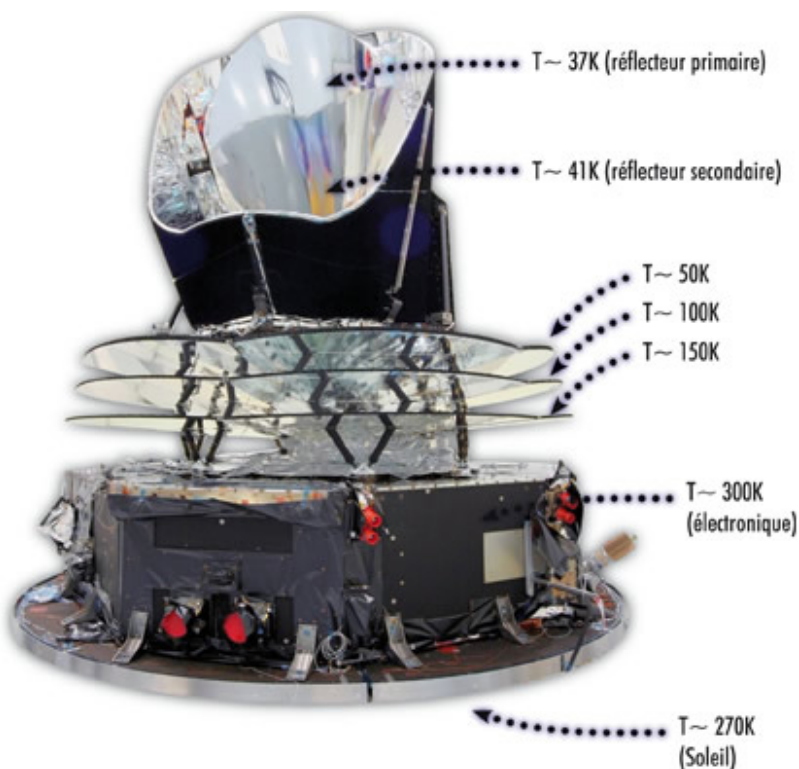
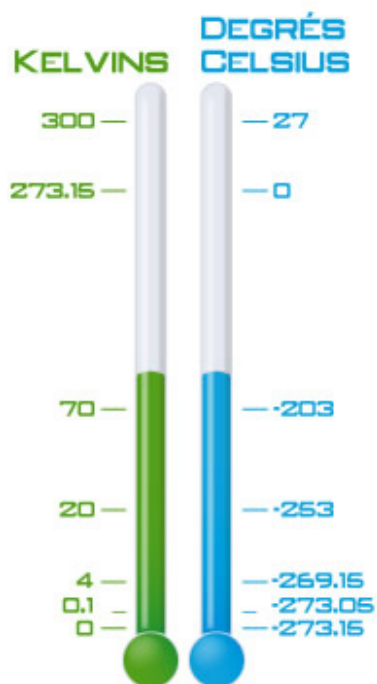


## Un regard vers L'origine de l'Univers



### L'architecture cryogénique

L'objectif de l'architecture cryogénique est d'amener les détecteurs à leur température de fonctionnement, soit 4K pour les radiomètres (-269° C) et 0.1K (-273.05° C) pour les bolomètres ; il est également nécessaire de limiter l'émission thermique de ce qu'ils « voient ».



