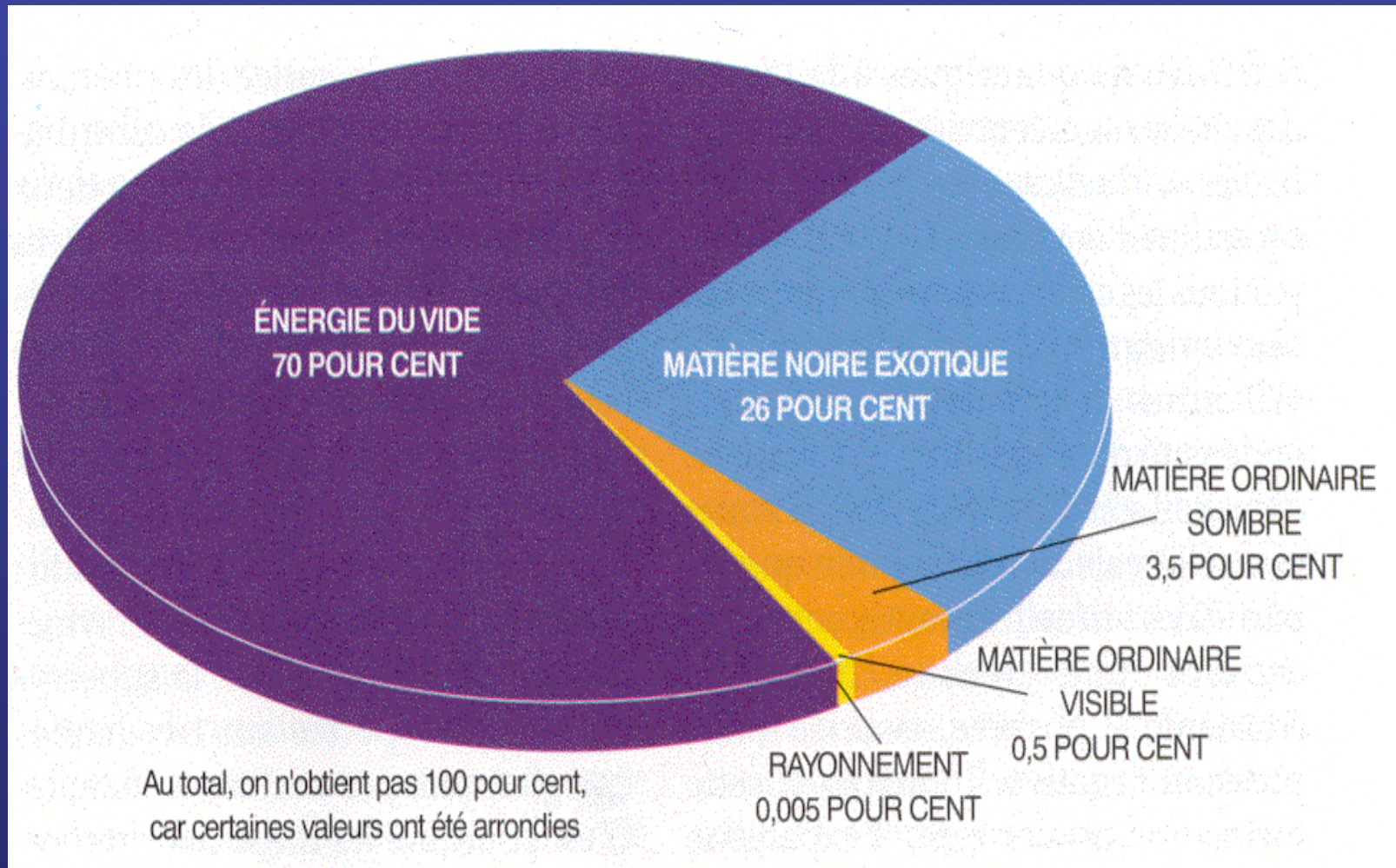
EXEMPLE DE DÉTECTION D'UN AMAS PAR EFFET SZ (SUNYAEV ZEL'DOVICH)

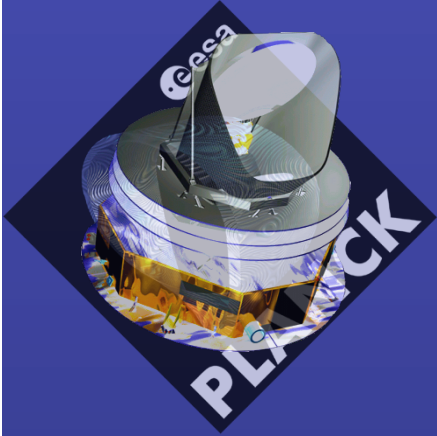






DE QUOI EST REMPLI L'UNIVERS ?





MERCI !

- À VOUS POUR VOTRE ATTENTION :-)
- AUX ÉQUIPES PLANCK,
- AUX DIVERS SITES INTERNET QUE J'AI PILLÉS...

Plus d'infos sur le satellite Planck à :

<http://smc.cnes.fr/PLANCK/Fr/>

http://www.esa.int/esaCP/SEM5CMFWNZF_index_0.html

et plus d'explications à : <http://www.planck.fr/article429.html>