### ★ Le refroidissement passif

#### COMMENT ÇA MARCHE ?

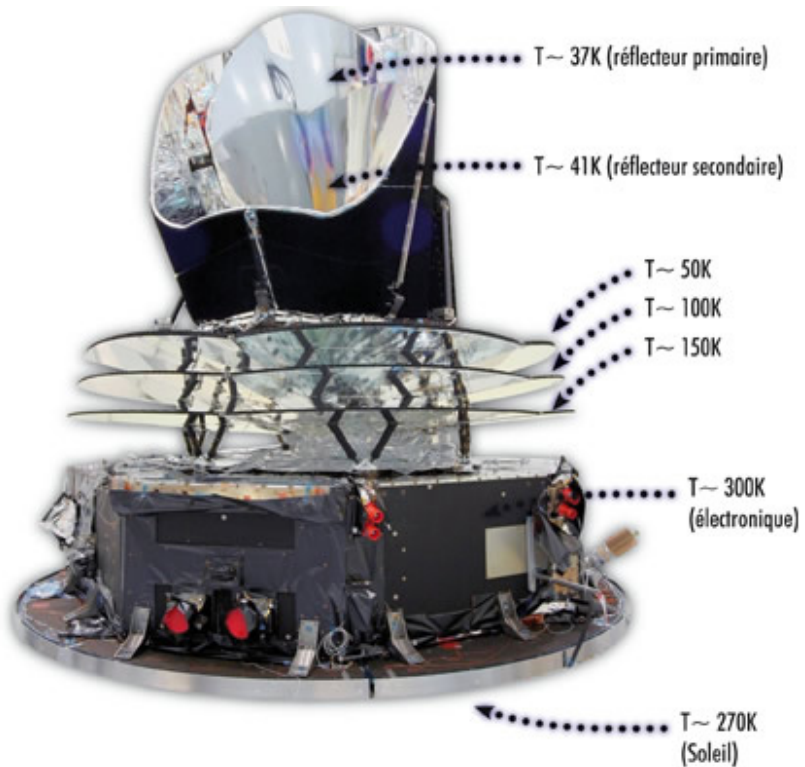
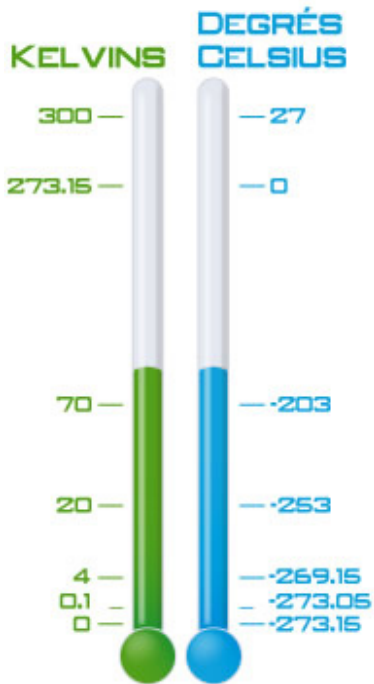
Le milieu interplanétaire est froid mais aussi extrêmement vide. Ainsi l'échange de chaleur avec le milieu extérieur par conduction ou convection est inopérant. Seule la perte d'énergie par **rayonnement** est possible.

Le matériau et la forme des ailettes ont été optimisés pour atteindre une impressionnante efficacité : **du côté des instruments de mesure, la température n'est que d'environ 70 K !**

Le satellite est chauffé « de l'intérieur » par l'électronique embarquée. Cette partie du satellite, située derrière les panneaux solaires est à environ 300 K. Cette chaleur (des centaines de watts) est éliminée par **rayonnement thermique** grâce aux parties noires se trouvant sur les côtés de la base du satellite. Un ensemble de 3 ailettes intercepte la chaleur qu'apportent les supports mécaniques de la partie instruments. Les écrans noirs autour du télescope rayonnent vers l'espace environ 2W, ce qui leur permet de descendre à moins de 50K (-220° C).

Le satellite est exposé au Soleil uniquement du côté des panneaux solaires. Les instruments et les miroirs, eux, sont protégés de tout rayonnement solaire direct. La température des miroirs résulte ainsi de l'équilibre entre un bain thermique froid (~3 K soit -270° C) et le chauffage par conduction des supports des miroirs.

La puissance de refroidissement correspond à la capacité d'évacuer de la chaleur. Ainsi cette puissance signifie que ce système est capable d'éliminer la chaleur produite par une ampoule de 2 W.



## \* Le refroidissement à 20K

### Le refroidissement à 20K

Une machine cryogénique refroidit à 20 K (-253° C). Elle fonctionne par détente d'hydrogène dans un cycle Joule-Thomson. Six compresseurs travaillent en succession afin d'assurer un refroidissement à peu près continu.

Cette machine détermine la température de fonctionnement des radiomètres de l'instrument LFI et constitue le premier maillon actif de la chaîne de refroidissement de l'instrument HFI.

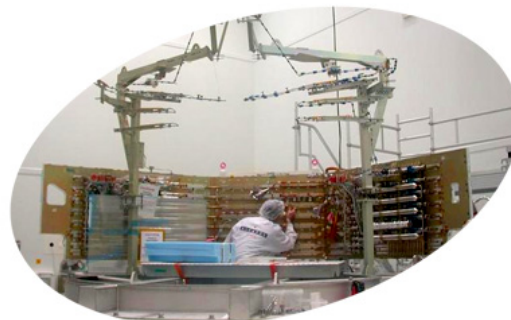
**La puissance de refroidissement est de 1 W environ.**

Cette machine consomme à elle seule la moitié de l'énergie disponible à bord pour chauffer les compresseurs. Le JPL aux USA est responsable de ce refroidisseur, l'électronique et le pilotage sont assurés par le LPSC en France.

#### COMMENT ÇA MARCHE ?

On chauffe une sorte d'éponge : on libère alors l'hydrogène gazeux qu'elle avait fixé. Quand la pression est suffisante, le gaz est détendu - donc se refroidit - et devient liquide à 18K. Ce liquide emporte la chaleur de la partie de l'instrument qui est en contact avec lui. Lorsqu'il a emmagasiné assez de chaleur pour s'évaporer, il se fixe à nouveau sur l'« éponge » qui joue le rôle de compresseur.

Le gaz est recyclé mais les performances



20K



du matériau de « l'éponge » qui adsorbe le gaz s'amointrissent avec le temps: 2 systèmes sont installés afin de pallier toute éventuelle panne ou usure prématurée.

## \* Le refroidissement à 4K

### Le refroidissement à 4K

Une machine cryogénique refroidit à 4 K (-269° C). C'est une pompe mécanique qui refroidit par détente Joule-Thomson d'hélium.

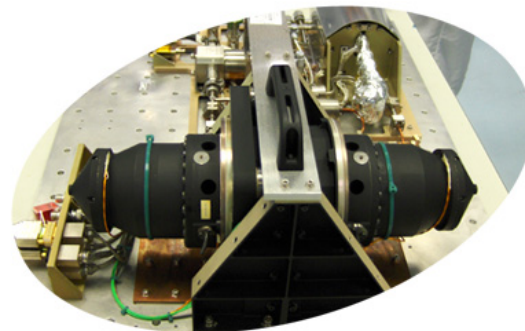
Cette machine détermine la température de référence des radiomètres de l'instrument LFI (qui observe la différence entre le **ciel** et cette référence constituée par l'enveloppe de HFI) et constitue le deuxième maillon actif de la chaîne de refroidissement de l'instrument HFI.

**La puissance de refroidissement est de 0.015 W environ.**

#### COMMENT ÇA MARCHE ?

Comme dans le réfrigérateur qui équipe notre cuisine, du gaz est compressé mécaniquement dans la partie chaude puis « détendu » à l'entrée de la partie froide, c'est-à-dire que l'on baisse brutalement sa pression. Si le principe physique est le même, les gaz diffèrent (ici de l'hélium).

Le RAL au Royaume Uni est responsable de ce refroidisseur.



4K

## \* Le refroidissement à 0.1K

### Le refroidissement à 0.1K

Une première partie de ce système cryogénique refroidit à 1.6 K (-271.4° C). Il fonctionne par détente Joule-Thomson du mélange hélium 3 / hélium 4 et prérefroidit les gaz purs de la dilution ainsi que les filtres de l'instrument HFI.

**La puissance de refroidissement est de 0.005 W environ.**

La seconde partie de ce système refroidit à 0.1 K (-273° C). Il fonctionne par dilution d'hélium 3 dans l'hélium 4 en circuit ouvert (le mélange est perdu dans l'espace).

**Cette machine détermine la température de fonctionnement des bolomètres de l'instrument HFI. La puissance de refroidissement est de 0.000002 W environ.**

- [Pour plus de détails sur le réfrigérateur à dilution, cliquez ici](#)

#### COMMENT ÇA MARCHE ?

« Faire du froid » consiste ici, comme dans notre réfrigérateur, à faire circuler un gaz (ou un liquide) plus froid que le milieu à refroidir. Ce gaz va « exporter » de la chaleur et ce milieu qui va ainsi voir

sa température diminuer.

Un peu comme de l'éther sur la main nous refroidit car son évaporation « consomme » de la chaleur de la main, la dilution de l'hélium 3 dans l'hélium 4 à l'interface des bulles consomme de la chaleur.



0.1K

Les puissances cryogéniques peuvent sembler faibles au premier abord. Mais l'objectif de ces réfrigérateurs est en fait plus ambitieux : un réfrigérateur qui équipe notre cuisine doit évacuer seulement 7% environ de l'énergie thermique de son contenu. Les étages à 20K et à 1,6 K doivent eux évacuer 60% de l'énergie thermique initiale, l'étage à 4K 80% de cette énergie et enfin la dilution à 0,1K ... 94% de l'énergie thermique initiale ! Le tout dans l'espace...